DET KONGELIGE DANSKE

VIDENSKABERNES SELSKABS SKRIFTER

SYVENDE RÆKKE

NATURVIDENSKABELIG OG MATHEMATISK AFDELING

ELLEVTE BIND

KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1915

INDHOLD

Side

Fortegnelse over Selskabets Medlemmer Oktober 1914 V

1. **Becker, F. C.,** og **Otto Olsen:** Stofskifte ved psykisk Arbejde. Experimentale Undersøgelser udførte paa Universitetets psykofysiske Laboratorium ..... 1—110

2. **Juel, C.:** Einleitung in die Theorie der ebenen Elementarkurven dritter und vierter Ordnung ..... 111—167

3. **Braae, Johannes:** Meridianbeobachtungen von 304 B- und M-Sternen ..... 169—188

4. **Strömgren, Elis,** mit wesentlicher Unterstützung des Mag. **Johannes Braae:** Ueber den Ursprung der Kometen ..... 189—251

5. **Rørdam, K.:** Studier over udvalgte Emner af den kemiske Geologi og den kemiske Agrogeologi. I. Den kemiske Geologis og den kemiske Agrogeologis Historie i Danmark. II. Paavisning af smaa Mængder af Metaller i danske Jord- og Stenarter ..... 253—315

6. **Walbum, L. E.:** Experimentelle Undersøgelser over Korsedderkoppens Gifte (*Epeira Diadema*, Walck) ..... 317—415

FORTEGNELSE

OVER

DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS MEDLEMMER

Februar 1915

Protektor:

Hans Majestæt Kongen.

Præsident:

VILH. THOMSEN.

Formand for den hist.-filos. Klasse: L. F. A. WIMMER.

Formand for den naturv.-math. Klasse: S. P. L. SØRENSEN.

Sekretær: H. G. ZEUTHEN.

Redaktør: DINES ANDERSEN.

Kasserer: W. L. JOHANNSEN.

Kassekommissionen.

P. E. HOLM. J. P. GRAM. H. HØFFDING. MARTIN KNUDSEN.

Revisorer.

J. L. W. V. JENSEN. TH. J. M. MADSEN.

Kommissionen for Registrering af litterære Kilder til dansk Historie i Udlandet.

JOH. STEENSTRUP. K. ERSLEV. H. O. LANGE.

Udvalg for den internationale Katalog over naturvidenskabelige Arbejder.

H. G. ZEUTHEN. C. CHRISTIANSEN. L. KOLDERUP ROSENVINGE. H. JUNGERSEN.
V. HENRIQUES. S. P. L. SØRENSEN. TH. THORODDSEN.

Medlemmer af det staaende Udvalg for den internationale Association af Akademier.

H. G. ZEUTHEN. J. L. HEIBERG.

Udvalg for Deltagelse i internationale vulkanologiske Undersøgelser.

K. PRYTZ. S. P. L. SØRENSEN. M. KNUDSEN. TH. THORODDSEN.

INDENLANDSKE MEDLEMMER

Holm, Peter Edvard, Dr. phil., fh. Professor i Historie ved Københavns Universitet, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af St. Olafsordenen.

Zeuthen, Hieronymus Georg, Dr. phil. & math., fh. Professor i Mathematik ved Københavns Universitet og den polytekniske Læreanstalt, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen, Selskabets Sekretær.

Christiansen, Christian, Dr. med., fh. Professor i Fysik ved Københavns Universitet og den polytekniske Læreanstalt, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand.

Krabbe, Harald, Dr. med., fh. Professor i Anatomi ved den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Ridder af St. Olafsordenen.

Thomsen, Vilhelm Ludvig Peter, Dr. phil., fh. Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Københavns Universitet, Ridder af Elefanten, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den preussiske Røde Ørns Orden, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld og med den preussiske Orden Pour le Mérite, Selskabets Præsident.

Wimmer, Ludvig Frands Adalbert, Dr. phil. & litt., fh. Professor i de nordiske Sprog ved Københavns Universitet, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld, Formand i Selskabets historisk-filosofiske Klasse.

Topsøe, Haldor Frederik Axel, Dr. phil., fh. Direktør for Arbejds- og Fabriktilsynet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

Warming, Johannes Eugenius Bülow, Dr. phil. & sc., fh. Professor i Botanik ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den storbritanniske Victoriaorden, Ridder af den brasilianske Roseorden.

Goos, August Herman Ferdinand Carl, Dr. jur., Gehejme-Konferensraad, extraord. Assessor i Højesteret, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Majestæternes Guldbryllups-Erindringstegn, Storkors af den belgiske Leopoldsorden, Kommandør af den russiske St. Annaorden, Nordstjernen og den italienske Kroneorden.

Steenstrup, Johannes Christopher Hagemann Reinhardt, Dr. jur. & phil., Professor Rostgardianus i nordisk Historie og Antikviteter ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen, Ridder af Æreslegionen.

Gertz, Martin Clarentius, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den italienske Kroneorden og af Nordstjernen.

Heiberg, Johan Ludvig, Dr. phil., litt., med. & sc., Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Høffding, Harald, Dr. phil., jur., sc. & litt., Professor i Filosofi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af St. Olafs Ordenen, af Nordstjernen og af Æreslegionen, Officier de l'instruction publique.

Kroman, Kristian Frederik Vilhelm, Dr. phil., Professor i Filosofi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Müller, Peter Erasmus, Dr. phil., Kammerherre, Hofjægermester, fh. Overförster for anden Inspektion, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, dekoreret med Majestæternes Guldbryllups-Erindringstegn, Kommandør af St. Olafsordenen, af den russiske St. Annaorden, af den spanske Carl III's Orden, af den græske Frelserorden og af den preussiske Røde Ørns Orden.

Gram, Jørgen Pedersen, Dr. phil., Formand i Forsikringsraadet, Ridder af Danebrog og af St. Olafsordenen.

Erslev, Kristian Sofus August, Dr. phil., Professor i Historie ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand.

Boas, Johan Erik Vesti, Dr. phil., Professor i Zoologi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Danebrog og St. Olafsordenen.

Petersen, Otto Georg, Dr. phil., Professor i Botanik ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Danebrog.

Prytz, Peter Kristian, Professor i Fysik ved den polytekniske Læreanstalt; Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Salomonsen, Carl Julius, Dr. med. & sc., Professor i Pathologi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den preussiske Kroneorden, af den russiske St. Stanislausorden, af den svenske Vasaorden og af Æreslegionen, Ridder af Nordstjernen og af St. Olafsordenen, Officier de l'instruction publique.

Sørensen, William, Dr. phil., Privatlærer.

Møller, Martin Thomas Hermann, Dr. phil., Professor i germansk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Jónsson, Finnur, Dr. phil., Professor i nordisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og af den norske St. Olafsorden.

Müller, Sophus Otto, Dr. phil., Direktør for Nationalmuseets første Afdeling, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den italienske St. Mauritius og Lazarusorden, Ridder af Æreslegionen.

Bergh, Rudolph Sophus, Dr. phil., fh. Docent i Histologi ved Københavns Universitet.

Johannsen, Wilhelm Ludvig, Dr. med., phil. & bot. et zool., Professor i Plantefysiologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, Kommandør af den franske Orden Mérite agricole, Selskabets Kasserer.

Jespersen, Jens Otto Harry, Dr. phil. & litt., Professor i engelsk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet.

Nyrop, Kristoffer, Dr. phil., Professor i romansk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand, Officer af Æreslegionen, Officier de l'instruction publique, Ridder af den italienske Kroneorden, dekoreret med rumænsk Fortjenstmedaille i Guld.

Bang, Bernhard Laurits Frederik, Dr. med., Veterinærfysikus, fh. Professor i Veterinær-Lægevidenskab ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole ved København, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen og af St. Olafsordenen, Komturkorset af 1. Kl. af den sachsiske Albrechtsorden.

Juel, Christian Sophus, Dr. phil., Professor i Mathematik ved den polytekniske Læreanstalt i København, Ridder af Danebrog.

Buhl, Frantz Peter William, Dr. phil. & theol., Professor i semitisk-orientalsk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den græske Frelserorden, Ridder af Nordstjernen og af Kongeriget Sachsens Civil Fortjeneste Orden, Officier de l'instruction publique.

Kålund, Peter Erasmus Kristian, Dr. phil., Bibliotekar ved den Arnamagnæanske Haandskriftsamling paa Universitetsbiblioteket i København, Ridder af Danebrog og af den norske St. Olafsorden.

Rosenvinge, Janus Laurits Andreas Kolderup, Dr. phil., Docent i Botanik ved Københavns Universitet.

Troels-Lund, Troels Frederik, Dr. phil., Professor, Ordens-Historiograf, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Ridder af den græske Frelserorden.

Dreyer, Johan Ludvig Emil, Dr. phil., Director of the Armagh Observatory, Irland, Ridder af Danebrog.

Jungersen, Hector Frederik Estrup, Dr. phil., sc. & jur., Professor i Zoologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Lehmann, Alfred Georg Ludvig, Dr. phil., Professor i experimental Psykologi ved Københavns Universitet.

Rubin, Marcus, Direktør i Nationalbanken, Historiker, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Storkomtur af den meklenborgske Grif-Orden, Kommandør af den russiske St. Stanilausorden.

Raunkiær, Christen, Professor i Botanik ved Københavns Universitet.

Drachmann, Anders Bjørn, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Hude, Karl, Dr. phil., Rektor ved Frederiksborg lærde Skole, Ridder af Danebrog.

Christensen, Anders Christian, Professor i Kemi ved den farmaceutiske Læreanstalt i København.

Henriques, Valdemar, Dr. med., Professor i Fysiologi ved Københavns Universitet.

Jensen, Carl Oluf, Dr. med., Professor i almindelig Pathologi og pathologisk Anatomi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole ved København, Ridder af Danebrog, af St. Olafsordenen, af Nordstjerneordenen og af den sachsiske Albrechtsorden.

Pedersen, Holger, Dr. phil., Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Københavns Universitet.

Lange, Hans Ostenfeldt, Overbibliotekar ved det kongelige Bibliotek i København, Ridder af Danebrog, Komtur af den meklenborgske Griforden, Ridder af St. Olafsordenen.

Sørensen, Søren Peter Lauritz, Dr. phil., Professor, Forstander for Carlsberg-Laboratoriets kemiske Afdeling, København, Formand i Selskabets naturvidenskabelig-mathematiske Klasse.

Olrik, Axel, Dr. phil., Professor ekstr. i nordiske Folkeminder ved Københavns Universitet, Forstander for Dansk Folkemindesamling.

Jensen, Johan Ludvig William Valdemar, Telefoningeniør, Ridder af Danebrog.

Andersen, Dines, Dr. phil., Professor i indisk-østerlandsk Filologi ved Københavns Universitet, Selskabets Redaktør.

Knudsen, Martin Hans Christian, Professor i Fysik ved Københavns Universitet og den polytekniske Læreanstalt.

Thoroddsen, Thorvaldur, Dr. phil., Professor, Geolog, Ridder af Danebrog.

Ólsen, Bjørn Magnússon, Dr. phil., Rektor og Professor i islandsk Filologi og Kulturhistorie ved Universitetet i Reykjavik, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.

Madsen, Thorvald Johannes Marius, Dr. med., Direktør for Statens Seruminstitut, Ridder af Danebrog, Officer af Æreslegionen, Ridder af den preussiske Røde Ørns Orden og af den svenske Nordstjerneorden.

Winge, Adolph Herluf, Viceinspektør ved Københavns Universitets zoologiske Museum.

Blinkenberg, Chr., Dr. phil., Docent i Arkæologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, Kommandør af den spanske Isabellaorden.

Kinch, K. F., Dr. phil., Arkæolog.

Vedel, Valdemar, Dr. phil., Professor i Litteraturhistorie ved Københavns Universitet.

Sandfeld-Jensen, Kr., Dr. phil., Professor i romanske Sprog ved Københavns Universitet.

Sarauw, Chr. Preben Emil, Dr. phil., Docent i tysk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet.

Bock, Johannes Carl, Dr. med., Professor i Farmakologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

Brønsted, Johannes Nicolaus, Dr. phil., Professor i Kemi ved Københavns Universitet.

Hjelmslev, Johannes T., Dr. phil., Professor i deskriptiv Geometri ved den polytekniske Læreanstalt i København.

Nielsen, Niels, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Københavns Universitet.

Petersen, Carl Georg Johan, Dr. phil., Direktør for Dansk biologisk Station, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af den russiske St. Stanislausorden, Ridder af den norske St. Olavs Orden og af den svenske Nordstjerneorden.

Poulsen, Valdemar, Ingeniør, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

UDENLANDSKE MEDLEMMER

Retzius, Magnus Gustav, Dr. med. & phil., fh. Professor i Histologi ved det Karolinske mediko-kirurgiske Institut i Stockholm.

Meyer, Marie-Paul-Hyacinthe, Medlem af det franske Institut, Direktør for École des Chartes, Professor i sydeuropæiske Sprog og Litteraturer ved Collège de France, Paris.

Sievers, Eduard, Dr. phil., Professor i germansk Filologi ved Universitetet i Leipzig.

Wundt, Wilhelm, Dr. phil., Professor i Filolofi ved Universitetet i Leipzig.

Leffler, Gösta Mittag-, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Højskolen i Stockholm, Kommandør af Danebrog og dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

Nathorst, Alfred Gabriel, Dr. phil., Professor, Intendant ved Riksmuseets botanisk-palæontologiske Afdeling i Stockholm.

Darboux, Gaston, livsvarig Sekretær ved Académie des Sciences, Professor i højere Geometri ved Faculté des Sciences i Paris.

Sars, Georg Ossian, Professor i Zoologi ved Universitetet i Kristiania.

d'Ancona, Alessandro, Professor i italiensk Litteratur ved Universitetet i Pisa.

Bréal, Michel-Jules-Alfred, Medlem af det franske Institut, Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Collège de France, Paris.

Brefeld, Oscar, Dr. phil., Professor i Botanik, Direktør for det botaniske Institut i Breslau.

Tegnér, Esaias Henrik Vilhelm, Dr. phil. & theol., fh. Professor i østerlandske Sprog ved Universitetet i Lund.

Brøgger, Valdemar Christofer, Professor i Mineralogi og Geologi ved Universitetet i Kristiania, Ridder af Danebrog.

Hammarsten, Olof, Dr. med. & phil., Professor i medicinsk og fysiologisk Kemi ved Universitetet i Upsala.

Klein, Felix, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Göttingen.

Schwartz, Carl Hermann Amandus, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Berlin.

Storm, Johan Frederik Breda, LL. D., Professor i romansk og engelsk Filologi ved Universitetet i Kristiania.

Comparetti, Domenico, fh. Professor i Græsk, Firenze.

Schwendener, Simon, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Berlin.

Söderwall, Knut Frederik, Dr. phil., fh. Professor i nordiske Sprog ved Universitetet i Lund.

Dörpfeld, Wilhelm, Professor, Dr. phil., første Sekretær ved det tyske arkæologiske Institut i Athen.

Pfeffer, Wilhelm, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Leipzig.

Bäcklund, Albert Victor, Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet i Lund.

Lord Rayleigh, John William Strutt, Dr. phil., D. C. L., Professor i Fysik ved Royal Institution, London.

Wilamowitz-Moellendorff, Ulrich von, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Berlin.

Schmoller, Gustav, Dr. phil., Historiker, Professor i Statsvidenskaberne ved Universitetet i Berlin.

Hertwig, Oscar, Dr. med., Professor i sammenlignende Anatomi og Direktør for det 2det anatomisk-biologiske Institut ved Universitetet i Berlin.

Dastre, Albert-Jules-Frank, Medlem af det franske Institut, Professor i Fysiologi ved la Faculté des Sciences, Paris.

Picard, Charles-Émile, Medlem af det franske Institut, Professor i højere Algebra ved la Faculté des Sciences, Paris.

Ehrlich, Paul, Dr. med., Direktør for det kgl. preussiske Institut for experimentel Therapi i Frankfurt a. M., Kommandør af Danebrog.

Helmert, Friedrich Robert, Dr. phil., Professor ved Universitetet i Berlin, Direktør for det geodætiske Institut og den internationale Gradmaalings Bureau i Potsdam, Kommandør af Danebrog.

Vries, Hugo de, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Amsterdam.

Pettersson, Otto, Dr. phil., Professor i Kemi ved Stockholms Højskole, Kommandør af Danebrog.

Brugmann, Friedrich Karl, Dr. phil., Professor i indo-germansk Filologi ved Universitetet i Leipzig.

Engler, Adolph, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Berlin.

Goebel, Karl, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i München.

Ramsay, Sir William, Professor i Kemi ved University College i London.

Hasselberg, Klas Bernhard, Professor, Fysiker ved Vetenskapsakademien i Stockholm.

Diels, Hermann, Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Berlin.

Mohn, H., Professor i Meteorologi ved Universitetet i Kristiania.

Pavlov, Ivan Petrovič, Professor i Fysiologi ved det kejserlige militærmedicinske Akademi i Petrograd.

Rhys Davids, T. W., Professor i Pali og buddhistisk Litteratur ved University College i London.

Arrhenius, Svante, Dr. phil., Professor i Fysik ved Højskolen i Stockholm, Kommandør af Danebrog.

Kock, Axel, Dr. phil., Professor i nordiske Sprog ved Universitetet i Lund.

Noreen, Adolf Gotthardt, Dr. phil., Professor i de nordiske Sprog ved Universitetet i Upsala.

Torp, Alf, Dr. phil., Professor i Sanskrit og sammenlignende Sprogvidenskab ved Universitetet i Kristiania.

Meyer, Eduard, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Berlin.

Wellhausen, Julius, Dr. phil., Professor i semitisk Filologi ved Universitetet i Göttingen.

Hildebrandsson, H. H., Professor i Meteorologi og Geografi ved Universitetet i Upsala, Kommandør af Danebrog.

Wille, N., Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Kristiania.

Vogt, J. H. L., Professor i Metallurgi ved Universitetet i Kristiania.

Boveri, Theodor, Dr. phil., Professor i Zoologi ved Universitetet i Würzburg.

Wiesner, Julius, Dr. phil., Professor i Botanik ved Universitetet i Wien.

Théel, Hjalmar, Dr. phil., Professor, Bestyrer af Rigsmuseets Evertebratafdeling i Stockholm.

Tullberg, Tycho F., Dr. phil., Professor i Zoologi ved Universitetet i Upsala.

Hilbert, David, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Göttingen.

Ostwald, Friedrich Wilhelm, Dr. phil., fh. Professor i Kemi ved Universitetet i Leipzig.

Amira, Karl Konrad Ferd. Maria v., Dr. phil., Professor i tysk Ret og Retshistorie ved Universitetet i München.

Viollet, Paul-Marie, Professor ved École des Chartes, Overbibliothekar ved École de Droit i Paris.

Widman, Oskar, Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i Upsala.

Dewar, Sir James, Professor i Kemi ved Universitetet i Cambridge.

Noether, Max, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Erlangen.

Penck, Albrecht, Dr. phil., Professor i Geografi ved Universitetet i Berlin.

Segre, Corrado, Dr. phil., Professor i højere Geometri ved Universitetet i Turin.

Omont, Henri-Auguste, Medlem af det franske Institut, Konservator ved Manuskript-Departementet i Bibliothèque Nationale i Paris.

Eriksson, Jakob, Dr. phil., Professor, Forstander for den plantefysiologiske og landbrugsbotaniske Afdeling af Landbruks-Akademiens Experimentalfält ved Stockholm.

Hiortdahl, Thorstein Hallager, Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i Kristiania.

Tigerstedt, Robert, Dr., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Helsingfors.

Fischer, Emil, Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i Berlin.

Langley, J. N., Dr., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Cambridge (England).

Schück, J. Henrik E., Dr. phil., Professor i Æsthetik samt Litteratur- og Kunsthistorie ved Universitetet i Upsala.

Taranger, Absalon, Dr. jur., Professor i Retsvidenskab ved Universitetet i Kristiania.

Lavisse, Ernest, Medlem af Académie Française, Professor i moderne Historie, Direktør for École normale supérieure, Paris.

Vinogradoff, Paul, Corpus Professor i Retsvidenskab ved Universitetet i Oxford.

Dreyer, Georges, Dr. med., Professor i Pathologi ved Universitetet i Oxford.

Kossel, Albrecht, Dr. med., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Heidelberg.

Montelius, Oscar, Dr. phil., Professor, Riksantiquarie, Stockholm, Kommandør af Danebrog.

Cederschiöld, Gustaf, Dr. phil., Professor i nordiske Sprog ved Göteborgs Højskole.

Erman, Adolf, Dr. phil., Professor i Ægyptologie ved Universitetet og Direktør for det Ægyptiske Museum i Berlin.

Geikie, Sir Archibald, Geolog og Mineralog, Præsident for Royal Society i London.

Voigt, Woldemar, Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet og Bestyrer af det fysiske Institut i Göttingen.

Goldziher, Ignacz, Dr. phil., Professor i semitisk Filologi ved Universitetet i Budapest.

Bertrand, Gabriel, Professor i biologisk Kemi ved Sorbonne og Direktør for det biologiske Laboratorium ved Institut Pasteur i Paris.

Haller, Albin, Medlem af det franske Institut, Professor i organisk Kemi ved Sorbonne i Paris.

Nernst, Walter, Dr. phil., Professor i fysisk Kemi og Direktør for det fysisk-kemiske Institut ved Universitetet i Berlin.

Griffith, Francis Llewellyn, Reader i Ægyptologi ved Universitetet i Oxford.

Hunt, Arthur Surridge, Dr., Lecturer i Papyrologi ved Universitetet i Oxford.

Scott, Dunkinfield Henry, fh. Honorary Keeper of the Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Præsident for Linnean Society of London og for Microscopical Society of London, East Oakley House.

Warburg, Emil, Dr. phil., Professor, Præsident for den fysisk-tekniske Rigsanstalt, Charlottenburg, Berlin.

Nielsen, Yngvar, Dr. phil., Professor i Geografi og Ethnografi ved Universitetet i Kristiania, Historiker; Kommandør af Danebrog.

Bédier, Joseph, Professor i fransk Sprog og Litteratur ved Collège de France, Paris.

Bergson, Henri, Medlem af det franske Institut, Professor i Filosofi ved Collège de France, Paris.

Boutroux, Émile, Medlem af Académie française, Filosof, Direktør for Fondation Thiers, Paris.

Cumont, Franz, Dr. phil., Religionshistoriker.

Schäfer, Dietrich, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Berlin.

Ward, James, Professor i Filosofi ved Universitetet i Cambridge, England.

Hadamard, Jacques, Medlem af det franske Institut, Professor i Mekanik ved Collège de France, og i mathematisk Analyse ved École polytechnique.

Macdonell, A. A., Professor i Sanskrit ved Universitetet i Oxford.

Schuchardt, H., Dr. phil., fh. Professor i romanske Sprog ved Universitetet i Graz.

Schwartz, E., Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Strassburg.

Setälä, N. E., Dr. phil., Professor i finsk Sprog og Litteratur ved Universitetet i Helsingfors.

Lorentz, H. A., Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet i Leiden og Kurator for det fysiske Laboratorium ved Teylers Stiftelse i Harlem.

Metchnikoff, Elias, Dr. phil., Underdirektør ved Institut Pasteur i Paris.

Sherrington, Charles S., Professor i Fysiologi ved Universitetet i Oxford.

STOFSKIFTE
VED PSYKISK ARBEJDE

EXPERIMENTALE UNDERSØGELSER

UDFØRTE PAA

UNIVERSITETETS PSYKOFYSISKE LABORATORIUM

AF

F. C. BECKER OG OTTO OLSEN
INGENIØR, CAND. POLYT. LÆGE

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, 7. RÆKKE, NATURV. OG MATHEMATISK AFD. XI. 1

KØBENHAVN
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1913

FORORD.

Nærværende Arbejde er paabegyndt under Paavirkning af afdøde Docent Ludvig Feilberg's og Prof. Alfr. Lehmann's psykologiske Arbejder.

Det er udført paa Universitetets psyko-fysiske Laboratorium.

At det blev os muligt at gennemføre vore Undersøgelser i den Form, hvori de her foreligge, skyldes i første Række Hr. Prof. Dr. phil. Alfred Lehmann, der tidligt skaffede os Husly for vort Arbejde og senere paa et hvert Trin af dettes Udvikling ydede os ubegrænset Hjælp ved Forsøgenes Planlæggelse og Udførelse. I denne Sammenhæng skal vi særlig henlede Opmærksomheden paa de Forsøg, der ere refererede pag. 53—63, som Hr. Prof. Lehmann udførte, efter at vi havde afsluttet vort Arbejde, og derefter godhedsfuldt stillede til vor Disposition tilligemed den her meddelte Fremstilling.

For alt dette udtale vi her vor ærbødige og hjærtelige Tak.

Vi takke ligeledes Hr. Prof. Dr. med. C. J. Salomonsen, der gav os Tilladelse til i længere Tid at foretage en Række Luftanalyser paa Universitetets bakteriologiske Laboratorium, samt Hr. stud. mag. S. Næsgaard, der har ydet fortrinlig Assistance under Forsøgene.

Fremdeles skylder vi Hr. Dr. med. L. S. Fridericia, Hr. Dr. phil., Docent A. Krogh og Hr. Prof. H. Møllgaard Tak for værdifulde praktiske Vink.

INDLEDNING.

Det foreliggende Arbejde er et Forsøg paa at bringe Studiet af de psykologiske Grundforhold ind paa energetisk Omraade.

Den Opgave, der herved stilles, ses at staa i nøje Tilslutning til den Udvikling, de enkelte naturvidenskabelige Discipliner have undergaaet i det forløbne Aarhundrede; oprindelig spredte og uden væsentlige Berøringspunkter staa disse nu i den moderne Forskning samlede med Energetiken som fælles Grundlag.

Indtil den seneste Tid har den experimentale Psykologi staaet udenfor denne Fællesudvikling; først med ALFRED LEHMANN's psykodynamiske Teori anlagdes en gennemført energetisk Betragtning til samlet Forklaring af de psykologiske Enkeltiagttagelser.

Vi søge nu i Kontinuitet af LEHMANN's Undersøgelser, men ad andre Veje, at fastslaa Omridsene af den psykologiske Energetik, og haabe herigennem at vinde et frugtbart Arbejdsgrundlag til Videreudvikling af den experimentale Psykologi.

En samlet energetisk Undersøgelse af de psykologiske Grundforhold deler sig naturligt i 3 Enkeltundersøgelser:

1. En Undersøgelse af, hvorvidt psykisk Virksomhed er ledsaget af samtidige Energiprocesser, samt i bekræftende Fald
2. Paavisning af en vis Relation mellem Størrelsen af den psykiske Virksomhed og Størrelsen af de dermed følgende Energiprocesser; og endvidere
3. Undersøgelse af den specielle Art af Energi, der fremkommer ved de her omhandlede Processer.

Medens sidstnævnte Undersøgelse ganske falder udenfor dette Arbejdes Rammer, vil de to førstnævnte findes gennemførte paa efterfølgende Sider.

Tidligere Undersøgelser.

Forinden vi gaar over til nærmere Beskrivelse af egne Forsøg, skulle vi kort referere de vigtigste af Andre udførte Arbejder vedrørende samme Opgave.

En Afhandling af LAVOISIER fra 1789 (Oeuvres de LAVOISIER, II pag. 697. Paris MDCCCLXII) indeholder følgende Passus:

„On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose."

LAVOISIER har her i Forstaaelsen af sine Opdagelsers vidtrækkende Betydning søgt at paapege disses mulige Gyldighed ogsaa paa Omraader, der saaledes som Hjerneprocesserne dengang endnu ikke vare inddragne under experimental Undersøgelse, og han rejste derved i al sin Simpelhed det Spørgsmaal, som 100 Aar efter endnu ikke havde fundet sin Besvarelse. Senere har, saavidt vides, fransk Videnskab ikke beskæftiget sig med denne Opgave, men Traditionen fra LAVOISIER's Tid har holdt sig levende, saaledes at man endnu hos RICHET (Dictionnaire de physiologie, III pag. 40. Paris 1898) finder følgende:

„J'ai donc pu, en m'appuyant de l'autorité de LAVOISIER, soutenir contre A. GAUTIER que le travail psychique est sans doute une des formes de l'énergie, ainsi que le travail mécanique; car toutes les expériences semblent bien prouver qu'à une certaine quantité de travail psychique répond une certaine quantité d'énergie chimique dégagée, comme le demontrent les accroissements des combustions chimiques et le dégagement de chaleur."

Det første betydeligere experimentale Arbejde, man finder, er udført af SPECK og offentliggjort i hans Bog: „Physiologie des menschlichen Athmens" Leipzig 1892.

Som Titlen antyder, er SPECK's Arbejde af ren fysiologisk Natur, og de deri forekommende psykologiske Undersøgelser ere nærmest at opfatte som en supplerende Forsøgsrække.

Forsøgene udførtes ved at opsamle Exspirationsluften fra Forsøgspersonen i Spirometre og ved Analyse at bestemme Luftens Sammensætning. Hvert Forsøg deltes i to Perioder, en Hvileperiode, i hvilken Forsøgspersonen sad fuldstændig rolig, og

en Periode, i hvilken det psykiske Arbejde blev udført. For hver Periode bestemtes Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen pr. Tidsenhed, og Differensen mellem Bestemmelserne for hver to Perioder indenfor samme Forsøg skulde da give Stigningen i Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen som Følge af det psykiske Arbejde.

Ved denne Fremgangsmaade begik Speck den ikke uvæsentlige Fejl for hvert Forsøg kun at medtage en enkelt Hvileperiode, enten før eller efter Arbejdsperioden, samt endvidere at lade de to Perioder være adskilte ved et Tidsrum, i hvilket Forsøget var afbrudt. Ved Forsøg som disse, hvor de maalte Differenser ere relativt smaa, maa man nødvendigvis foretage to Hvilebestemmelser, en før og en efter det psykiske Arbejde, samt lade alle 3 Perioder forløbe uden Afbrydelse; om den nærmere Begrundelse heraf se senere. Med denne sin omtalte Forsøgsanordning gennemførte Speck to Forsøgsrækker. I første Række, hvor Speck selv var Forsøgsperson, benyttedes som psykisk Arbejde Læsning af videnskabelig Lekture, Nedskrivning af et Resumé af et Forsøg, Løsning af lette Ligninger samt en enkelt let geometrisk Opgave.

Forsøgsrækken udviste som Resultat en tydelig udtalt Stigning af Iltoptagelsen og af Kulsyreudskillelsen under Arbejdsperioden, eller med Speck's egne Ord:

> „Die in Tabelle 47 mitgetheilten Zahlen dieser Versuche ergeben im Einzelnen wie in ihrem Mittel das ganz bestimmte Resultat, dass CO_2-Ausscheidung und O_2-Aufnahme bei geistiger Thätigkeit deutlich vermehrt sind."

Dette Resultat afkræfter Speck umiddelbart efter, idet han meget rigtigt gør opmærksom paa, at Stigningen helt eller delvis kan skyldes Skrivebevægelser under Regneforsøgene, ubekvemme Stillinger som Følge af Vanskeligheden ved at læse i en Bog, naar man har Respirationsrøret i Munden, etc. For at afgøre, hvor meget disse Forhold have at betyde, udførte Speck under to af Hvileperioderne Skrivebevægelser, som efter hans Skøn havde samme Omfang som under de tilsvarende Arbejdsperioder, og fandt da ud fra disse to Forsøg, at psykisk Arbejde ikke medførte nogen nævneværdig Stigning af Stofskiftet. En saadan experimental Bevisførelse kan imidlertid ikke anses for fyldestgørende; et subjektivt Skøn om, hvorvidt man i to Perioder har udført samme mekaniske Arbejde, er for løst et Grundlag til, at man derudfra kan afgøre hele dette Spørgsmaal. I den anden Forsøgsrække, der udførtes med en ny Forsøgsperson, foretoges 5 Forsøg med psykisk Arbejde, og af disse udførtes de 3 første med staaende Forsøgsperson, de 2 sidste med Forsøgspersonen siddende. Til psykisk Arbejde valgtes Læsning i Homer, Xenophon og Cæsar.

Resultatet af de første 4 Forsøg var det samme som i første Forsøgsrække, en Stigning i Stofskiftet under Arbejdsperioden, og Speck's Forklaring herpaa er ligeledes den samme, nemlig ubekvemme Stillinger, uundgaaelige Muskelbevægelser etc.; derimod gives ingen Forklaring paa det sidste Forsøg 243—244, hvor Stofskiftet nedsættes, saaledes at Kulsyreudskillelsen forringes med ca. 20 % tiltrods for de uundgaaelige Muskelbevægelser. Forklaringen herpaa tør sikkert søges i den, for samtlige Forsøg, uheldige Forsøgsordning.

Til Slut anfører SPECK fire Forsøg til Belysning af ubekvemme Legemsstillingers Indflydelse paa Stofskiftets Størrelse, hvoraf fremgaar, at Stillinger, som vare mere ubekvemme end de, der indtoges under Læse- og Skriveforsøgene, gav en større Stigning i Stofskiftet, end man opnaaede under ovennævnte Læsning og Skrivning; men dette har selvfølgelig ingen Betydning for Bedømmelsen af, hvorvidt Stofskiftestigningen under det stedfundne psykiske Arbejde ene skyldtes Muskelspændinger etc.

SPECK's heromtalte Forsøg maa saaledes paa Grund af den misvisende Forsøgsordning som Helhed siges at være forfejlede; selv vurderer Speck sine Forsøg i følgende Passus:

„Somit liefern meine Untersuchungen das ganz unerwartete Resultat, dass geistige Thätigkeit direct auf den allgemeinen Stoffwechsel keinen Einfluss übt und dass die moleculären Vorgänge im Gehirn, die ihr zu Grunde liegen, entweder keine Oxydationsprocesse (oder Spaltprocesse) sind, oder dass sie so gering sind, dass sie für unsere Untersuchungsmethoden nicht messbar sind".

Denne SPECK's Slutningsbemærkning er uantastet gaaet over i Literaturen og danner navnlig i Haandbøgerne Grundlaget for Behandlingen af disse Forhold. Se saaledes:

NAGEL: Handbuch der Physiologie Bd. I, 1ste Halvdel, pag. 565.

OPPENHEIM: Handbuch der Biochemie, 7. Lieferung, pag. 272.

VAN NORDEN: Handbuch der Pathologie des Stoffwechsels, Bd. I, pag. 260.

Endvidere berøres Problemet om psykisk Arbejdes Indflydelse paa Stofskiftet i ZUNTZ og LOEWY's Arbejde: Höhenklima und Bergwanderungen, pag. 229. Efter først at have omtalt SPECK's Forsøg, der udnævnes til at være „einwandfreie", anføres yderligere LOEWY's Undersøgelser over Stofskiftet i vaagen Tilstand og Søvn (Berliner klinische Wochenschrift 1891, Nr. 18), samt JOHANSSON: Über die Tagesschwankungen des Stoffverbrauchs (Skand. Archiv für Physiologie VIII, 1898, pag. 105).

Begge disse Arbejder anføres som Støtte for følgende Bemærkning:

„Ein Einfluss psychischer Momente ist nur dann nachweisbar, wenn diese mit Spannungen oder Bewegungen im Bereich der Muskulatur verbunden sind".

JOHANSSONS Arbejde, som i denne Sammenhæng er det mest oplysende, skal kort gennemgaas. Formaalet med dette var at bestemme Stofskiftets Svingninger indenfor Døgnet. I den Anledning maaltes Kulsyreudskillelsen fra Time til Time, og for at reducere tilfældige Fejl saa meget som muligt bestræbte Forsøgspersonen sig for med yderste Omhu at ligge i fuldkommen Ro med slappe Muskler og at undgaa enhver uvilkaarlig Bevægelse.

Ialt udførtes 45 Forsøg paa denne Maade, og af disse fremgik, ganske i Overensstemmelse med LOEWY's tidligere Forsøg, at Stofskiftet i vaagen Tilstand ikke er paaviseligt større end under Søvn, naar fuldkommen Muskelro iagttages. Man faar saaledes bekræftet, hvad man i Forvejen kunde have ventet, at den ringe psykiske Virksomhed, der blot kan karakteriseres ved, at man er vaagen, uden at der udføres noget egentligt psykisk Arbejde, kun kræver et saa ringe Energiforbrug, at

man ikke ad denne Vej kan paavise det; men med ZUNTZ og LOEWY heraf at slutte, at Energiforbruget fra psykisk Virksomhed overhovedet ikke kan paavises, er ikke alene i Almindelighed vildledende, men i dette Tilfælde særligt overfladisk, da netop JOHANSSON's Forsøg give Beviset for det modsatte. Middeltallet af disse Forsøg gav en Kulsyreudskillelse paa 20,88 gr. pr. Time, medens Maximal- og Minimalværdierne vare henholdsvis 23,2 og 18,2 gr. Kulsyre.

Ved 3 af Forsøgene findes anført: „Geistestätigkeit lebhaft" og Værdierne for disse ere 22,1—22,9 og 22,2 gr. Kulsyre pr. Time, hvilket giver en gennemsnitlig Differens fra Middelværdien paa 1,52 gr. eller en Middelstigning af Kulsyreudskillelsen paa 7,3 %. For et enkelt Forsøg findes Bemærkningen: „Geistestätigkeit sehr lebhaft", hvortil svarer Kulsyreudskillelsen 23,2 gr., hvilket som ovenfor anført netop er Maximumsværdien for samtlige 45 Forsøg, og ca. 11,1 % større end Forsøgenes Middelværdi.

JOHANSSON's Forsøg vise da ikke alene, at man ved den gængse fysiologiske Forsøgsmetodik er i Stand til at paavise et Energiforbrug ved psykisk Virksomhed, men man øjner tillige ad denne Vej en Mulighed for at paavise, at Energiforbrugets Størrelse svinger overensstemmende med den subjektivt vurderede Størrelse af det psykiske Arbejde.

I 1897 offentliggjorde ATWATER, WOODS og BENEDICT en Række foreløbige Forsøg med et nykonstrueret Respirationskalorimeter (Bulletin Nr. 44 fra U. S. Dep. of Agric. Off. of Exp. St.). Forsøgenes Formaal var nærmest at undersøge Apparatets Ydeevne, men da et enkelt Forsøg anlagdes saaledes, at det i en af Perioderne omfattede psykisk Arbejde, skal det omtales her. Under dette Forsøg var Forsøgspersonen 12 Dage i Respirationskammeret; denne Tid inddeltes i 5 Perioder, hvoraf 1ste, 3die og 5te Periode vare Hvileperioder og varede henholdsvis $1^5/_8$, 3 og $1^3/_8$ Dag; 2den og 4de Periode vare Arbejdsperioder, hver paa 3 Dage, med henholdsvis psykisk Arbejde og Muskelarbejde. Forsøgsbetingelserne ere beskrevne som følger:

> „In the first period the subject did not engage in any muscular or mental work except such reading and very slight physical exercise as were needed to pass away the time comfortably. The second period, of three days duration, was devoted to mental labor. The subject engaged for eight hours a day or thereabouts in the active work of either calculating results of previous experiments or studying a German treatise on physics. The mental application was as intense as it could well be made. The third period, likewise of three days duration, was given to nearly absolute rest. During this time the subject avoided muscular and mental exercise so far as possible. During a larger part of the time he reclined upon the bed".

4de og 5te Periode ere i denne Sammenhæng uden Betydning. Kulsyreudskillelsen, beregnet for 24 Timer, var gennemsnitlig for 2den og 3die Periode 851,5 og 871,7 gr.; men Stofskiftet hidrørende fra Muskelarbejde, Legemsstilling, etc. maa, saaledes som Forsøget er beskrevet, være væsentligt større under 2den end under 3die Periode, og naar man ikke desto mindre finder den største Kulsyreudskillelse

under 3die Periode, maa der have været secundære Forhold tilstede, der umuliggør enhver nærmere Sammenligning mellem de to Perioder. I selve Afhandlingen drages der da heller ingen Slutninger angaaende Forholdet mellem psykisk Arbejde og Stofskiftet paa Grundlag af dette Forsøg; men da dette kan ske fra andre Sider, have vi ment det rigtigst at paapege den Mangel, der i saa Fald klæber ved dette Forsøg.

En meget omfattende og omhyggeligt udført Forsøgsrække vedrørende psykisk Arbejdes Indflydelse paa Stofskiftet er udført af BENEDICT og CARPENTER og offentliggjort i Bulletin Nr. 208 fra U. S. Dep. of Agric., Off. of Exp. St. Forsøgene udførtes med Respirationskalorimeter og omfattede Maalinger af fordampet Vand, udskilt Kulsyre, optaget Ilt og udviklet Varme samt Legemets Vægttab og Pulsens Hyppighed. Forsøgspersonerne vare unge Studerende, som vare i Begreb med at underkaste sig en Examen ved Universitetet. Hvert Forsøg bestod af to Perioder, en Arbejdsperiode paa 3 Timer, i hvilken Forsøgspersonen udfærdigede en af sine skriftlige Examensopgaver, og en Kontrolperiode ligeledes paa 3 Timer, i hvilken Forsøgspersonen kopierede sin Examensopgave eller afskrev et Uddrag af en neutral Bog med ialt samme Antal Ord, som Examensopgaven havde indeholdt; paa denne Maade søgte man at eliminere den Fejl, der indføres ved Muskelarbejdet som Følge af Skrivebevægelserne. Mellem Arbejds- og Kontrolperioderne var gennemsnitlig et Tidsrum paa 23 Dage, men det Tidspunkt af Dagen, paa hvilket Undersøgelserne fandt Sted, var indenfor hvert Forsøg det samme, for saaledes at formindske uundgaaelige tilfældige Fejl saa meget som muligt. Ialt foretoges 22 Forsøg, alle med forskellige Forsøgspersoner. Af Forsøgsresultaterne skal anføres følgende: Middeltallet af Kulsyreudskillelsen for Kontrolperioden var 99,76 gr., for Arbejdsperioden 101,84 gr., hvilket giver en Middelstigning paa 2,08 gr. eller 2,1 %; Middeltallet af Iltoptagelsen for Kontrolperioden var 79,48 gr., for Arbejdsperioden 84,20 gr., altsaa en Middelstigning paa 4,72 gr. eller 5,9 %; disse sidste Tal er kun beregnede af 14 Forsøg, da 8 Forsøg med Hensyn til Iltbestemmelserne vare ufuldstændige. Middeltallet af Varmemaalingerue viste kun en Stigning paa 0,5 % af den udviklede Varmemængde under Arbejdsperioden.

Saafremt denne Forsøgsrække kun er behæftet med tilfældige Fejl, maa man, naar Fejlenes Størrelse og Forsøgenes Antal tages i Betragtning, heraf slutte, at den Stigning i Stofskiftet, som fremkommer ved Examensarbejde af denne Art, er saa ringe, at den ikke med Sikkerhed kan tilskrives det ved Løsningen af Examensopgaven udførte psykiske Arbejde; men selv i saa Fald maa man være meget varsom med at generalisere dette Forsøgsresultat, idet det aldeles ikke udelukker, at man med anden og mere koncentreret Art af psykisk Arbejde og med anden Forsøgsordning vil kunne paavise en kendelig Stigning af Kulsyreudskillelsen, som vanskelig vil kunne tilskrives secundære Aarsager. (Samlg. JOHANSSON's Forsøg).

Det kan imidlertid tillige paavises, at BENEDICT's Forsøg ere behæftede med en ensrettet Fejl, der umuliggør sikre Slutninger. Som ovenfor

nævnt, vare Arbejds- og Kontrolperioderne adskilte ved et Tidsrum paa gennemsnitlig 23 Dage, idet Arbejdsperioderne faldt i Februar 1905 og Kontrolperioderne i de sidste Dage af Februar samt i Marts; det vil nu være meget rimeligt at antage, at Hvilestofskiftets Størrelse svinger noget med Aarstiden, og at der hos Personer, som ere underkastede fælles klimatiske og meteorologiske Forhold, vil vise sig fælles ensartede Stofskiftesvingninger, samt at disse Svingninger netop i Overgangstiden Februar—Marts kunne være relativt store. Til Belysning af dette Forhold findes blandt vore Forsøg enkelte Data, der ganske vist alene ere for spinkle til at gælde for Bevis, men som paa anskuelig Maade illustrere Tankegangen. I Maanederne Februar og Marts 1911 udførtes en Række Forsøg med A. L. Forsøgene foretoges Kl. 9 om Morgenen og indlededes med en Maaling af Forsøgspersonens Kulsyreudskillelse i Hvile, altid under samme Forhold med Hensyn til Legemsstilling under Forsøget, Tidspunkt for Indtagelse af sidste Maaltid, etc. Resultatet heraf var følgende:

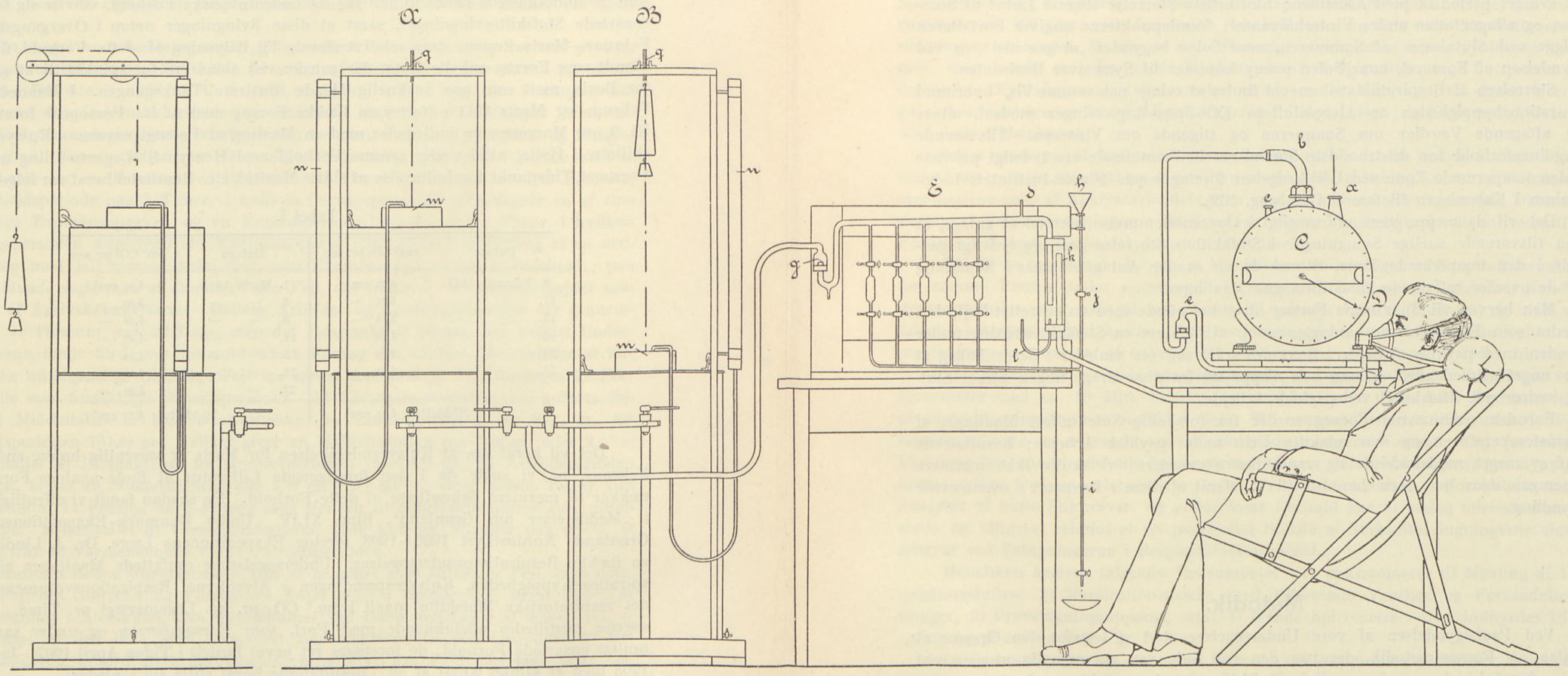
Tabel I.

Datum	cm^3 CO_2 pr. sec.	Datum	cm^3 CO_2 pr. sec.
8. Februar 1911	4,22 cm^3	1. Marts 1911	4,84 cm^3
11. — —	4,71 —	4. — —	5,00 —
15. — —	3,48 —	8. — —	4,68 —
18. — —	4,28 —	11. — —	4,97 —
22. — —	4,80 —	15. — —	4,78 —
25. — —	4,81 —	18. — —	4,10 —
		22. — —	5,02 —
Middeltal:	4,44 cm^3	Middeltal:	4,77 cm^3

Det vil heraf ses, at Kulsyreudskillelsen for Marts er væsentlig højere end for Februar, og vi søgte da i den foreliggende Litteratur at finde analoge Forsøgsrækker til nærmere Bekræftelse af dette Forhold. En saadan fandt vi offentliggjort i „Meddelelser om Grønland", Bind XLIV. Under Danmark-Ekspeditionen til Grønlands Nordøstkyst 1906—1908 foretog Ekspeditionens Læge, Dr. J. Lindhard, en Række Respirationsundersøgelser. Undersøgelserne omfattede Maalinger af Respirationshyppigheden, Kulsyrespændingen i Alveolerne, Respirationsvolumenet og det respiratoriske Stofskifte maalt i $cm.^3$ CO_2 pr. kg. Legemsvægt pr. Time. Forsøgene anstilledes udelukkende med Forf. som Forsøgsperson og under saavidt muligt ensartede Forhold; de foretoges ret jævnt fordelt i Tiden April 1907—Januar 1908 med et samlet Antal af 59. Resultaterne heraf stille sig saaledes:

Tabel II.

April 1907.....	212 $cm.^3$ CO_2 pr. kg. pr. Time.
Juni 1907	238 — — —
August 1907	241 — — —
November 1907...	237 — — —
Januar 1908	208 — — —



A og B Spirometre
C Gasometer
D Respirationsmaske
S Prøvetagningsapparat

Fig. 1.

Forf. angiver tillige, at blandt disse Maalinger maa Tallene fra November og tildels fra Januar antages at være relativt for høje paa Grund af forudgaaende anstrengende Legemsarbejde.

Som Resultat fremgaar da, at Hvilestofskiftets Størrelse under arktiske Forhold svinger periodisk med Aarstiden; Stofskiftets Størrelse stiger i Løbet af Sommeren og aftager atter under Vinterhalvaaret; Vendepunkterne angiver Forfatteren at ligge ved Slutningen af Sommeren, naar Solen begynder „at gaa ned", og ved Begyndelsen af Foraaret, naar Solen paany kommer til Syne over Horizonten.

Størrelsen af Respirationsvolumenet findes at svinge paa samme Vis, hvorimod Respirationshyppigheden og Alveoleluftens CO_2-Spænding svinger modsat, altsaa med aftagende Værdier om Sommeren og stigende om Vinteren. Tilsvarende Svingningsforhold for de tre sidste Størrelsers Vedkommende ere tydeligt paaviste for den tempererede Zone ved Undersøgelser foretagne paa Finsen-Institutets Laboratorium i København (Refereret ibid. pag. 162).

Det vil da næppe være uforsvarligt i Overensstemmelse hermed at antage, at ogsaa tilsvarende aarlige Svingninger i Stofskiftets Størrelse gøre sig tydeligt gældende i den tempererede Zone, tilmed da en saadan Antagelse staar i Samklang med de ovenfor refererede af os foretagne Maalinger.

Men herved vil Benedict's Forsøg blive behæftede med en ensrettet Fejl, der, saaledes som Forsøgene ere anlagte, netop vil tilsløre en Stofskiftestigning under Perioden med psykisk Arbejde. Benedict's Forsøg ses saaledes i deres Anlæg at være noget vildledende, og man kan næppe ud fra disse drage nogen sikker Slutning vedrørende Stofskiftet ved psykisk Arbejde.

Foruden ovennævnte Forsøg er der fra forskellig Side udført Maalinger af Legemstemperaturen og den udskilte Urin under psykisk Arbejde; Resultaterne heraf er meget modstridende og vanskelige at vurdere; vi skulle ikke nærmere gennemgaa dem her, men henvise til et Referat af disse i Benedict's ovennævnte Afhandling.

Metodik.

Ved Paabegyndelsen af vore Undersøgelser stod vi overfor den Opgave at fastslaa en Forsøgsmetodik, der paa den ene Side var saa nøjagtig, at man ved Hjælp deraf kunde paavise mulige Stofskiftesvingninger hidrørende fra psykisk Virksomhed, og paa den anden Side var saa simpel i Anlæg og Betjening, at den kunde være praktisk anvendelig i psykologiske Laboratorier, der i Almindelighed ikke ere anlagte med Stofskifteundersøgelser for Øje. Fra første Færd vare vi under disse Forhold henviste til at begrænse vore Undersøgelser til Maalinger af det respiratoriske Stofskifte. Den ved disse Maalinger benyttede Metodik undergik ved Arbejdets Udførelse en trinvis Række Forandringer ved stadige Tilføjelser; den

fæstnedes tilslut i den Form, i hvilken den skal beskrives her, og som i sig kom til at rumme alle Forsøgsordningens tidligere Stadier.

Den endelige Forsøgsmetodik er i Hovedsagen baseret paa gasometriske Volumenmaalinger af Inspirationsluften i Forbindelse med Analysering af den i 2 Spirometre, A og B, (se Fig. 1) opsamlede Exspirationsluft. Spirometrene, der hver rummede ca. 100 liter, vare forbundne dels indbyrdes og dels med Exspirationsledningen paa en saadan Maade, at de uafhængigt af hinanden kunde fyldes og tømmes; man kunde saaledes under Fyldningen af et Spirometer tage Luftprøver af det andet. Fyldningen af et Spirometer varede ca. 10 Min., og ved denne Fremgangsmaade bestemtes følgelig Svingningerne i Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen med dette Tidsinterval.

Søger man nu at bestemme disse Svingninger indenfor endnu kortere Tidsrum, kræver dette strængt taget en tilsvarende Differentiering saavel af Volumenmaalingerne som af Analysearbejdet; men medens selv en yderliggaaende Differentiering af Volumenmaalingerne ikke volder nogen Vanskelighed, vil en væsentlig Forøgelse af Analysearbejdet være uoverkommelig.

Det vil nu imidlertid vise sig, at Middelsammensætningen af Exspirationsluften for samme Person under nogenlunde konstante Forhold og med uhindret Aandedrætsmekanik meget nær vil være konstant indenfor kortere Tidsrum, og man vil følgelig i Almindelighed kunne nøjes med at supplere de differentierede Volumenmaalinger med Analyser af enkelte Stikprøver, tagne paa passende Tidspunkter.

En saadan Fremgangsmaade, bestaaende af nøjagtige Stofskiftemaalinger ved Spirometre med ca. 10 Min. Interval og suppleret med tilnærmede Bestemmelser af Stofskiftesvingningerne indenfor dette Tidsrum ved stærkt differentierede Volumenmaalinger, er anvendt ved efterfølgende vigtigere Forsøg. Ved foreløbige Undersøgelser har vi udskudt Spirometrene og kun støttet Maalingerne paa hyppige kontinuerlige Volumenbestemmelser af Inspirationsluften i Forbindelse med Analyser af korte Stikprøver, og under visse Forhold har vi endog udeladt Analyserne og alligevel erholdt et ret paalideligt Billede af Stofskiftesvingningerne alene udtrykt ved Svingningerne i Respirationsvolumenet.

Metodiken kræver følgende Instrumenter: 1) et Gasometer til Maaling af Inspirationsluften, 2) Respirationsmaske med tilhørende Ventiler og Forbindelsesslanger, 3) Prøvetagningsapparat, samt 4) tvende Spirometre. Den indbyrdes Placering heraf er vist paa Fig. 1.

1). Gasometeret er en af de ved Københavns kommunale Gasværker benyttede Maalere; disse høre til de saakaldte vaade Maalere, og Konstruktionen af en saadan er følgende: Maaleren bestaar af en cylindrisk Blikbeholder, i hvilken en ligeledes cylindrisk Tromle kan bevæge sig om en vandret Aksel. Beholderen er fyldt med Vand saa højt, at Tromleakselen ligger et Stykke under Vandspejlet. Princippet for Maalingen er da dette, at den Luftmængde, der ønskes maalt, ledes ind ved a, ved Trykdifferens drejer Tromlen rundt og paany strømmer ud ved b. Antallet af Tromlens Omdrejninger bliver da Maal for den Luftmængde, der er

ledet gennem Maaleren. Tromleakselen staar i Forbindelse med et Tælleværk, der angiver den maalte Luftmængde i engelske Kubikfod.

Denne Maaleenhed var for grov til vort Brug, og vi lod da Tromleakselen forlænge ud gennem Maalerens Bagside, der forsynedes med en Maalekreds paa 360°. Jo mindre Maaleren er, des større Tryktab lides ved Maalingen af et givet Rumfang pr. Tidsenhed, og jo større Maaleren er, des mere uhandlelig bliver den paa Grund af den paafyldte større Vandmængde. Hensynet til disse Forhold bestemte os til at vælge den Størrelse af Maaleren, der ved en Akselomdrejning maalte $^1/_2$ eng. Kubikfod = 14,157 liter, og denne Størrelse viste sig ved Brugen at være meget anvendelig. Hver enkelt Grad af den inddelte Maalekreds skulde da repræsentere et maalt Luftvolumen = 14,157 : 360 liter = 39,3 cm.^{3}. Betingelsen herfor er, at Luften ledes som en jævn Strøm gennem Maaleren under Tryk; ved nærværende Forsøg suges Luften diskontinuerligt gennem Maaleren i Takt med Respirationen. Der anstilledes da Kontrolmaalinger, der saa nær som muligt svarede til Maalerens Gang under Forsøgene, og disse gav som Resultat, dels at Maaleren fungerede regelmæssigt, og dels at Maalekredsens Inddelinger svarede til 41,2 cm.^{3}.

Brugen af Maaleren er simpel og paalidelig; man erindre blot inden hvert Forsøg at paafylde Vand gennem c, indtil det løber ud forneden; i modsat Fald vil Maaleren dels vise for smaa Volumener, og dels kræve større Trykdifferens for at fungere; af samme Grund maa Maaleren staa vandret og forsynes derfor bedst med Stilleskruer.

Maaleren aflæstes hvert 40. sec.; Tiden markeredes ved et elektrisk Klokkesignal. Lad Aflæsningerne ved to paa hinanden følgende Klokkeslag være M° og N°, da vil det maalte Volumen være $41{,}2 \times (N° \div M°)$. Den direkte maalte Størrelse $N \div M$ vil følgelig meget nær angive Middel-Respirationsvolumenet pr. sec. maalt i cm^3. Dette Begreb, som hyppigt vil blive anvendt i det følgende, kalder vi Respirationsniveauet.

2). Fra Luftmaaleren ledes Luften gennem en Gummislange med Diam. 1,8 cm. til Respirationsmasken, D. Paa Vejen er indskudt Ventilen e*); denne, hvis Indretning fremgaar af Figuren, aabner under Inspirationen og lukker under Exspirationen. Ventilklappen er en tynd Gummiplade fastholdt til Glasrøret ved Shellak. Respirationsmasken bestaar af en simpel Bliktragt, udstøbt med Stentz-Masse efter Ansigtets Form; denne Masse er yderligere dækket med et Lag Klæbevox — en Blanding af Bivox og Terpentin —, der bliver blød ved Hudens Temperatur, og derved sikrer Maskens lufttætte Forbindelse med Ansigtet. Rumfanget af Masken med tilhørende korte Forbindelsesslanger til Forgreningrøret f bør være saa lille som muligt, da det ved Respirationen repræsenterer et „skadeligt Rum"; ved de af os benyttede Masker beløb dette sig til ca. 30—40 cm^3. Se tillige Fig 2.

Under Exspirationen ledes Luften ud gennem Ventilen g; denne er modsat-

*) Ventilens Konstruktion er godhedsfuldt angivet os af Hr. Docent, Dr. phil. A. Krogh.

virkende af e, men iøvrigt af lignende Konstruktion; kun er den tillige forsynet med et paablæst Rør til Bortledning af Fortætningsvandet.

3). Mellem Respirationsmasken og Ventilen g er Prøvetagningsapparatet E anbragt. Dette bestaar af en Række Recipienter monterede paa et Træstativ; hver Recipient rummer ca. 20 cm.^{3} og er foroven og forneden lukket med Tregangshaner. Recipienterne fyldes før Brugen fra neden med Kviksølv ved Paafyldning gennem Tragten h. Foroven ere de forbundne med Exspirationsledningen ved snævre Glasrør. En Prøvetagning vil da kunne foretages ved at lukke Hanen j og lade Kviksølvet fra en af Recipienterne løbe ud gennem Slangen i; i denne er forneden indskudt et Glasrør med haartrukken Spids; denne, der maa vende mod Strømmen for ikke at forstoppes med Urenheder fra Kviksølvet, kan afpasses saaledes, at Recipienten tømmes i Løbet af det Tidsrum man ønsker; ved nærværende Forsøg har Prøvetagningens Varighed overalt været 3×40 sec. = 2 Minutter. Man vil nu let se, at en Prøvetagning, anstillet paa denne Maade, lider af væsentlige Mangler. Hvad man ønsker at erholde, er en Middelprøve af Exspirationsluften i en vis Tid; men da Sammensætningen af denne varierer indenfor hvert Aandedrag, og da Luften i Tilledningsrørene forskydes som en samlet Luftsøjle, uden at der foregaar nogen nævneværdig Blanding, vil Exspirationsluften, idet den passerer Prøvetagningsapparatet, stadig være af varierende Sammensætning; naar man nu tillige erindrer, at Exspirationen indenfor samme Aandedrag foregaar med skiftende Hastighed, og at Prøvetagningen foregaar baade under Exspiration og under Inspiration, vil man indse, at Betingelserne for, at den optagne Luftprøve skal faa Exspirationsluftens Middelsammensætning, ikke er til Stede. Disse Mangler vil afhjælpes ved mellem Respirationsmasken og Prøvetagningsapparatet at indskyde en Blandingsbeholder k. Rumfanget af denne er her 600 cm.^{3}, altsaa noget større end det normale Aandedrag. Tilledningsrørene og Afledningsrørene ere anbragte som vist paa Figuren for at sikre en god Luftblanding. En

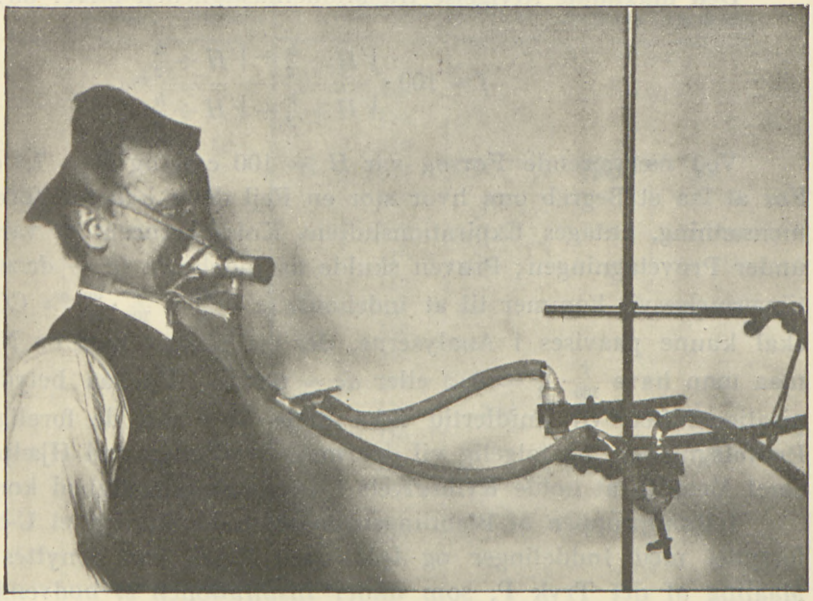


Fig. 2.

anden, men mindre væsentlig Mangel ved Prøvetagningen hidrører fra, at Recipienten tømmes med aftagende Hastighed. Lad Højdeforskellen mellem Recipientens Midte og Kviksølvets Udløb være H, og lad Recipientens Højde være h; man vil da have, at Kviksølvets Udstrømningshastighed ved Prøvetagningens Begyndelse er $v_b = c \times \sqrt{H + \frac{h}{2}}$ og ved Slutningen er $v_s = c \times \sqrt{H \div \frac{h}{2}}$.

Den maximale Afvigelse fra Middelhastigheden bliver da:

$$f = 100 \cdot \frac{\sqrt{H + \frac{h}{2}} \div \sqrt{H \div \frac{h}{2}}}{\sqrt{H + \frac{h}{2}} + \sqrt{H \div \frac{h}{2}}} \,^0/_0 \ldots \qquad (1.)$$

Ved nærværende Forsøg var $H = 100$ cm. og $h = 7{,}5$ cm., altsaa $f = 9\,^0/_0$. For at faa et Begreb om, hvor stor en Fejl dette kan medføre i Luftprøvens Sammensætning, antages Expirationsluftens Kulsyreprocent at variere fra c til $c + dc$ under Prøvetagningen; Prøven skulde da indeholde $(c + dc/2)\,^0/_0$ CO_2, medens den tilnærmelsesvis kommer til at indeholde $\left(c + \frac{dc}{2} \div \frac{f}{100} \cdot \frac{dc}{2}\right)\,^0/_0$ CO_2. Hvis denne Fejl skal kunne paavises i Analyserne, der ere udførte med en Nøjagtighed af 0,03 %, maa man have $\frac{f}{100} \cdot \frac{dc}{2} = 0{,}03$ eller $dc = 0{,}67\,^0/_0$. En saa betydelig Variation af Expirationsluften vil imidlertid ikke finde Sted ved de foreliggende Forsøg under Prøvetagningen, og følgelig vil det være overflødigt ved Hjælp af en mere kompliceret Metodik at holde Kviksølvets Udstrømningshastighed konstant.

I Bundproppen af Blandingsbeholderen er anbragt et U-bøjet Glasrør, l, som, forsynet med Inddelinger og fyldt med Vand, kan benyttes som Manometer til Maaling af det Tryk P, som under Inspirationen er nødvendigt til at drive Luftmaaleren. P varierer med Respirationsniveauet. Naar P_{max} angiver Manometerets største Udslag i cm. Vandsøjle ved Respirationsniveauet R, vil man have følgende omtrentlige sammenhørende Værdier:

Tabel III.

R	50	100	150	200	250	300 cm.³/sec.
P_{max}	0,50	0,80	1,15	1,55	2,00	2,50 cm.

Der kan være Grund til at undersøge, hvorvidt dette varierende Inspirationsmodtryk vil indvirke paa Respirationens Forløb og da hvorledes. Til Oplysning herom kan anføres følgende to Forsøg, Nr. 1 og 2, med F. B. Forsøgspersonen sad under hele Forsøget i fuldkommen Ro i Forsøgsstolen; Forsøget deltes i 3 Perioder; i Perioden A respireredes under normale Forsøgsbetingelser; under Perioden B forøgedes Inspirationsmodtrykket kunstigt ved over Gasometerets Indstrømningsaabning, a, at binde et Stykke Flonel; under Perioden C forøgedes Inspirationsmodtrykket yderligere ved Paabinding af endnu et Stykke Flonel.

Der maaltes Respirationsniveauet, R, med 40 sec. Interval, det maximale Inspirationsmodtryk, P_{max}, for hver Periode, og endvidere analyseredes en Stikprøve af Exspirationsluften fra hver Periode. De maalte Størrelser ere opførte tabellarisk hosstaaende:

Tabel IV.

Lb. Nr. 1. F. B. 18—2—1910.					Lb. Nr. 2. F. B. 24—2—1910.				
Periode	Respirationsniveau cm.³/sec.	Exspirationsluftens CO_2 %	Middelrespirationsniveau for hele Perioden	Inspirationsmodtryk cm. Vandsøjle	Periode	Respirationsniveau cm.³/sec.	Exspirationsluftens CO_2 %	Middelrespirationsniveau for hele Perioden	Inspirationsmodtryk cm. Vandsøjle
A	120				C	115			
	120					110			
	120					110			
	115	3,98	115,0	1,0		110			
	110					110		110,6	2,8
	110					110	3,84		
	110					110			
B	105					110			
	100					110			
	100				B	115			
	105	4,00	102,9	1,6		110			
	105					110			
	105					110	3,93	110,7	1,8
	100					110			
C	95					110			
	100					110			
	100				A	115			
	100					115			
	105	3,75	100,0	2,1		115			
	100					115		114,2	0,8
	95					115	3,77		
	100					110			
	105								

De to Forsøg udførtes i modsat Rækkefølge, for gennem Resultaternes Middeltal at faa elimineret de Fejl, der maatte hidrøre fra Respirationsniveauets Variation med Tiden.

Middeltallene stille sig som følger:

Tabel V.

Periode	A	B	C
Respirationsniveau: R	114,6 cm.³/sec.	106,8 cm.³/sec.	105,3 cm.³/sec.
Exspirationsluftens CO_2 %	3,88	3,97	3,80
Inspirationsmodtrykket: P_{max}	0,9 cm.	1,7 cm.	2,5 cm.

Det ses heraf, at naar Inspirationsmodtrykket forøges med ligestore Differencer, vil Respirationsniveauet aftage med aftagende Differencer. Maalingerne af Exspirationsluftens CO_2 % give ingen sikre Oplysninger

om dennes Variation, formodentlig fordi der i de korte Forsøgsperioder ikke kommer stationære Spændingsforhold til Stede; men man kan dog med Rimelighed gaa ud fra, at CO_2 %, saavel i Exspirationsluften som i Alveolerne, vil stige med Inspirationsmodtrykket.

Spørgsmaalet er nu, hvorvidt denne paaviste metodiske Fejl vil faa Betydning for vore kommende Maalinger. Det maa herved erindres, at vore Maalinger ere ganske præliminære Differensmaalinger uden noget Krav paa at angive et nøjagtigt Maal for Stofskiftets absolutte Størrelse; hvad vi have søgt, er en Metodik, hvorved vi, med CO_2-Udskillelsen som relativt Maal for Stofskiftet, ere i Stand til med Sikkerhed at paavise en Stofskiftestigning under en Arbejdsperiode ud fra Værdierne af en foregaaende og en efterfølgende Hvileperiode. Ved en saadan Metodik maa man med Agtpaagivenhed vaage over enhver Respirationsforstyrrelse, som vil kunne medføre en kunstig Forøgelse af CO_2-Udskillelsen, da en saadan kunde resultere i en fuldkommen misvisende Antagelse om en stedfundet Stofskifteforøgelse; omvendt vil derimod en Fejl som den ovenfor paaviste, der hæmmer CO_2-Udskillelsen med stigende Respirationsniveau, kun medføre, at en stedfundet Stofskifteforøgelse maales forholdsvis mindre, jo større denne — absolut set — er.

Det ses saaledes, at denne metodiske Fejl ikke vil kunne medføre Tvivl om Rigtigheden af de i det følgende paaviste Stofskifteforøgelser under psykisk Arbejde eller under Muskelarbejde, og den er derfor for nærværende Undersøgelsers Vedkommende betydningsløs.

Nævnte Modtryk P kan benyttes til grafisk Optegning af Respirationens Forløb. Fra Expirationsledningen ved d føres en Gummislange til en Marey's Tambour, der registrerer de varierende Tryk paa en Kymograf-Tromle. De derved erholdte Kurver giver vel et Billede af Respirationssvingningerne, men man kan ikke med nogenlunde Nøjagtighed fra Udslagenes Størrelse slutte sig til Respirationsvoluminerne; derimod vil Kurven give fyldige Oplysninger om Aandedrættenes Antal indenfor hver 40. sec., naar man samtidig registrerer Tiden. Tidsregistreringen foretages lettest ved i Forbindelse med det elektriske Klokkesignal at indskyde en elektromagnetisk Skrivestift.

4). Spirometrene ere af sædvanlig Type uden særlige konstruktive Ejendommeligheder. Den bevægelige Klokke er ca. 80 cm. høj og har Diameteren 40 cm.; den har følgelig et nyttigt Volumen paa ca. 100 liter. Klokken er afbalanceret i sin øverste Stilling ved et Vægtlod; naar Klokken sænkes, vil dens Vægt formindskes med Opdriften; for at udligne denne, er der ovenpaa Klokken anbragt en ringformet Skaal m, der henholdsvis fyldes med Vand eller tømmes alt efter som Klokken gaar ned eller op. Vandet ledes til ved Hævertvirkning fra et cylindrisk Glasrør n, fast anbragt paa Spirometerets Stativ. Længden af Glasrøret er noget større end Klokkens Bevægelse, og Rørets Tværsnitsareal er bestemt ved $\pi \cdot 40 \cdot t$ cm.^{3}, hvor t er Klokkens Vægtykkelse i cm. Spirometrene ere forbundne indbyrdes og med Expirationsledningen paa en saadan Maade, at de kunne tømmes og fyldes uafhængigt af hinanden. Prøvetagning fra Spirometeret sker gennem Hanen o;

det er tilstrækkeligt blot at forbinde Recipienten med Hanen, hægte Afbalanceringsloddet af Spirometeret, for derved at lade Luften fra Spirometeret i nogen Tid strømme under Tryk — ca. 40 mm. Vandtryk — gennem Recipienten. Se Fig. 3. Paa Lufttilgangsledningens nederste Punkt bør anbringes en Hane til Aftapning af Fortætningsvand etc.

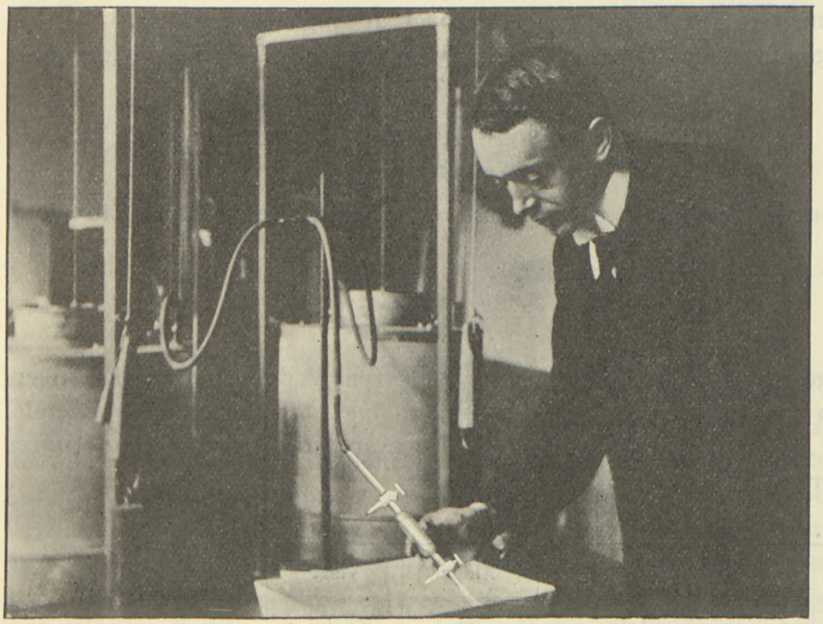


Fig. 3.

Man har bestræbt sig for at gøre Spirometrene saa letbevægelige som muligt. I den Anledning ere Tridserne q forarbejdede med særlig Omhu, og deres Diameter er valgt ret stor = 9 cm.; af samme Grund er der sørget for, at Vægten af Spirometrene er reduceret til et Minimum ved at bygge dem af saa tynd Zinkplade, som paa Forhaand kunde anses at være forsvarligt; den anvendte Pladetykkelse er t = 0,08 cm.

Som Maal for Spirometrenes Bevægelighed angives følgende sammenhørende Værdier. P er den Vægt, hvormed Afbalanceringsloddet skal belastes, for at Spirometrene skulle fyldes med V cm.^{3} pr. sec. P er udtrykt i cm. Vandsøjle over Klokkens Tværsnitsareal.

Tabel VI.

P	V
0,35 cm.	100 cm.^{3}/sec.
0,41 —	200 —
0,54 —	300 —
0,73 —	400 —
0,98 —	500 —
1,30 —	600 —
1,69 —	700 —

Luftprøverne analyseredes enten ved et Bohr og Petterson's Apparat eller ved et Haldane's Apparat. Kulsyren absorberedes i en 10 % Natronopløsning, og

Ilten i en Opløsning af 100 gr. Kalihydrat i ca. 55 gr. Vand, tilsat med 10 gr. Pyrogallolum. Analyserne udførtes med en Nøjagtighed af 0,03 % for Kulsyrens Vedkommende.

For at undersøge, hvorvidt Prøvetagningsapparatet fungerede tilfredsstillende, udførtes to Forsøg med to samtidige Prøvetagninger af Expirationsluften.

I. Prøvetagningen foretoges 3.—12.—08. Analysen, der udførtes Dagen efter, viste:

Recipient	CO_2	O_2
I	3,81 %	16,29 %
II	3,79 %	16,34 %

II. Prøvetagningen foretoges 5.—12.—08. Analysen, der udførtes to Dage senere, viste:

Recipient	CO_2	O_2
I	4,05 %	16,19 %
II	4,05 %	16,14 %

Da Middelafvigelsen af disse Resultater for Kulsyrens Vedkommende ikke overskrider Analysefejlen paa 0,03 %, maa Prøvetagningen siges at foregaa tilfredsstillende.

Forsøgene ere udførte med 4 forskellige Forsøgspersoner, om hvilke anføres følgende Oplysninger:

Tabel VII.

Betegnelse	Uddannelse	Alder	Vægt	Højde
F. B.	cand. polyt.	29	66 kg.	1,75 m.
A. L.	Prof., Dr. phil.	53	70 -	1,78 -
S. N.	stud. mag.	28	73 -	1,67 -
O. O.	cand. med.	27	73 -	1,80 -

Som det vil fremgaa af Indledningen, er Hovedformaalet med nærværende Arbejde en Undersøgelse af specielle psyko-fysiologiske Forhold; men under Arbejdets Forløb udførtes tillige en Række rent fysiologiske Undersøgelser, nærmest for at prøve Metodikens Anvendelighed under kendte Forhold. Disse fysiologiske Undersøgelser kunne imidlertid paaregnes at have selvstændig Interesse og ere derfor opførte samlede under: *Første Afsnit.* De egentlige psykologiske Forsøg vil derefter findes under: *Andet Afsnit.*

Første Afsnit.

Hvileforsøg.

Lb. Nr. 3. F. B. 26—1—1910.

Forsøgspersonen sad først nogle Minutter før Forsøget og dernæst under hele Forsøget i fuldkommen Ro i en magelig Forsøgsstol. Forsøget varede ialt 42 × 40 = 1680 sec. De i dette Tidsrum maalte Gasometeraflæsningers Differenser ere opførte i Tabel VIII, 1ste Kolonne. Det vil ses, at disse direkte maalte Differencer kunne blive behæftede med en vis Fejl, thi under Inspirationen bevæger Gasometerets Viser sig ret hurtigt, medens den under Exspirationen staar stille, og naar der da ikke netop foregaar et helt Antal Respirationer i Løbet af 40 sec., ville to paa hinanden følgende Aflæsninger træffe Viseren dels i Bevægelse og dels i Ro. I dette Tilfælde vil Differencen mellem to paa hinanden følgende Aflæsninger ikke nøjagtigt angive Middelrespirationsvolumenet i den mellemliggende Tid; men det vil tillige ses, at hvad en enkelt Maaling paa denne Maade bliver for lille, vil den umiddelbart paafølgende blive for stor, saaledes at Fejlen herfra kan blive saa procentisk lille som man ønsker, blot ved at beregne Respirationsniveauet af et tilstrækkeligt stort Antal Enkeltmaalinger. Paa Grund af denne Usikkerhed i Aflæsningerne ere disse ikke foretagne nøjagtigere end med Differencer paa 5. Disse Bemærkninger gælde tillige for samtlige, efterfølgende Forsøg.

Man ser af Tabellen, at Respirationsniveauet aftager fra en maximal Begyndelsesværdi til en minimal Slutningsværdi. Denne Aftagen af Respirationsniveauet for en Person i Hvile viser sig at være et konstant Træk for samtlige Forsøgspersoner; vi skulle derfor her undersøge Forløbet af denne Variation. I den Anledning er Forsøget delt i 3 Perioder, hver paa 14 × 40 sec. Middeltallet for hver af disse Perioder er anført i Tabellen. Det fremgaar heraf, at Respirationsniveauets Aftagen er stærkere i Begyndelsen af Forsøget og svagere i Slutningen, saaledes at Respirationsniveauet nærmer sig en konstant stationær Værdi. Middelrespirationsniveauet for hele Forsøget er 108,6, og de enkelte Respirationsniveauers Afvigelse herfra er i Middeltal 3,3.

I hver af de tre Perioder er taget en Stikprøve af Exspirationsluften paa 3 × 40 sec. = 2 Minutter. Luftsammensætningen bestemtes ved Analyser, og Resul-

Tabel VIII.

Periode	Lb. Nr. 3. F. B. 26—1—1910.					Lb. Nr. 4. O. O. 24—1—1910.				
	Respirationsniveau $cm.^3/sec.$	Resp. niveauets Middelværdi	CO_2 % og O_2 % i Exspirationsluften	Udskilt CO_2 og optaget O_2 i l. pr. 2 Min.	Respirationskvotient	Respirationsniveau $cm.^3/sec.$	Resp. niveauets Middelværdi	CO_2 % og O_2 % i Exspirationsluften	Udskilt CO_2 og optaget O_2 i l. pr. 2 Min.	Respirationskvotient
I	120					135				
	115					130				
	115					130				
	115					130				
	115					130				
	115					130				
	110					130				
	105	111,4				130	130,4	3,77 % CO_2	0,565 l. CO_2	
	110					135				0,745
	105					130		16,25 % O_2	0,758 l. O_2	
	105		4,03 % CO_2	0,500 l. CO_2		130				
	110				0,775	130				
	110		16,09 % O_2	0,645 l. O_2		130				
	110					125				
II	110					120				
	110					125				
	110					125				
	110					120				
	105					120				
	110					120				
	105	108,2				125	122,5	3,85 % CO_2	0,541 l. CO_2	
	105					125				0,752
	105		4,02 % CO_2	0,490 l. CO_2		120		16,20 % O_2	0,720 l. O_2	
	110				0,772	125				
	105		16,09 % O_2	0,635 l. O_2		125				
	110					120				
	110					125				
III	110					130				
	105					130				
	100					130				
	105					130				
	105					130				
	105					130				
	105	106,1				125	124,0	3,71 % CO_1	0,522 l. CO_2	
	105		3,97 % CO_2	0,477 l. CO_2		125				0,757
	105				0,766	120		16,39 % O_2	0,690 l. O_2	
	105		16,10 % O_2	0,622 l. O_2		120				
	110					120				
	110					120				
	110					115				
	105					110				

taterne ere opførte i Tabellen. Den udskilte Kulsyremængde C og den optagne Iltmængde O ere beregnede efter Formlerne:

$$C = n_1 \cdot R \cdot \left(\frac{c_e}{n_e} \div \frac{c_i}{n_i} \right) \quad (2.)$$

$$O = n_1 \cdot R \cdot \left(\frac{o_i}{n_1} \div \frac{o_e}{n_e} \right) \quad (3.)$$

n, o og c ere Kvælstof-, Ilt- og Kulsyreprocenten henholdsvis i Inspirations- og Exspirationsluften, alt efter som de ere mærkede med Index i eller e. Om Værdierne af c_i og o_i se Tillæg I. R = Respirationsvolumenet. Respirationskvotienten $Q = C/O$ er ligeledes beregnet og opført i Tabellen. Expirationsluftens Kulsyreprocent ses at være meget nær konstant for alle tre Stikprøver; Middeltallet = 4,007 %, og de enkelte Resultaters Afvigelse er i Middel 0,024 %. Iltprocentens Middeltal = 16,093 med Middelafvigelse 0,004.

Forsøget er optegnet i Fig. 4. Tiden er afsat som Abscisse, saaledes at de paa Fig. viste Inddelinger svare til Aflæsningsintervallet 40 sec. Respirationsniveauets Værdier ere udjævnede*) og afsatte som Ordinater. End-

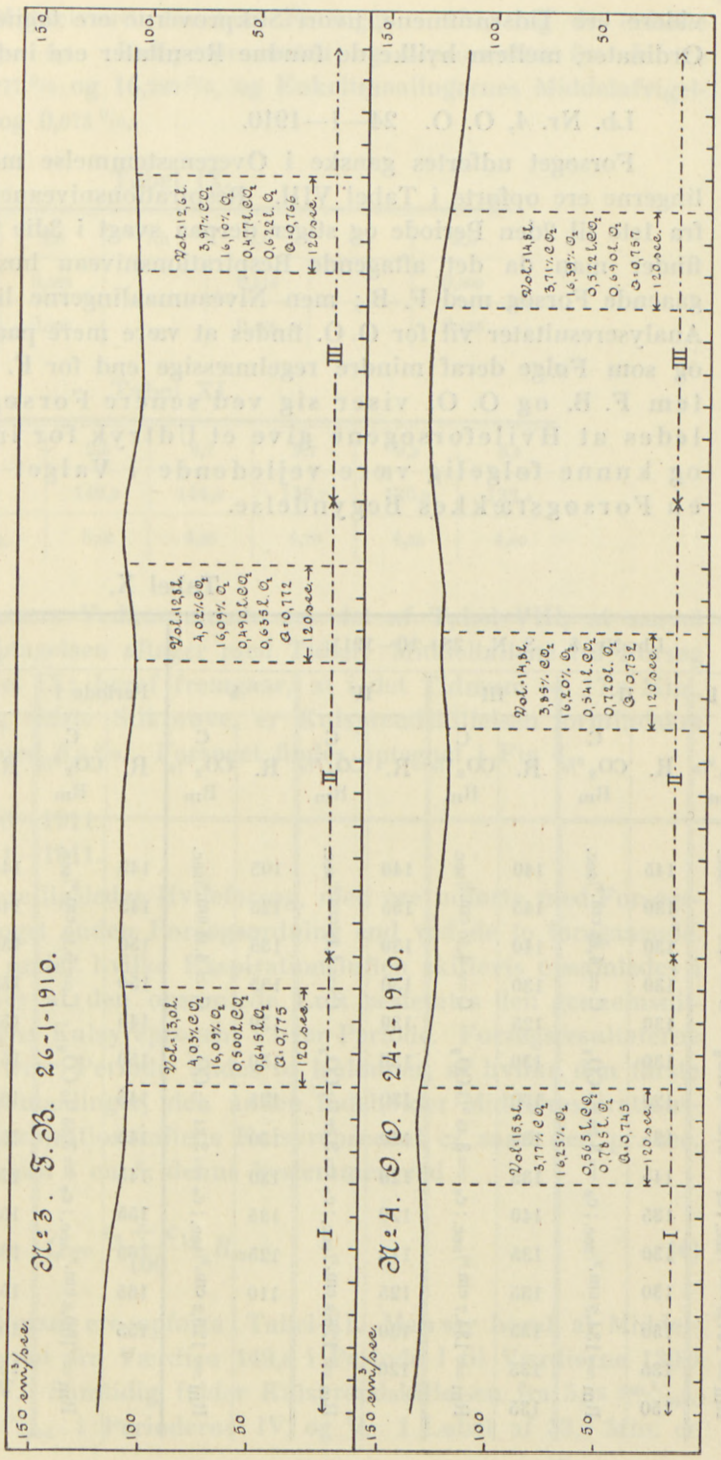


Fig. 4.

*) Maalingerne ere her og i det følgende udjævnede efter Formel (26) i A. Lehmann: Lehrbuch der psykologischen Metodik, Leipzig 1906.

videre ere Tidsrummene, hvori Stikprøverne ere tagne, markerede ved punkterede Ordinater, mellem hvilke de fundne Resultater ere indskrevne.

Lb. Nr. 4, O. O. 24—1—1910.

Forsøget udførtes ganske i Overensstemmelse med det foregaaende, og Maalingerne ere opførte i Tabel VIII. Respirationsniveauets Middelværdi falder stærkt fra 1ste til 2den Periode og stiger derpaa svagt i 3die Periode. I Hovedsagen genfinder man da det aftagende Respirationsniveau hos O. O., ligesom i det foregaaende Forsøg med F. B.; men Niveaumaalingerne ligesaavel som nedenstaaende Analyseresultater vil for O. O. findes at være mere paavirkede af tilfældige Forhold og som Følge deraf mindre regelmæssige end for F. B. Denne Forskel mellem F. B. og O. O. viser sig ved senere Forsøg at være konstant, saaledes at Hvileforsøgene give et Udtryk for individuelle Differencer, og kunne følgelig være vejledende i Valget af Forsøgspersoner ved en Forsøgsrækkes Begyndelse.

Tabel X.

Lb. Nr. 5. S. N. 28—10—1911.										Lb. Nr. 6. S. N. 15—11—1911									
Periode I		II		III		IV		V		Periode I		II		III		IV		V	
R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm	R.	C CO_2 % Rm
165		145		140		140		105		145		145		140		145		135	
155		130		145		135		125		145		140		150		145		140	
140		130		140		130		135		150		150		155		140		135	
145		130		130		130		135		150		155		155		140		145	
160		130		125		130		130		145		150		155		140		145	
135		130		130		130		130		150		155		150		135		145	
125		125		130		130		125		145		160		155		145		130	
135		135		130		120		130		145		165		140		145		130	
150		145		135		120		130		145		170		130		140		150	
150		135		140		120		135		155		165		135		145		145	
135		130		135		115		125		165		160		135		135		145	
150		130		135		125		110		165		155		150		110		140	
160		130		135		130				155		150		145		105			
165		135		135		120						150		130		120			
		150		135															
	$Rm = 147{,}8$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}49$ % CO_2 C = 4,95 cm.³/sec.		$Rm = 134{,}0$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}59$ % CO_2 C = 4,62 cm.³/sec.		$Rm = 134{,}7$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}49$ % CO_2 C = 4,50 cm.³/sec.		$Rm = 126{,}8$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}60$ % CO_2 C = 4,39 cm.³/sec.		$Rm = 126{,}2$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}64$ % CO_2 C = 4,42 cm.³/sec.		$Rm = 150{,}8$ cm.²/sec.; $c_e = 3{,}53$ % CO_2 C = 5,11 cm.³/sec.		$Rm = 155{,}0$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}42$ % CO_2 C = 5,08 cm.³/sec.		$Rm = 144{,}6$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}52$ % CO_2 C = 4,89 cm.³/sec.		$Rm = 135{,}0$ cm.²/sec.; $c_e = 3{,}63$ % CO_2 C = 4,71 cm.³/sec.		$Rm = 140{,}5$ cm.³/sec.; $c_e = 3{,}54$ % CO_2 C = 4,78 cm.³/sec.

Respirationsniveauets Middelværdi for hele Forsøget = 125,6 og de enkelte Maalingers Middelafvigelse = 4,5. Kulsyreprocenten og Iltprocenten for de tre Stikprøver er i Middeltal 3,777 % og 16,280 %, og Enkeltmaalingernes Middelafvigelser ere henholdsvis 0,049 % og 0,073 %.

Tabel IX.

Tiden i Min.	2,0	7,0	2,0	6,3	2,0
Udskilt CO_2 i l.	0,533		0,516		0,500
Optaget O_2 i l.	0,702		0,678		0,656

Tabel XI.

Tiden i Min.	9,0	9,7	9,7	9,3	8,0
Middelresp.niveau	149,3	144,5	139,7	130,9	133,4
Udskilt CO_2 i cm.³/sec.	5,03	4,85	4,70	4,55	4,60

For begge Forsøgspersoners Vedkommende ses det af Tabel VIII, at saavel Kulsyreudskillelsen som Iltoptagelsen aftager med Tiden; Middeltallene fra Forsøg Nr. 3 og 4 ere opførte i Tabel IX; heraf fremgaar, at i det Tidrsum = 17,3 Min., som ligger mellem første og sidste Stikprøve, er Kulsyreudskillelsen formindsket med 6,2 % og Iltoptagelsen med 6,6 %. Forsøget findes optegnet i Fig 4.

Lb. Nr. 5, S. N. 28—10—1911.
Lb. Nr. 6, S. N. 15—11—1911.

Nærværende to Forsøg ere ligeledes Hvileforsøg, men ere udførte med Forsøgspersonen S. N. og med en noget anden Forsøgsordning end ved de to foregaaende. Forsøget deltes i 5 Perioder under hvilke Exspirationsluften skiftevis opsamledes i Spirometrene. Ved Luftprøver af den opsamlede Luft bestemtes den gennemsnitlige Værdi af Exspirationsluftens Kulsyreprocent i hver Periode. Forsøgsresultaterne ere opførte i Tabel X. For hver Periode findes to Kolonner, af hvilke den første indeholder de enkelte Niveaumaalinger, den anden indeholder Middelrespirationsniveauet R_m for Perioden, Exspirationsluftens Kulsyreprocent c_e, samt den pr. sec. udskilte Kulsyremængde C maalt i cm.³; denne bestemmes ved

$$C = \frac{c_e \div c_1}{100} \cdot R_m \ldots \qquad (4)$$

Middeltallene fra de to Forsøg ere opførte i Tabel XI. Man ser heraf, at Middelrespirationsniveauet falder jævnt fra Værdien 149,3 i Periode I til Værdierne 130,9 og 133,4 i Perioderne IV og V. Samtidig falder Kulsyreudskillelsen fra 5,03 cm.³/sec. i Periode I til 4,55 og 4,60 cm.³/sec. i Perioderne IV og V. I Løbet af 32,6 Min. er

følgelig Kulsyreudskillelsen aftaget med 9 %. Da Kulsyreudskillelsen i Periode V er lidt højere end i Periode IV, tyder det paa, at man i disse Perioder har naaet den stationære Værdi for Kulsyreudskillelsen i Hvile under de givne Forhold.

Tabel XII.

Lb. Nr. 7 S. N. 16—12—1911

Periode I		II		III		IV		V	
R.	c_a n C c_e Rm	R.	c_a n C c_e Rm	R.	c_a n C c_e Rm	R.	c_a n C c_e Rm	R.	c_a n C c_e Rm
125		125		125		125		130	
135		135		135		120		120	
135		135		125		120		120	
145		130		115		120		120	
145		130		120		120		120	
145		125		120		105		120	
140		125		120		100		120	
135		130		115		110		120	
130		125		115		115		115	
125		130		110		110		115	
130		125		115		120			
130		130				130			
140		125				125			
130		120							
130									
	$R_m = 134{,}7$; $c_e = 3{,}65$ % CO_2; C = 4,73 cm.³/sec. CO_2; n = 8,0, $c_a = 4{,}53$ % CO_2		$R_m = 127{,}9$; $c_e = 3{,}67$ % CO_2; C = 4,51 cm.³/sec. CO_2; n = 7,9; $c_a = 4{,}59$ % CO_2		$R_m = 119{,}5$; $c_e = 3{,}64$ % CO_2; C = 4,18 cm.³/sec. CO_2; n = 7,5; $c_a = 4{,}58$ % CO_2		$R_m = 116{,}9$; $c_e = 3{,}73$ % CO_2; C = 4,19 cm.³/sec, CO_2; n = 7,0; $c_a = 4{,}64$ % CO_2		$R_m = 120{,}0$; $c_e = 3{,}65$ % CO_2; C = 4,21 cm.³/sec. CO_2; n = 7,8; $c_a = 4{,}62$ % CO_2

Det vil da af Tabellen ses, at samtidig med at Respirationsniveauet og Kulsyreudskillelsen aftager, stiger Alveoleluftens Kulsyreprocent. I Forsøg Nr. 7 falder saaledes Kulsyreudskillelsen fra Periode I til Periode IV og V i Løbet af 29,3 Min. fra 4,73 til 4,20 cm.³/sec., altsaa 11,2 %; Alveoleluftens Kulsyreprocent stiger i samme

Lb. Nr. 7, S. N. 16—12—1911.

Dette Forsøg er udført analogt med Nr. 5 og 6, kun er her tillige maalt Aandedrætsantallet pr. Min. = n for hver Periode. Forsøgsresultaterne ere opførte i Tabel XII. Af de maalte Størrelser kan Alveoleluftens Kulsyreprocent c_a beregnes ved Hjælp af følgende Formel, angivet af Bohr i Nagel's Handbuch der Physiologie, Bd. I

$$c_a = \frac{A \cdot c_e \div S \cdot c_i}{A \div S} \cdots \qquad (5)$$

$A = \frac{R_m \cdot 60}{n}$ angiver Middelvolumenet af det enkelte Aandedrag maalt i cm.³; S = Størrelsen af det respiratoriske skadelige Rum i cm.³; om Værdien af S se Tillæg II.

Man kan ikke forvente, at de saaledes beregnede Værdier af c_a skulle kunne angive de virkelige Værdier af Alveoleluftens Kulsyreprocent med væsentlig Nøjagtighed; men man kan med Grund antage, at Regningsstørrelsen c_a vil give brugbare relative Værdier, saaledes at indtrædende Svingninger i Alveoleluftens Kulsyreprocent vil medføre parallele Svingninger i Værdierne af c_a; en saadan Svingningsoverensstemmelse er fuldt ud tilstrækkelig til nærværende Brug.

Tidsrum fra 4,52 til 4,63. En Stigning i Alveoleluftens Kulsyreprocent kan være et Udtryk for at Organismens staaende Oplag af Kulsyre er blevet forøget, men kan ogsaa blot være en secundær Virkning af Ændringer i Kredsløbet*), og man maa derfor kun med Varsomhed drage Slutninger af Svingninger i Alveoleluftens Koncentration. Under de foreliggende Forhold vil det dog være rimeligt at antage, at den ved Overgang til Hvile indtrædende lette Døsighed medfører en mindre Irritabilitet af Aandedrætscentrerne, altsaa en mindre effektiv Lungeventilation og en deraf følgende større Oplagring af Kulsyre i Organismen, og at den maalte Stigning i Alveoleluftens Kulsyrespænding er at opfatte som et Udtryk herfor. Forsøget er optegnet i Fig. 5.

Som Resultat af Forsøgene 3—7 fremsættes da:

> Naar en Person sætter sig til Hvile efter at have været i let Virksomhed vil Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen pr. sec. aftage fra en vis Begyndelsesværdi, indtil de efter ca. $^1/_2$ Times Forløb har naaet stationære Slutningsværdier, der ere ca. 10 % lavere end Begyndelsesværdierne.

Aarsagen til denne langsomt forløbende Overgangstilstand kan dels søges i at Stofskiftet i Begyndelsen af Hvileperioden, naar Organismen endnu ikke helt er faldet til Ro, er større end senere, og dels i at Restitutionen af de i den foregaaende Arbejdsperiode virksomme Væv kræver en vis Tid.

Dette Resultat medfører, at:

> naar man ved kortere Stofskifteforsøg vil søge at bestemme Svingninger i Kulsyreudskillelsen under visse Forhold, er det uomgængeligt nødvendigt at indlede og afslutte Forsøget med en Hvileperiode, for paa denne Maade at faa bestemt den Nullinie, ud fra hvilken Svingningerne kan maales.

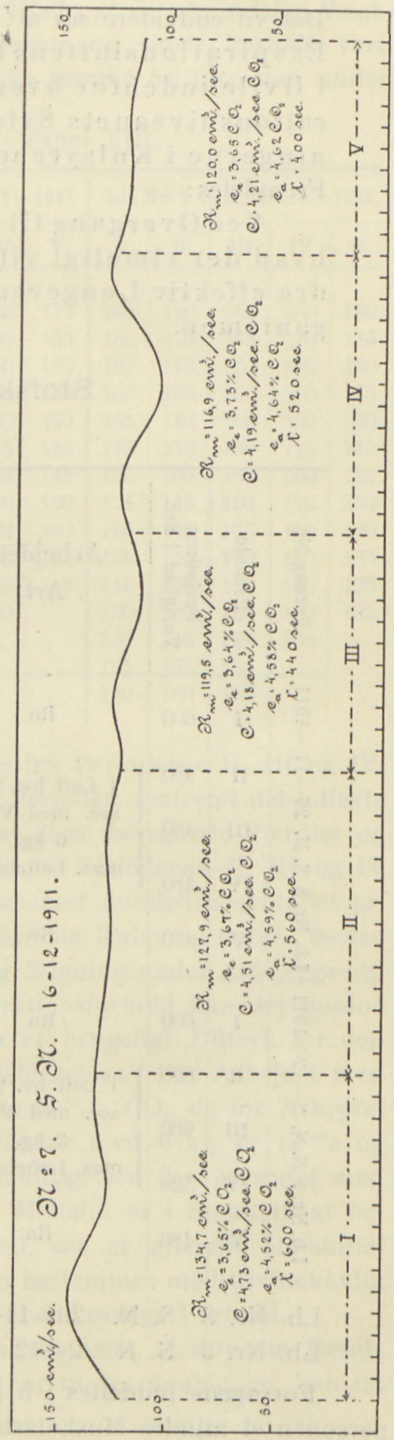


Fig. 5.

*) Meddelt af Hr. Docent, Dr. phil. A. Krogh.

Det vil endvidere ses at:
Exspirationsluftens Kulsyreprocent er tilnærmelsesvis konstant i Hvile indenfor hvert Forsøg, og at man saaledes alene i Respirationsniveauets Svingninger har et tilnærmet Udtryk for Svingningerne i Kulsyreudskillelsen.
Fremdeles:

Ved Overgang til Hvile stiger Alveoleluftens Kulsyreprocent, hvad der rimeligt vil kunne opfattes som Udtryk for en ved mindre effektiv Lungeventilation forøget Oplagring af Kulsyre i Organismen.

Stofskifte ved Muskelarbejde.

Tabel XIV.

Forsøg Nr.	Periode	Periodens Varighed i sec.	Arbejdets Art	Middelrespirationsniveauet	Exspirationsluftens CO_2 %	Exp.luftens CO_2 % ÷ Insp.luftens CO_2 %	Udskilt Kulsyremængde i cm.³/sec.	Udskilt Kulsyremængde i cm.³/sec. uden Muskelarb.	Kulsyreoverskud i cm.³/sec.	Aandedrætsantallet pr. Min.	Alveoleluftens CO_2 %	Barometerstand
Lb. Nr. 8 S. N. 29—11—1911	I	600	Ro	156,3	3,11	2,97	4,65	..	..	11,1	4,03	..
	II	480	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 6 kg. max. Løftehøjde	180,4	3,16	3,02	5,45	4,61	0,84	13,5	4,15	..
	III	480		181,3	3,21	3,07	5,56	4,57	0,99	13,2	4,20	770
	IV	480		179,2	3,33	3,19	5,72	4,54	1,18	12,7	4,30	.
	V	440	Ro	154,5	3,05	2,91	4,50	..	..	12,3	4,11	..
Lb. Nr. 9 S. N. 2—12—1911	I	600	Ro	161,6	3,28	3,14	5,07	..	..	11,5	4,26	..
	II	600	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 2 kg. max. Løftehøjde	162,7	3,27	3,13	5,09	5,01	0,08	11,4	4,23	..
	III	600		163,0	3,30	3,16	5,15	4,95	0,20	11,1	4,24	772
	IV	520		161,2	3,45	3,31	5,33	4,90	0,43	10,4	4,35	..
	V	480	Ro	144,6	3,49	3,35	4,85	..	..	8,7	4,33	..

Lb. Nr. 8 S. N. 29—11—1911.
Lb. Nr. 9 S. N. 2—12—1911.

Forsøgene inddeltes i 5 Perioder; i de tre midterste Perioder udførte Forsøgspersonen et mindre Muskelarbejde bestaaende af et Løft hvert 2det sec. af en Vægt

paa henholdsvis 6 og 2 kg.; Arbejdet udførtes ved Hjælp af en almindelig Vægtergograf, og der arbejdedes med venstre Haand. Første og sidste Periode vare Hvileperioder, i hvilke Forsøgspersonen indtog ganske samme Stilling som under Arbejdet, med den venstre Haand hvilende i Ergografen. De maalte Respirationsniveauer ere opførte i Tabel XIII, og i Tabel XIV er for hver Periode opført Periodens Varighed, Middelrespirationsniveauet, Exspirationsluftens Kulsyreprocent og den udskilte Kulsyremængde, beregnet efter (4); det vil ses, at Kulsyreudskillelsen under sidste Hvileperiode — i Overensstemmelse med Resultaterne fra Hvileforsøgene Nr. 3—7 — er mindre end Kulsyreudskillelsen fra første Periode, og endvidere ses, at under de tre mellemste Arbejdsperioder er Kulsyreudskillelsen kendelig forøget. For at beregne denne Forøgelse har man ud fra Hvileværdierne fra Periode I og V interpoleret sig til Hvileværdierne fra Perioderne II, III og IV, der da ret nær ville angive Kulsyreudskillelsen i disse Perioder, saafremt det udførte Arbejde ikke havde fundet Sted. Differencen mellem disse beregnede Værdier og de virkelig maalte angiver Kulsyreoverskudet i $^{cm.^3}/_{sec.}$ i Perioderne II, III og IV foraarsaget ved det udførte Arbejde. Endvidere er bestemt Aandedrætsantallet pr. Minut, og deraf er ved Hjælp af (5) beregnet Alveoleluftens Kulsyreprocent. Denne findes at være nogenlunde konstant, dog med en svag Stigning under Arbejdsperioden. Under saadanne regelmæssigt forløbende Respirationsforhold kan det fundne Kulsyreoverskud i Almindelighed paaregnes at være et brugeligt Udtryk for den ved det samtidige Muskelarbejde fremkomne Stofskifteforøgelse. For Arbejdet med 6 kg. findes Kulsyreoverskudet i Middeltal at være 1,00 $^{cm.^3}/_{sec.}$ CO_2 og for Arbejdet med 2 kg. 0,23 $^{cm.^3}/_{sec.}$ Enkeltmaalingernes Middelafvigelse med 6 kg. er 12 % og med 2 kg. 55 %. Det ses heraf, at medens Stofskifteforøgelsen for Arbejdet med Vægt 2 kg. er for lille til at man ved nærværende Metodik er i Stand til at bestemme dens absolutte Værdi med nogen Nøjagtighed, saa er allerede Stofskifteforøgelsen ved Arbejdet med 6 kg. saa stor, at den kan bestemmes med tilstrækkelig Nøjagtighed, til at Resultaterne kunne være brugbare under mange Forhold.

Tabel XIII.

Lb. Nr. 8 S. N. 29—11—1911					Lb. Nr. 9 S. N. 2—12—1911				
I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
155	190	180	185	170	160	190	165	180	150
155	180	175	180	165	165	175	165	170	145
155	180	170	180	155	165	175	165	160	150
165	180	175	185	150	165	185	165	160	155
175	175	180	180	150	165	180	160	150	150
165	180	185	175	145	170	170	160	145	145
160	180	185	165	145	170	160	160	160	150
150	180	190	170	150	175	145	160	170	150
150	180	185	180	160	165	140	165	160	140
155	175	185	185	155	155	140	170	160	135
150	180	185	185	155	145	150	170	160	130
150	185	180	180	..	150	150	160	160	135
150	..	..	..	..	150	155	160	160	..
150	..	..	..	..	155	165	155	..	..
160	..	..	..	..	170	160	165	..	..

Det vil endvidere af nedenstaaende Forsøgsrække fremgaa, at selv om Resultaterne fra Forsøg med mindre Vægte absolut taget er meget unøjagtige, kan de dog som relative Værdier være af Interesse.

Tabel XV.

Forsøgs Nr.	Periode	Periodens Varighed	Arbejdets Art	Middelrespirationsniveau	Expirationsluftens CO_2 %	Exp.luftens CO_2 % ÷ Insp.luftens CO_2 %	Udskilt Kulsyremængde i cm.³/sec.	Udskilt Kulsyremængde i cm.³/sec. uden Muskelarb.	Kulsyreoverskud i cm.³/sec.	Middeltal	Arbejdets Størrelse i kg. cm.³/sec.	Middeltal	Nyttevirkning	Barometerstand
Lb. Nr. 10 S. N. 21—10—1911	I	480	Ro	145,0	3,38	3,24	4,70	..	..		..			
	II	520	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 1 kg. max. Løftehøjde	151,6	3,34	3,20	4,85	4,65	0,20	0,38	3,1	3,0	7,9	
	III	440		165,0	3,28	3,14	5,18	4,59	0,59		3,0			
	IV	440		165,4	3,12	2,98	4,92	4,55	0,37		2,9			
	V	400	Ro	152,5	3,09	2,95	4,50	..	..		..			
Lb. Nr. 11 S. N. 18—11—1911	I	560	Ro	163,2	3,47	3,33	5,43	..	..		..			
	II	560	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 2 kg. max. Løftehøjde	177,9	3,29	3,15	5,60	5,17	0,43	0,65	6,1	6,1	9,4	
	III	520		176,0	3,27	3,13	5,50	4,91	0,59		6,2			
	IV	480		181,2	3,26	3,12	5,65	4,68	0,97		6,1			
	V	480	Ro	147,5	3,16	3,02	4,45	..	..		..			
Lb. Nr. 12 S. N. 15—10—1911	I	480	Ro	160,9	3,40	3,26	5,24	..	..		..			
	II	440	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 4 kg. max. Løftehøjde	193,9	3,38	3,24	6,28	5,16	1,12	1,11	11,5	11,8	10,6	764
	III	440		193,6	3,40	3,26	6,31	5,11	1,20		11,9			
	IV	480		191,2	3,31	3,17	6,05	5,02	1,03		12,0			
	V	440	Ro	160,4	3,22	3,08	4,94	..	..		..			
Lb. Nr. 13 S. N. 4—11—1911	I	520	Ro	151,1	3,43	3,29	4,96	..	..		..			
	II	480	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 6 kg. max. Løftehøjde	190,0	3,32	3,18	6,04	4,79	1,25	1,37	15,6	16,0	11,7	
	III	480		189,2	3,27	3,13	5,92	4,63	1,29		15,9			
	IV	480		191,7	3,29	3,15	6,04	4,47	1,57		16,5			
	V	560	Ro	141,1	3,19	3,05	4,30	..	..		..			
Lb. Nr. 14 S. N. 8—11—1911	I	560	Ro	147,5	3,07	2,93	4,32	..	..		..			
	II	560	1 Løft hv. 2det sec. med Vægt 8 kg. max. Løftehøjde	188,2	3,29	3,15	5,93	4,25	1,68	1,69	20,1	20,7	12,3	
	III	480		196,7	3,30	3,16	6,22	4,18	2,04		21,1			
	IV	480		177,5	3,23	3,09	5,48	4,12	1,36		21,2			
	V	560	Ro	128,5	3,29	3,15	4,05	..	..		..			

Lb. Nr. 10—14 S. N. Nov.—Dec. 1911.

Forsøgsordningen var som ved forrige Forsøg; dog maaltes ikke Aandedrætsantallet pr. Minut, men derimod registreredes Arbejdets Størrelse. Vægtene varierede fra 1—2—4—6 til 8 kg. I Tabel XV er opført Middelrespirationsniveauet og

Tabel XVI.

1 Løft hv. 2det sec. med Vægt:	1 kg.	2 kg.	4 kg.	6 kg.	8 kg.
Stigning i Kulsyreudskillelsen udtrykt i % af Hvileværdien	8	13	22	30	40
— i Respirationsniveauet — - - - —	8	15	20	30	36

Exspirationsluftens Kulsyreprocent for hver Periode, og deraf er paa samme Maade som ovenfor beregnet Kulsyreoverskudet under Arbejdsperioderne og disses Middeltal. Ved Sammenligning mellem de enkelte Forsøg ses, at Kulsyreoverskudet stiger jævnt fra 0,38 $^{cm.^3}/_{sec.}$ for 1 kg. til 1,69 $^{cm.^3}/_{sec.}$ for 8 kg. Det udførte Arbejde stiger samtidig fra 3,0 $^{kg.cm.}/_{sec.}$ til 20,7 $^{kg.cm.}/_{sec.}$ Af disse to Talrækker er for hvert Forsøg beregnet det Arbejde, der udføres med et Kulsyreoverskud = 1 $^{cm.^3}/_{sec.}$, og dette er som „Nyttevirkning“ opført i Tabellens næstsidste Kolonne. Det ses, at for disse ret lave Vægtværdier stiger Nyttevirkningen med stigende Vægt; dette vil dog naturligvis kun finde Sted indtil en vis Grænse; overskrides denne, aftager Nyttevirkningen og bliver tilsidst = 0, naar Vægten har naaet en saadan Størrelse, at Forsøgspersonen netop lige ikke kan løfte den. Til nærmere Belysning af disse Forhold er den følgende Forsøgsrække udført, men inden vi gaar over til at referere denne, skulle vi først anføre en Beregning af Størrelsen af Muskelarbejde med varierende Vægte efter A. Lehmann: Grundzüge der Psychophysiologie, Leipzig 1912, Kap. 13. Lehmann viser paa Grundlag af Forsøg, at naar en Muskel udfører et Arbejde ved at løfte en given Vægt saa højt som muligt, saa vil Løftehøjden stige jævnt, naar Vægten aftager jævnt. Det analytiske Udtryk for denne Lov vil være:

Tabel XVII

Vægt i kg.	Arbejde i kg. cm.		Respirationsforøgelse i liter		Nyttevirkning	
	maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.
0	..	0	..	0,65	..	0
2	..	214	..	0,77	..	2,76
4	406	385	1,09	1,09	3,75	3,53
6	500	514	1,52	1,52	3,28	3,38
8	589	601	2,01	2,01	2,93	2,98
10	653	645	2,52	2,53	2,59	2,55
11,1	..	650	..	2,83	..	2,30
12	646	646	3,08	3,07	2,10	2,10
14	587	605	3,65	3,63	1,61	1,66
16	515	522	4,18	4,19	1,23	1,25
18	..	399	..	4,76	..	0,84
20	..	230	..	5,33	..	0,43
22,2	..	0	..	5,96	..	0

$$H = k \div k_1 \times B \ldots \quad (6)$$

hvor H = Løftehøjden i cm., B = Vægten i kg. og k og k_1 = Konstanter. Størrelsen af det udførte Arbejde vil da variere efter Parablen:

$$A = B \times (k \div k_1 \times B) \text{ kg.cm.} \ldots \quad (7)$$

Den Vægt B_{opt}, ved hvilken det maximale Arbejde A_{max} udføres, bestemmes ved

$$\frac{dA}{dB} = 0,$$

hvoraf $$B_{opt} = \frac{k}{2k_1} \cdots \quad (8)$$

Heraf faas endvidere $$A_{max} = \frac{k^2}{4k_1} \cdots \quad (9)$$

og den dertil svarende Løftehøjde = den optimale Løftehøjde bliver da

$$H_{opt} = \frac{k}{2} \cdots \quad (10)$$

Ud fra disse Beregninger gennemgaar LEHMANN derefter en Række Forsøg, udført af FICK, over termiske Virkninger i en enkelt arbejdende Muskel og finder som Resultat: naar den enkelte Muskel udfører sit maximale Arbejde, arbejder den samtidig med maximal Nyttevirkning.

Det er denne Lovs Gyldighed for Organismen som Helhed vi vil undersøge ved nedenstaaende Forsøgsrække.

Lb. Nr. 15—18. A. L. Jan. 1908.

Forsøgsrækken bestod af 4 Enkeltforsøg; i hvert af disse udførtes med hver af Vægtene 4—6—8—10—12—14 og 16 kg. 20 Løft i 40 sec. Arbejdsperioderne adskiltes ved mellemliggende Hvileperioder paa ca. 5 × 40 sec. Der arbejdedes i Modsætning til ovenstaaende Forsøgsrække ikke med hele Haanden men kun med venstre Haands Pegefinger. I disse Forsøg undlod man at analysere Expirationsluften og benyttede ligefrem den respiratoriske Volumenforøgelse som Følge af Arbejdet som Maal for Stofskifteforøgelsen. Berettigelsen hertil fremgaar af Tabel XVI; i denne er Stigningen i Kulsyreudskillelsen under Arbejdet for hvert Forsøg i ovenstaaende Forsøgsrække Nr. 10—14 udtrykt procentisk i Forhold til Kulsyreudskillelsen under Hvile, og paa samme Maade er den respiratoriske Volumenforøgelse under Arbejdet for hvert Forsøg udtrykt procentisk i Forhold til Hvileniveauet; det vil heraf ses, at:

> ved mindre Muskelarbejder, hvor Forsøgspersonen under hele Forsøget indtager samme Legemsstilling og arbejder med uhindret Aandedrætsmekanik, vil den relative Værdi af Stofskifteforøgelsen meget nær kunne udtrykkes ved Stigningen i Respirationsvolumenet.

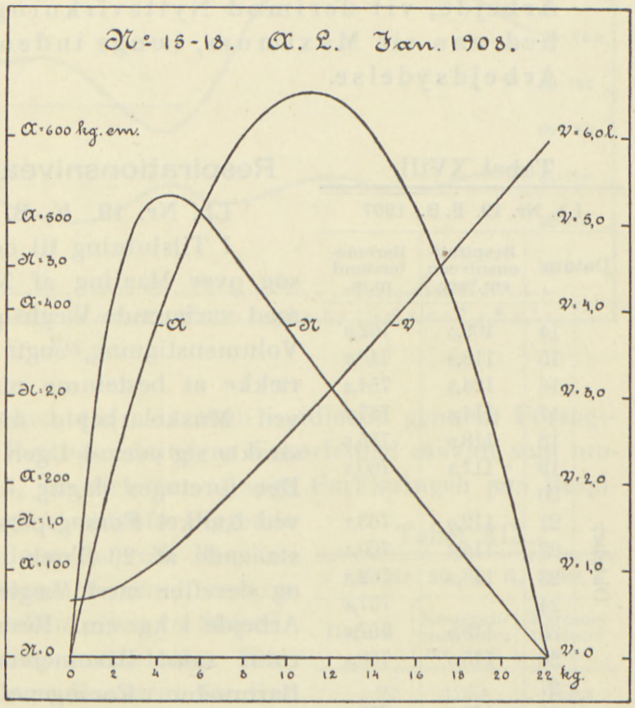
En saadan Simplifikation af Metodiken kan naturligvis kun anvendes, hvor raa, relative Værdier ere tilstrækkelige, og samtidig maa stilles forøgede Krav saavel til Forsøgslederens Aarvaagenhed som til Forsøgspersonens Øvelse og Fortrolighed med Apparaterne; men paa den anden Side vil en saa simplificeret Metodik

ofte kunne være af Værdi, navnlig til indledende Undersøgelser, hvor man hurtigt vil danne sig et Skøn over Forsøgets Hovedforløb.

I hvert Forsøg udførtes Arbejderne med de givne Vægte i forskellig Rækkefølge for at eliminere Fejl fra Træthed og lign. De udjævnede Værdier af Forsøgsresultaternes Middeltal er opført i Tabel XVII. I Tabellens 2den Kolonne findes det udførte Arbejde pr. 20 Løft udtrykt i kg. cm. Disse Værdier er indført i (7) og derved bestemmes k = 117,5 cm. og k_1 = 5,3 cm. $B_{opt.}$ bliver 11,1 kg, og Vægtgrænsen for hvad Forsøgspersonen kan løfte bliver følgelig 22,2 kg. I 3die Kolonne er opført de ved (7) beregnede Værdier for Arbejdets Størrelse. Afvigelsen mellem de maalte og de beregnede Værdier beløber sig i Middel til 2,2 %. Forøgelsen i Respirationsvolumenet som Følge af Arbejdet udtrykt i liter er opført i Tabellens 4de Kolonne. Naar Vægtene stige med konstante Differenser ses Respirationsforøgelsen — resp. Stofskifteforøgelsen — at stige med svagt tiltagende Differenser. Søger man en analytisk Relation mellem disse to Størrelser, kan man opstille følgende empiriske Formel

$$B^2 = a \times V^2 + b \times V \div c \; . \; . \; (11)$$

hvor B = Vægten i kg., V = Volumenforøgelsen i liter og a, b og c er Konstanter, der i dette Tilfælde har Værdierne: 11,64—16,0 og 15,3. De ved denne Formel beregnede Værdier af V er opført i 5te Kolonne: Middelafvigelsen mellem maalte og beregnede Værdier er 0,2 %. For $R = 0$ og $B = 2$ kg. har man de beregnede Værdier V = 0,65 og V = 0,77 liter, hvilket viser, at selv om man aflaster Ergografen helt, vil alligevel de rytmiske Sammentrækninger af Muskelen medføre en Stofskiftestigning, som i Sammenligning med Stofskifteforøgelsen for Arbejde med smaa Vægte ikke er ubetydelig. Endelig er i Tabellens to sidste Kolonner som „Nyttevirkning" opført det Arbejde i kg. cm., der udføres med en Respirations-Forøgelse paa 0,01 liter = $A/100 \times V$. Middelafvigelsen mellem Nyttevirkningens maalte og beregnede Værdier er 2,4 %. Det ses at Nyttevirkningen stiger rask fra 0 ved 0 kg. og naar sit Maximum omkring 4 kg., for



derpaa at falde jævnt til 0 ved 22,2 kg. At man ved den foregaaende Forsøgsrække Nr. 10—14 endnu ikke havde fundet Nyttevirkningens Maximum ved 8 kg. skyldes navnlig, at man ved hine Forsøg arbejdede med hele Haanden og ved nærværende kun med en enkelt Finger.

Forsøget er optegnet i Fig. 6. Vægtene ere afsatte som Abscisser, og de beregnede Værdier af det udførte Arbejde, Respirationsforøgelsen og „Nyttevirkningen" ere afsatte som Ordinater til de 3 respektive Kurver.

Resultatet kan formuleres som følger:

Medens Nyttevirkningen for den enkelte arbejdende Muskel naar sit Maximum samtidig med, at Muskelen udfører maximalt Arbejde, vil derimod Nyttevirkningen for Organismen som Helhed naa sit Maximum, længe inden Muskelen naar Maximum af Arbejdsydelse.

Tabel XVIII.

Lb. Nr. 19. F. B. 1907

Datum		Respirationsniveau cm.³/sec.	Barometerstand m.m.
Oktober	14	109,5	752,6
	15	118,9	748,7
	16	124,5	754,2
	17	114,6	747,7
	18	118,0	755,0
	19	111,2	760,5
	20		
	21	112,0	763,7
	22	114,6	760,1
	23	118,9	762,3
	24		757,6
	25	118,0	757,6
	26	115,5	760,2
	27		
	28	116,3	753,2
	29	119,1	750,0
	30	122,2	750,6
	31	114,4	755,6
November	1	120,1	766,0
	2	119,1	767,2
	3		
	4	122,1	769,0
	5	115,4	768,2
	6	121,5	768,3
	7	119,0	766,1
	8	122,0	763,2
	9	121,4	760,6

Respirationsniveauet og Barometerstanden.

Lb. Nr. 19. F. B. 1907.

I Tilslutning til de under Nr. 15—18 refererede Forsøg over Maaling af Nyttevirkningen ved Muskelarbejde med varierende Vægte paa Grundlag af den respiratoriske Volumenstigning, søgte vi tillige ved en længere Forsøgsrække at bestemme mulige Variationer i Nyttevirkningen ved Muskelarbejde med samme Vægt. Forsøgsrækken strakte sig over 4 Uger fra 14 Oktober—9 November 1907. Der foretoges daglig — undtagen Søndag — et Forsøg, ved hvilket Forsøgspersonen udførte et Muskelarbejde bestaaende af 20 Træk i 40 sec., først med Vægten 14 kg. og derefter med Vægten 7 kg. Der maaltes det udførte Arbejde i kg. cm., Respirationsniveauet, Værelsets Temperatur samt Barometerstanden ved Hjælp af et Fortin's Barometer. Forsøgene foretoges alle Kl. 4½, noget før Dagens Hovedmaaltid. Det viste sig imidlertid ved Behandlingen af Resultaterne, at den anvendte Metodik havde været for unøjagtig til, at man dermed kunde paavise de smaa Variationer i Nyttevirkningen, som kunde forventes at fremkomme med stigende Øvelse, etc.; i denne Henseende var derfor Forsøgsrækken forfejlet. Derimod erholdt man en kontinuerlig Række Hvileniveauer for samme Forsøgsperson under ensartede Forhold, og disse skulde vise sig at have nogen Interesse. Det enkelte Hvileniveau bestemtes for hvert Forsøg som Middeltal af Niveauerne før, mellem og efter de udførte Muskelarbejder;

de derved fremkomne Middeltal reduceredes til 0° og 760 m.m. Barometerstand og ere saaledes opførte i Tabel XVIII. Det viser sig heraf, at Respirationsniveauet varierer stærkt; Minimumsværdien fandtes den 14 Oktober at være 109,5 $^{cm.^3}/_{sec.}$, og Maximumsværdien indtraadte den 30 Oktober med Størrelsen 122,2 $^{cm.^3}/_{sec.}$ At Respirationsniveauet varierer kan ikke forundre; thi man maa paa Forhaand forvente, at dette kan blive paavirket af mangfoldige Faktorer, som den daglige Kost,

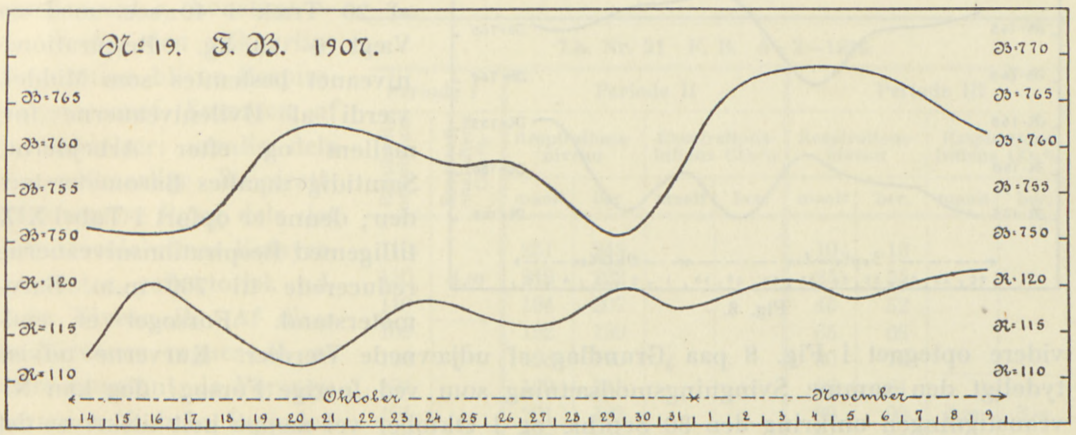


Fig. 7.

det almindelige Velbefindende, Træthed, etc.; da man imidlertid gennem Forsøgspersonens regelmæssige Levevis og Forsøgsordningens Ensartethed saavidt som muligt havde modvirket disse Forhold, laa det nær at søge Forklaringen paa Respirationsniveauets ret store Svingninger i udenfor liggende Aarsager. Ved nu at sammenholde de reducerede Respirationsniveauer med den samtidige Barometerstand, reduceret til 0°, viste der sig da, at der mellem disse to Størrelser fandtes en tydeligt udtalt Svingningsmodsætning. Forsøgsrækkens Forløb ses af Fig. 7, hvor Kurverne for Respirationsniveauet og Barometerstanden ere optegnede paa Grundlag af Værdierne i Tabel XVIII, efter at disse ere udjævnede. Det vil heraf ses, at til relative Minimumspunkter i Lufttryk-Kurven svarer relative Maximumspunkter i Niveaukurven og omvendt, saaledes at en Stigning eller Sænkning i Lufttrykket medfører henholdsvis en Sænkning eller Stigning i Respirationsniveauet. Afvigelser herfra viser Kurverne kun i Tiden 1—4 November, hvor Niveauets Stigning ikke staar i Forbindelse med noget Barometerfald.

Tabel XIX.

Lb. Nr. 20. F. B. 1908.

Datum		Respirationsniveau cm.³/sec.	Barometerstand m.m.
September	22	124,8	768,3
	23	126,4	765,8
	24	128,5	765,8
	25	130,5	766,3
	26	125,9	762,7
	27	137,6	755,9
	28	127,1	765,0
	29	121,6	770,2
	30	130,4	770,0
Oktober	1	132,2	768,6
	2	123,5	768,6
	3	126,1	767,2
	4	139,0	763,8
	5	134,1	767,6

Lb. Nr. 20. F. B. Septbr.—Oktbr. 1908.

Til yderligere Bekræftelse af dette Forhold udførtes i Efteraaret 1908 en tilsvarende Forsøgsrække med samme Forsøgsperson. Forsøgsrækken strakte sig over 14 Dage i Tiden fra 22 September—5 Oktober. Der udførtes daglig et Forsøg med to Muskelarbejder, hvert bestaaende af 20 Træk i 40 sec. med en Vægt = 10 kg. Respirationsniveauet bestemtes som Middelværdi af Hvileniveauerne før, mellem og efter Arbejderne. Samtidig maaltes Barometerstanden; denne er opført i Tabel XIX tilligemed Respirationsniveauerne reducerede til 760 m.m. Barometerstand. Forsøget er endvidere optegnet i Fig. 8 paa Grundlag af udjævnede Værdier. Kurverne udvise tydeligt den samme Svingningsmodsætning som ved forrige Forsøg; dog kan Niveaustigningen omkring den 30 Septbr. og 1 Oktober vel næppe helt tilskrives det samtidige, meget svage Barometerminimum.

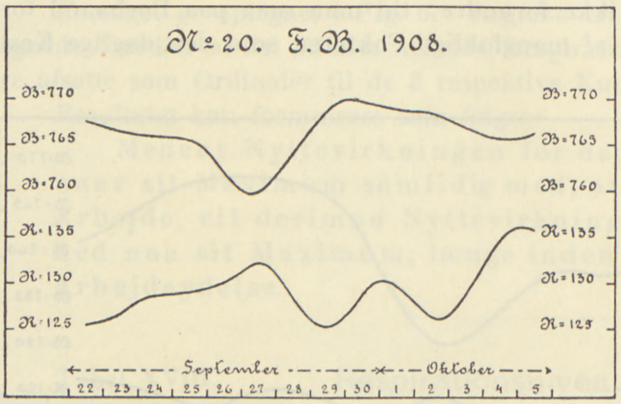


Fig. 8.

Elementære Respirationsundersøgelser.

Lb. Nr. 21 F. B. 5-2—1910.

Vilkaarligt forøget Respiration.

Forsøget deltes i 3 Perioder, i hvilke Forsøgspersonen sad i Ro. Under 1ste Periode respireredes normalt; Middelrespirationsniveauet beløb sig til 106 $^{cm.^3}/_{sec.}$, og en foretagen Stikprøve angav Exspirationsluftens Kulsyreprocent til 4,09. Aandedrætsantallet pr. Minut n = 13,5. Ved Begyndelsen af Periode II forøgede Forsøgspersonen Respirationen saa meget som muligt under de givne Forhold og søgte at bevare samme maximale Respiration hele Perioden igennem. Respirationsniveauet steg derved strax op til 251 $^{cm.^3}/_{sec.}$, men aftog efterhaanden og nærmede sig ved Periodens Slutning Værdien 175 $^{cm.^3}/_{sec.}$. Respirationsniveauets udjævnede Værdier er opført i Tabel XX; man ser, at med Undtagelse af Periodens 4 Slutningsværdier, der ere for lave paa Grund af svigtende Opmærksomhed, forløber Faldet i Respirationsniveauet nogenlunde regelmæssigt. En Stikprøve af Expirationsluften viste Kulsyreindholdet 3,49 %. Aandedrætsantallet pr. Minut n = 9. I Periode III ophører den vilkaarligt forøgede Respiration; samtidig hermed falder Respirationsniveauet ned til 10 $^{cm.^3}/_{sec.}$ for derefter at stige regelmæssigt op til det

normale Hvileniveau 106 $^{cm.^3}/_{sec.}$ En Stikprøve af Exspirationsluften viste 3,90 % Kulsyre. Aandedrætsantallet pr. Minut n steg sammen med Respirationsniveauet og sluttede med at være 13,5.

Disse Forhold søge vi forklarede saaledes:

Under normal Respiration udløses Respiratiousniveauet reflektorisk med en saadan Størrelse R_o, at den derved frembragte Lungeventilation L_o tilnærmelsesvis holder Alveoleluftens Kulsyreprocent c_a konstant = c_o. Under den vilkaarlige Respiration bliver Respirationsniveauet Summen af to Størrelser: nemlig dels den vilkaarlige Respirationsforøgelse R_k og dels det ved Alveoleluftens Kulsyreprocent c_a reflektorisk udløste Niveau R_a. Af disse to Niveauer regnes R_k at være konstant, da Forsøgspersonen i hele Perioden søger at bevare samme maximale Respiration, og da der ved disse rolige dybe Respirationer næppe er Tale om nogen væsentlig Træthed af Aandedrætsmuskulaturen; derimod maa R_a aftage samtidig med at Alveoleluftens Kulsyreprocent formindskes paa Grund af Respirationsforøgelsen. Summen af begge Niveauer maa derfor aftage, først hurtigere, derefter langsommere.

Tabel XX.

Lb. Nr. 21 F. B. 5—2—1910.

Periode I		Periode II				Periode III			
Respirationsniveau	Exspirationsluftens CO_2 %	Respirationsniveau		Exspirationsluftens CO_2 %		Respirationsniveau		Exspirationsluftens CO_2 %	
		maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.
110		251	248			10	13		
110	4,09	219	222			25	35		
110		194	207			45	52		
109		192	199			65	66		
106		196	190			80	76		
104		199	185			86	84		
101		201	182			89	90	3,90	3,85
100		200	180			91	95		
..		195	178			94	98		
..		191	177			96	100		
..		189	176			100	102		
..		186	176			105	103		
..		184	175			..	..		
..		181	175			..	..		
..		180	175			..	..		
..		175	174	3,49	3,40	..	..		
..		(125)	174			..	..		
..		(150)	174			..	..		
..		(170)	174			..	..		
..		(140)	174			..	..		

Standser man nu den vilkaarlige Respiration vil Respirationsniveauet til en Begyndelse antage den Værdi af R_a, som haves fra Slutningen af Forsøgets 2det Afsnit; men den derved frembragte Lungeventilation vil ikke være tilstrækkelig til at bortskaffe den i Organismen udviklede Kulsyremængde; Alveoleluftens Kulsyreprocent vil derfor stige, hvilket atter har en forøget Værdi af R_a til Følge. Paa denne Maade vil man først faa en rask Stigning af Respirationsniveauet og derefter en langsommere, indtil dette paany nærmer sig til Ligevægtsstillingen R_o svarende til Kulsyreprocenten c_o i Alveolerne.

Et Forsøg som dette, hvis Forløb er regelmæssigt, og som i Hovedtrækkene

kan forklares ud fra faa og simple Forudsætninger, frister i høj Grad til matematisk Behandling; en saadan skal her forsøges:

Vi søge at bestemme Respirationsniveauets Variation med Tiden, naar man fra normale, stationære Respirationsforhold pludselig forøger Respirationsniveauet med den konstante Tilvækst R_k $^{cm.^3}/_{sec.}$ For at gennemføre denne Beregning tænker vi os Lungen som en Beholder med Rumfang V cm.^{3}. Beholderluftens Kulsyreprocent = Alveoleluftens Kulsyreprocent = c_a. Lungen ventileres med en Luftmængde L_a $^{cm.^3}/_{sec.}$, der udløses reflektorisk, og hvis Størrelse bestemmes af c_a. Relationen mellem L_a og c_a kendes ikke, men det er nødvendigt for Beregningen paa Forhaand at fastsætte en saadan.

Proportionalitet mellem c_a og L_a kan ikke tænkes, da det vilde medføre for store Svingninger af c_a; derimod vil Relationen

$$L_a = \alpha \cdot c_a + \beta \ldots \qquad (12.)$$

hvor α og β ere Konstanter, synes rimelig, da man her med en relativ stor Værdi for α kan faa betydelige Variationer i L_a for en ringe Stigning i c_a. Endvidere kaldes Lungeventilationen og Alveoleluftens Kulsyreprocent under normale stationære Forhold for L_o og c_o. Naar S = det respiratoriske skadelige Rum og n = Aandedrætsantallet pr. Minut, vil man have

$$L = R \div \frac{S \cdot n}{60} \ldots \qquad (13)$$

S = 180 cm.^{3} for Forsøgsperson F. B., se Tillæg II).

Med disse Betegnelser vil Ventilationsligningen blive; se Tillæg III)

$$\frac{V}{0{,}87 \cdot b} \cdot \log \frac{L + a + b}{L + a \div b} \cdot \frac{L_o + R_k + a \div b}{L_o + R_k + a + b} = t \ldots \qquad (14)$$

hvor Værdierne af Konstanterne a og b udtrykt ved R_k, L_o, S og n findes i Tillægget. I nærværende Forsøg er $L_o = 106 \div 180 \times 13{,}5/60 = 65{,}5$ cm.^{3}. R_k = 174 cm.^{3} og $a \cdot c_o$ = 167, bestemt ved (35). Specielt for 2den Periode har man n = 9 og deraf $a = \div 36{,}25$ og $b = 110{,}75$. Lign. (14) bliver da

$$\frac{V}{96{,}3} \cdot \log \frac{L + 74{,}50}{L \div 147{,}0} \times \frac{92{,}5}{314{,}0} = t \ldots \qquad (14\,a)$$

og naar V paa Grundlag af foreløbige Beregninger sættes = 27000 cm.^{3} og L udtrykkes ved R, faar man

$$\log \frac{R + 47{,}5}{R \div 174} = 0{,}00357 \cdot t + 0{,}53079 \ldots \qquad (14\,b)$$

De efter denne Formel beregnede Værdier ere opførte i Tabel XX, Kolonne 4. Naar de 4 Slutningsværdier, der ere for lave paa Grund af svigtende Opmærksomhed, udskydes, bliver Middelafvigelsen mellem maalte og beregnede Værdier = 10.

Fra Begyndelsen af Periode III ophører den vilkaarlige Respiration, altsaa $R_k = 0$. Aandedrætsantallet er varierende alt efter Respirationsniveauets Størrelse; som Tilnærmelse kan sættes

$$n = 13{,}5 \cdot \frac{R}{106} \ldots \qquad (15)$$

I saa Fald har man

$$L = R \div \frac{180 \cdot 13{,}5 \cdot R}{60 \cdot 106} = \frac{65{,}5}{106} \cdot R \ldots$$

og Konstanterne a og b kan nu bestemmes for denne Periode: $a = 50{,}75$ og $b = 116{,}25$. V sættes som før $= 27000$ cm.^{3}. For $t = 0$ har man $L_a = 0$, svarende til den reflektorisk udløste Slutningsværdi fra Periode II. Respirationsligningen bliver da

$$\log \frac{R \times 270}{106 \div R} = 0{,}00375 \cdot t + 0{,}40648 \ldots \qquad (14c)$$

De herefter beregnede Værdier er opført i Tabellens 8de Kolonne. Middelafvigelsen mellem de maalte og beregnede Værdier bliver 3,7. At Middelfejlen under Periode III er mindre end under Periode II skyldes sikkert den Omstændighed, at Respirationen under Periode III forløber ganske automatisk, medens den under Periode II er en Funktion af den vilkaarlige Respirationsforøgelse. Som nævnt er der under hver af Forsøgets tre Perioder taget en Stikprøve af Expirationsluften. Man vil nu let med ovenstaaende Beregninger som Grundlag kunne beregne Kulsyreprocenten af Luftprøverne fra Periode II og III, naar man gaar ud fra den maalte Værdi af Kulsyreprocenten i Periode I.

Lad e og i være henholdsvis Expirationsluftens og Inspirationsluftens Kulsyreprocenter, saa vil Alveoleluftens Kulsyreprocent blive efter Bohr

$$c_a = \frac{R \cdot e \div \frac{n \cdot S}{60} \cdot i}{R \div \frac{n \cdot S}{60}} \ldots \qquad (5a)$$

Vi har ovenfor regnet $i = 0$, og naar den samme Simplifikation benyttes her faas for F. B.

$$c_a = \frac{R}{R \div 3n} \cdot e \ldots \qquad (5b)$$

Den første Luftprøve giver $e = 4{,}09$ %, altsaa $c_a = 6{,}63$ % og $a = 25{,}2$. Kulsyreprocenten for Periode II beregnes efter

$$e = \frac{\left(c_o + \frac{1}{a} \cdot L_a \div \frac{1}{a} \cdot L_o\right) \cdot L}{R} \ldots \qquad (16)$$

hvor man for L_a, L og R indsætter de beregnede Værdier svarende til det Tidspunkt — $t = 620$ — hvor Luftprøven er taget; her er $L_a = 0$, $L = 147$ og $R = 174$,

hvilket indsat i (16) giver $e = 3{,}40$. Kulsyreprocenten e for Periode III beregnes paa samme Maade med Værdierne $L_a = L = \frac{65{,}5}{106} \cdot 90$ og $R = 90$. Man faar heraf $e = 3{,}85\ ^0/_0$. I Tabel XX er de maalte og de beregnede Værdier af Kulsyreprocenterne opførte, hvoraf fremgaar, at Middelafvigelsen mellem disse kun beløber sig til $0{,}07\ ^0/_0$, saaledes at Overensstemmelsen maa siges at være upaaklagelig.

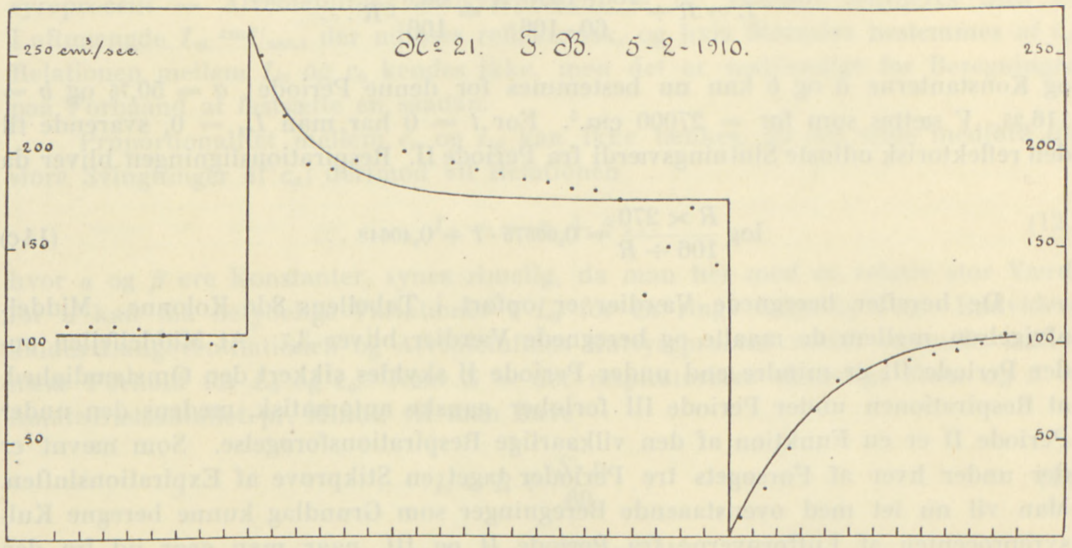


Fig. 9.

Bestemmes α og β af de fundne Værdier faar Relationen (12) mellem Alveoleluftens Kulsyreprocent og den reflektorisk udløste Lungeventilation følgende Form

$$L_a = 25{,}2 \cdot c_a \div 101{,}5\ ^{cm.^3}/_{sec.} \ldots \qquad (12\,a)$$

for Forsøgspersonen F. B.

Man vil bemærke, at det beregnede Lungevolumen $V = 27000$ cm.^{3} er henimod 10 Gange saa stort som det virkelige Lungevolumen; Aarsagen hertil maa søges i den Kendsgerning, at Alveoleluftens Kulsyrespænding korresponderer med Blodets Kulsyrespænding, hvad der regningsmæssigt set maa give et forøget Lungevolumen.

Forsøget er optegnet i Fig. 9. Tiden er afsat som Abscisse, Respirationsniveauet som Ordinat. Den optrukne Kurve angiver det beregnede Forløb af Respirationen, medens de maalte Resultater ere indtegnede som Punkter.

Lb. Nr. 22 F. B. 10—2—1910.

Vilkaarligt formindsket Respiration.

Forsøget er udført symmetrisk med det foregaaende. Under alle Forsøgets tre Perioder sad Forsøgspersonen i Ro. I første Periode respirerede Forsøgspersonen normalt. Respirationsniveauet svingede omkring 115; Aandedrætsantallet pr. Minut

var 13,5 og Exspirationsluftens Kulsyreprocent var 3,79. Under Periode II hæmmede Forsøgspersonen Respirationen saa meget, som det under de tilstedeværende Forhold var muligt. Respirationsniveauet sank derved straks ned til 20, for efterhaanden at stige op til 60—65. Aandedrætsantallet svingede omkring 2, og kan i den følgende Beregning tilnærmelsesvis sættes =

$$\frac{25}{60} R \ldots \qquad (15\,a)$$

En Stikprøve af Exspirationsluften viste 6,46 % Kulsyre. Fra Begyndelsen af Periode III ophørte Respirationshæmningen. Derved steg Respirationsniveauet strax op til 210, for derefter at falde regelmæssigt ned til ca. 105. Aandedrætsantallet sluttede med at være 13,5 og kan i Beregningen tilnærmelsesvis sættes =

$$\frac{13{,}5}{110} R \ldots \qquad (15\,b)$$

Exspirationsluftens Kulsyreprocent bestemtes ved en Stikprøve at være 3,77.

Tabel XXI.

Lb. Nr. 22 F. B. 10—2—1910

Periode I		Periode II				Periode III			
Respirationsniveau	Exspirationsluftens CO_2 %	Respirationsniveau		Exspirationsluftens CO_2 %		Respirationsniveau		Exspirationsluftens CO_2 %	
		maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.	maalt	ber.
113		20	9			210	178		
112		55	24			183	156		
110		60	35			155	141		
112		53	42			130	131		
113		50	48			118	125		
115	3,79	50	52			115	121		
115		50	54			115	117		
115		53	56			113	115	3,77	3,86
115		59	57			108	114		
115		64	58			103	113		
..		64	59			101	112		
..		58	59	6,46	6,91	105	111		
..		53	59			..	..		
..		56	60			..	..		
..		61	60			..	..		
..		64	60			..	..		
..		65	60			..	..		
..		65	60			..	..		
..		65	60			..	..		
..		65	60			..	..		

Respirationshæmningen voldte et ikke ringe Ubehag, saaledes at Forsøgspersonen kom i en let Sved; paa Forhaand kan man derfor vente flere Fejlkilder ved dette Forsøg end ved det foregaaende og følgelig mindre god Overensstemmelse mellem Maalinger og Beregninger.

Ligningen for Ventilationsvolumenets Variation med Tiden bliver som før

$$\frac{V}{0{,}87 \cdot b} \cdot \log \frac{L + a + b}{L + a \div b} \cdot \frac{L_o + R_k + a \div b}{L_o + R_k + a + b} = t \ldots \qquad (14)$$

men Konstanternes Værdier er selvfølgelig ændrede. Som anført er det normale Respirationsniveau i Periode I ca. 115 og i Slutningen af Periode III ca. 105; som Middeltal kan da sættes $R_o = 110$ og følgelig $L_o = 69{,}5$. Naar man endvidere gaar ud fra, at den maximale Respirationshæmning øjeblikkeligt sætter Ventilationsvolumenet ned til 0, har man $R_k = \div L_o = \div 69{,}5$. $a \times c_o$ bestemt ved (35) bliver

$= 162{,}1$, naar L_∞ sættes $= 52{,}5$. Herved bliver specielt for 2den Periode $a = 81{,}05$ og $b = 133{,}55$. V sættes som ovenfor tilnærmelsesvis $= 27000$ cm.^{3}. Ligning (14) antager da Formen

$$\log \frac{245 + R}{60 \div R} = 0{,}004301\, t + 0{,}61147 \ldots \qquad (14\,d)$$

naar L udtrykkes ved R. Heraf er de kontinuerlige Respirationsniveauer beregnede og opførte i Tabel XXI 4de Kolonne.

Middelafvigelsen mellem maalte og beregnede Værdier er for hele Perioden 6,5, men udskydes de 4 første Værdier synker Middelafvigelsen til 3,9.

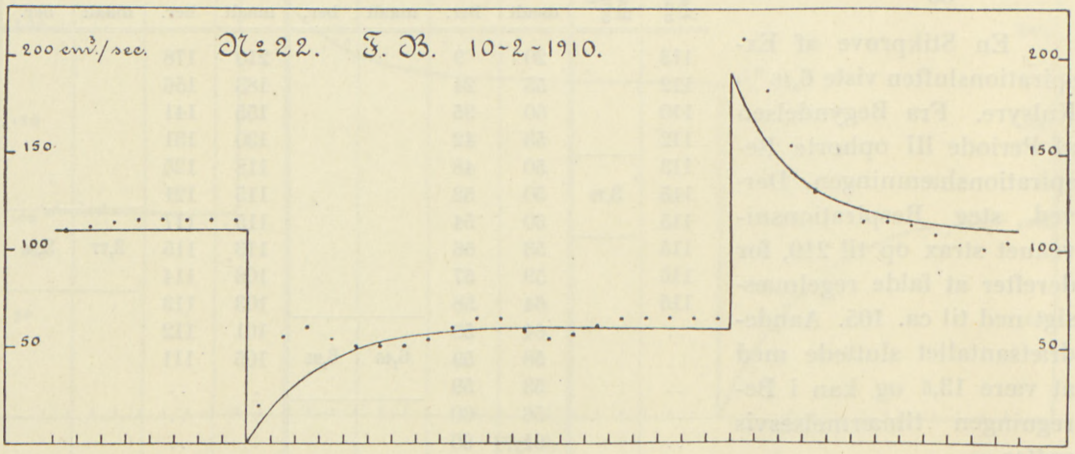


Fig. 10.

For Periode III, hvor Respirationen paany forløber uden vilkaarlig Indgriben, har man $a = 46{,}3$ og $b = 115{,}8$. Endvidere er Begyndelsesværdien for det reflektorisk udløste Ventilationsvolumen i Periode III = Slutningsværdien fra Periode II $= 52{,}5 \div R_k = 122$. Heraf bestemmes Ventilationsligningen til

$$\log \frac{R + 257}{R \div 110} = 0{,}003730\, t + 0{,}73331 \ldots \qquad (14\,e)$$

De af denne Ligning beregnede Respirationsniveauer er opført i Tabel XXI Kolonne 8. Middelafvigelsen for hele Perioden beløber sig til 10,3; men udskydes de første tre Værdier bliver Middelafvigelsen 5,7. Forsøget er optegnet i Fig. 10.

I Lighed med foregaaende Forsøg skal nu beregnes Exspirationsluftens Kulsyreprocenter paa de Tidspunkter, hvor Stikprøverne ere tagne. Luftprøven fra Periode I viste 3,79 % CO_2, hvortil svarer $c_0 = \frac{110}{69{,}5} \cdot 3{,}79 = 6{,}00$ % i Alveolerne; derved bestemmes α til 27,0. Exspirationsluftens Kulsyreprocent bestemmes af (16)

$$e = \frac{\left(c_0 + \frac{1}{\alpha} \cdot L_a \div \frac{1}{\alpha} \cdot L_0\right) \cdot L}{R}$$

hvor man for Periode II har $L = 51{,}6$, $L_a = 51{,}6 + 69{,}5$ og $R = 59$.

For Periode III er $L = \frac{69,5}{110} \cdot 115$, $L_a = \frac{69,5}{100} \cdot 115$ og $R = 115$.

De saaledes bestemte Kulsyreprocenter ere opførte i Tabel XXI. Medens den beregnede Kulsyreprocent passer meget godt for Periode III (Afvigelsen = 0,09 %), er der en ret væsentlig Afvigelse = 0,45 % for Periode II; men under Hensyn til de ganske abnorme Forhold, der fremkomme under den maximale Respirationshæmning i Periode II, vil der ikke være Grund til udfra den under denne Periode paaviste Afvigelse i Kulsyreprocenten at underkende Beregningens Berettigelse. For nærværende Forsøg haves $\alpha = 27,0$ og $\beta = \div 92,6$; Relationen mellem Alveoleluftens Kulsyreprocent og det reflektorisk udløste Ventilationsvolumen bliver da

$$L_a = 27,0 \cdot c_a \div 92,6 \ldots \qquad (12\,b)$$

der ikke afviger meget fra den tilsvarende Ligning (12a) fra foregaaende Forsøg. I Middel haves

$$L_a = 26,1 \cdot c_a \div 97 \ldots \qquad (12\,c)$$

eller naar L_a udtrykkes ved Respirationsniveauet R og c_a ved Exspirationsluftens Kulsyreprocent e

$$e = \frac{(R \div 3n + 97)(R \div 3n)}{26,1\,R} \ldots \qquad (16\,a)$$

Denne Ligning skulde angive Exspirationsluftens Kulsyreprocent for F. B. under Hvile og med normal Respiration, udtrykt ved Respirationsniveauet og Aandedrætsantallet pr. Minut. Nogen større Overensstemmelse kan dog ikke forventes, i Særdeleshed naar Formlen anvendes paa Maalinger, der ere adskilte ved længere Tidsrum; thi man maa erindre, at saavel Alveoleluftens Kulsyreprocent som Respirationsniveauet afhænge af flere Faktorer, som f. Eks. Barometerstanden, der ikke indgaa i Beregningerne, og som derfor kunne forrykke Grundlaget for disse.

Lb. Nr. 23 F. B. 16–11—1910.

Medens vi i de to foregaaende Forsøg have undersøgt Respirationsforstyrrelser, fremkaldte ved maximale vilkaarlige Ændringer af Respirationsniveauet, skulle vi her referere et Forsøg med vilkaarligt forøget Respiration, hvor Respirationsforøgelsen er mindre og omtrent svarer til den, som fremkommer ved de under 2det Afsnit omtalte psykologiske Forsøg.

Forsøget deltes i tre Perioder, og Exspirationsluften fra hver Periode opsamledes i Spirometre, ved hvilke Ilt- og Kulsyreprocenten bestemtes i Middeltal for hver Periode. Under Periode I og III forløb Respirationen normalt; Respirationsniveauets Middelværdi = 105 og Aandedrætsantallet pr. Minut = 14. Under de 7 første Aflæsninger af den mellemliggende Periode II forøgedes Respirationen vilkaarligt; Niveauet steg til 150—130 og Aandedrætsantallet til 16. Under Periodens resterende 10 Aflæsninger respireredes paany rent reflektorisk; Niveauet sank strax til 45 for derefter at stige, saaledes at det inden Periodens Slutning havde naaet

den normale Hvileværdi 105. Aandedrætsantallet kan tilnærmelsesvis sættes $= 14 \cdot \frac{R}{105}$. Med de ovenfor benyttede Betegnelser har man for dette Forsøg: $R_o = 105$; $L_o = 63$; $R_k = 55$; naar L_∞ endvidere skønnes at være 134, bliver Respirationsligningen for 1ste Afsnit af Periode II

$$\log \frac{R + 38}{R \div 134} = 0{,}00554 \cdot t + 0{,}80448 \ldots \qquad (14\,f)$$

idet V paa Grundlag af Prøveberegninger tilnærmelsesvis kan sættes $= 13500$ cm.^{3}.

Tabel XXII.

Lb. Nr. 23 F. B. 16—11—1910

Periode I			Periode II						Periode III		
Respirationsniveau	Exsp.-luftens O_2 %	Exsp.-luftens CO_2 %	Respirationsniveau		Exspirationsluftens				Respirationsniveau	Exsp.-luftens O_2 %	Exsp.-luftens CO_2 %
					O_2 %	CO_2 %	O_2 %	CO_2 %			
maalt	maalt	maalt	maalt	ber.	maalt	maalt	ber.	ber.	maalt	maalt	maalt
105			144	158			4,20		102		
105			146	148			3,70		105		
106			145	142			3,41		108		
108			141	139			3,27		110		
107			139	137			3,17		109		
108			135	136			3,13		108		
106			132	135			3,07		107		
105			45	64			3,03		106		
104	16,15	3,87	80	80	16,67	3,76	3,39	3,58	105	16,27	3,89
102			95	90			3,59		103		
104			100	96			3,73		102		
105			101	99			3,75		100		
105			104	102			3,81		102		
104			106	103			3,82		103		
102			109	104			3,83		105		
104			106	104			3,83		105		
105			105	105			3,88		105		
105			..	..			..		105		

De herefter beregnede Respirationsniveauer ere opførte i Tabellens 5te Kolonne. Efter at den vilkaarlige Respirationsforøgelse er ophørt, bliver Respirationsligningen

$$\log \frac{197 + R}{105 \div R} = 0{,}00583\, t + 0{,}68473 \ldots \qquad (14\,g)$$

idet det reflektorisk udløste Ventilationsvolumen L_a ved dette Afsnits Begyndelse findes at være $= 32$ cm.^{3}/sec. De herefter beregnede Værdier af R ere opførte i Tabellen. Naar man udskyder Begyndelsesværdien fra hvert Afsnit, bliver Middelafvigelsen mellem de maalte og beregnede Respirationsniveauer $= 2{,}4$ cm.^{3}/sec.

Forsøget er optegnet i Fig. 11.

Middeltallet af Exspirationsluftens Kulsyreprocent fra Periode I og III er $= \frac{3{,}87 + 3{,}89}{2} = 3{,}88 = c_0$. Paa Grundlag af denne kan Kulsyreprocenterne for Periode II beregnes ved (16); Beregningen er udført med 40 sec. Interval, svarende til hver Respirationsaflæsning, og de beregnede Værdier ere opførte i Tabellens 8nde Kolonne. Heraf er endvidere Exspirationsluftens Middelkulsyreprocent for hele Periode II beregnet til 3,58, medens Maalingen giver 3,76; at den maalte Værdi er højere, skyldes dels Stofskifteforøgelsen paa Grund af den forøgede Respiration, hvortil der ikke er taget Hensyn i Beregningen, og dels at det udskilte Kulsyreoverskud fra 2den Periodes 1ste Afsnit næppe er helt kompenseret under samme Periodes 2det Afsnit.

Man vil have bemærket, at „Lungevolumenet" V fra Forsøg Nr. 21 og Nr. 22 er dobbelt saa stort som i Forsøg Nr. 23.

Dette Forhold — at Volumenet V er jo større jo længere Respirationsforstyrrelsen varer — er det regningsmæssige Udtryk for, at der forløber en vis Tid,

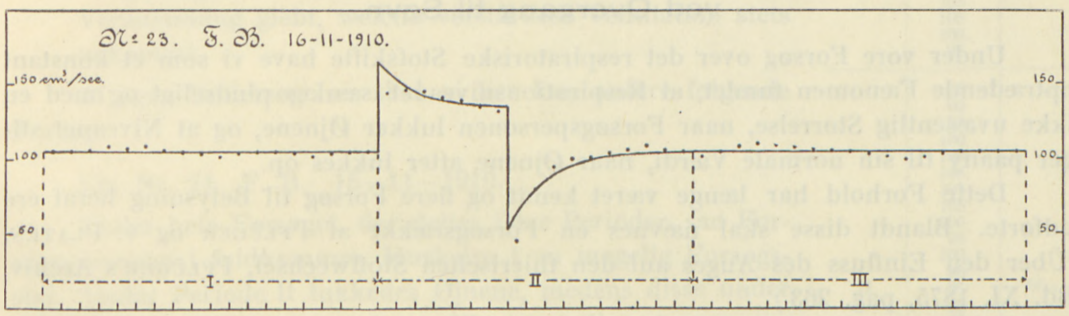


Fig. 11.

inden Kulsyreudvaskningen forplanter sig rundt til hele Organismen. For hvert Forsøg bliver der da at vælge en passende Middelværdi for V, alt efter Forsøgets Længde; men indenfor hvert Forsøg maa V variere paa samme Maade, saaledes at man begynder med en lille Værdi og ender med en stor Værdi for V. Hertil er der ikke taget Hensyn i ovenstaaende Beregning, der er gennemført med et konstant V; dette har bl. a. medført, at den beregnede Respirationskurve ikke krummer saa stærkt i Begyndelsen som den maalte, og at følgelig Afvigelserne her ere størst. Man kan korrigere Respirationsligningen i Overensstemmelse hermed ved at sætte V proportional med Tiden + en Konstant; Ligningen faar da følgende Form

$$\frac{R + k_1}{R + k_2} = k_3 \cdot t + k_4 \ldots \qquad (17)$$

Resultatet af Beregningerne kan sammenfattes:

Respirationen udløses reflektorisk med en saadan Størrelse, at Alveoleluftens Kulsyreprocent tilnærmelsesvis holdes konstant.

Indtræder der Forandringer i Alveoleluftens CO_2 %, indstiller Respirationen sig strax med en ny Værdi, der tilstræber at udligne Forandringerne. Naar c_a er Alveoleluftens CO_2 %, vil Ventilationsvolumenet L_a kunne udtrykkes tilnærmelsesvis ved $L_a = \alpha \cdot c_a + \beta$. Forøges eller formindskes Respirationen vilkaarligt, vil Organismens staaende Kulsyreoplag henholdsvis formindskes eller forøges. Forløbet heraf kan beregnes under den Forudsætning, at Organismen forholder sig som en Beholder med fri Kulsyre. Dog vil Beholdervolumenet V voxe med Tiden, svarende til at Ændringen i Organismens CO_2-Koncentration først efterhaanden forplanter sig til Periferien.

Respirationsændringer naar Øjnene tillukkes og ved Overgang til Søvn.

Under vore Forsøg over det respiratoriske Stofskifte have vi som et konstant optrædende Fænomen fundet, at Respirationsniveauet sænkes pludseligt og med en ikke uvæsentlig Størrelse, naar Forsøgspersonen lukker Øjnene, og at Niveauet stiger paany til sin normale Værdi, naar Øjnene atter lukkes op.

Dette Forhold har længe været kendt og flere Forsøg til Belysning heraf ere udførte. Blandt disse skal nævnes en Forsøgsrække af Pflüger og v. Platen, (Über den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel, Pflüger's Archiv, Bd. XI, 1875, pag. 263.)

Disse Forfattere har undersøgt det respiratoriske Stofskifte paa tracheotomerede Kaniner, hvis Øjne de afvekslende tilbandt og afdækkede. De fandt som Middeltal af en Række Enkeltforsøg med gennemsnitlig Varighed af ca. $^1/_2$ Time, at Kulsyreudskillelsen henholdsvis med utildækkede og med tilbundne Øjne forholdt sig som 114 : 100 og Iltoptagelsen som 116 : 100.

Forsøgsresultatet formuleres:

„Aus der Gesammtzahl der mitgetheilten Versuche geht hervor dass unter dem Einfluss des Lichtes durch die Erregung der Retina Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme eine erhebliche Steigerung erfahren",

hvad der maa forstaas derhen, at Forfatterne anser Stofskiftestigningen som en primær Virkning af Lysets Indflydelse paa Retina.

Mod denne Antagelse gør Speck (Physiologie des menschlichen Athmens, Cap. 11) med Rette gældende, at man som Forsøgene ere anlagte ingen Garanti har for, at Stofskiftestigningen ikke er en secundær Virkning, hidrørende fra Muskelspændinger; thi man kan med Sandsynlighed antage, at Dyrene under Lysets Paavirkning bliver livligere, og at de derved, selv om de for det meste vare bundne, gennem Muskelspændinger forøgede Stofskiftet. Speck anfører derefter 6

egne Forsøg, foretagne med SPECK som Forsøgsperson. Hvert af Forsøgene bestod af to Perioder paa ca. 11 Minutter, adskilte ved et Tidsrum paa ca. 15 Minutter. Under den ene Periode vare Øjnene tildækkede og under den anden vare de frie.

Enkeltforsøgenes Middeltal viste, at ved Overgang fra tildækkede til utildækkede Øjne steg Lungeventilationen med 7 %, Kulsyreudskillelsen med 4 % og Iltoptagelsen med 1 %. Af dette Resultat slutter SPECK, at hele Variationen i Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen udelukkende hidrører fra ændrede Ventilationsforhold, saaledes:

> dass das Licht auf unsere Stoffwechselvorgänge, soweit sie sich durch CO_2-Ausfuhr und O_2-Aufnahme zu erkennen geben, nicht den mindesten Einfluss übt, dass es aber vom Gehirn aus direct auf nervösem Weg das Athemcentrum anregt und so zu der unerheblichen Steigerung der CO_2-Ausscheidung und der O_2-Aufnahme Veranlassung giebt, welche verstärkter Ventilation stets zukommt.

Af egne Undersøgelser skal vi her kun anføre følgende Forsøg:

Lb. Nr. 24 F. B. 15—11—1910.

Under hele Forsøget, der deltes i tre Perioder, sad Forsøgspersonen i fuldkommen Muskelro i en magelig Forsøgsstol. Under Periode II lukkedes Øjnene, medens disse under Periode I og III holdtes aabne. Niveaumaalingerne ere opførte i Tabel XXIII og optegnede i Fig. 12; de øvrige Forsøgsresultater vil findes i Tabel XXIV.

Det vil ses, at Respirationsniveauets Værdi = 95,6 $^{cm.^3}/_{sec.}$ under Periode II er ca. 8,4 % lavere end Middelværdien $\frac{105,5 + 103,2}{2}$ $^{cm.^3}/_{sec.}$ for Perioderne I og III, og at den tilsvarende Sænkning for Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen beløber sig til henholdsvis 8,1 % og 6,2 %.

Under Periode I og III talte Forsøgspersonen Aandedrættene uden Vanskelighed, men under Periode II indtraadte under dette Forsøg en halvvaagen Bevidsthedstilstand, samtidig med at Øjnene lukkedes i, og under denne kunde Forsøgspersonen ikke samle Opmærksomheden saa meget, at han var i Stand til at gennemføre Tælningen af Aandedrættene, end ikke i 40 sec. Han forsøgte Gang paa Gang, men Tanken spredtes straks og først ved det paafølgende Klokkeslag vaktes Bevidstheden om at have glemt Tælnin-

Tabel XXIII.

Lb. Nr. 24 F. B. 15—11—10

Periode	Respirationsniveau $^{cm.^3}/_{sec.}$	Middelrespirationsniveau $^{cm.^3}/_{sec.}$
I	100, 100, 100, 100, 100, 105, 105, 110, 105, 110, 115, 110, 110, 110, 115, 110, 105, 105, 105, 105, 100, 95	105,5
II	85, 90, 95, 100, 100, 105, 105, 105, 100, 95, 100, 95, 95, 95, 95, 90, 95, 95, 90, 95, 90, 95, 95, 95, 90	95,6
III	100, 105, 110, 105, 105, 105, 105, 100, 100, 100, 100, 100, 105, 100, 100, 100, 105, 105, 105, 105, 105, 105	103,2

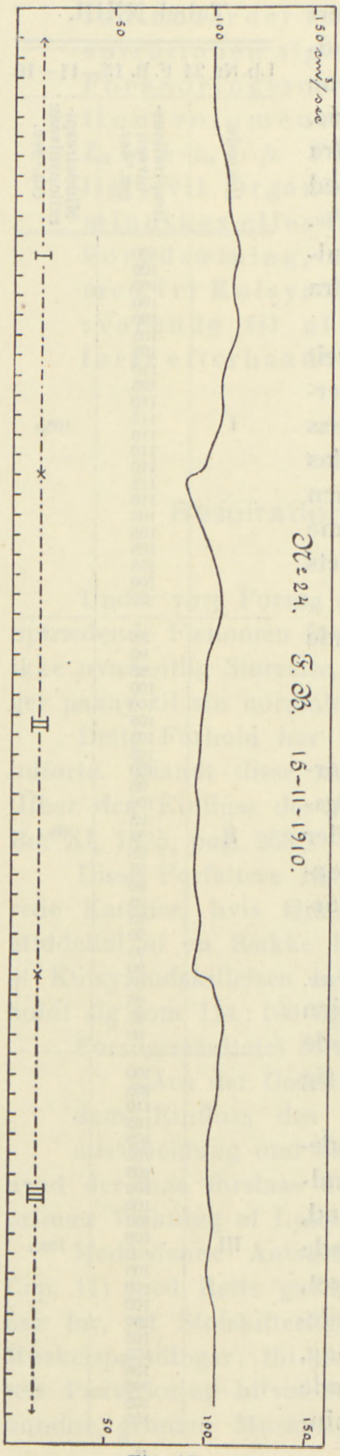


Fig. 12.

gen, hvorpaa han begyndte paany, men stadig uden Resultat. Paa Grundlag af Aandedrætsantallene fra Perioderne I og III er Alveoleluftens Kulsyreprocent be-

Tabel XXIV.

Lb. Nr. 24 F. B. 15—11—10

Periode	Periodens Varighed i sec.	Middelrespirationsniveau i cm.³/sec.	Exspirationsluftens Kulsyreprocent	Exspirationsluftens Iltprocent	Udskilt Kulsyre C cm.³/sec.	Optaget Ilt O cm.³/sec.	Respirationskvotient Q	Aandedrætsantal pr. Minut = n	Alveoleluftens Kulsyreprocent
I	880	105,5	3,765	16,460	3,79	4,80	0,790	13,0	5,87
II	1000	95,6	3,785	16,385	3,46	4,44	0,780	..	..
III	880	103,2	3,800	16,480	3,74	4,67	0,801	13,0	6,02

regnet for disse Perioder ved BOHR's Formel; de beregnede Værdier ere opførte i Tabel XXIV, sidste Kolonne. Det vil ses, at Alveoleluftens Kulsyreprocent er steget kendeligt under Forsøgets Forløb. Dette i Forbindelse med at man under Periode II finder den laveste Respirationskvotient, tyder hen paa, at Lungeventilationen under denne Periode har været mindre effektiv, og giver derved en delvis Bekræftelse paa SPECK's ovenfor omtalte Forklaring; men med SPECK at henføre Ventilationsændringen som eneste Aarsag til Variationerne i Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen, opfordrer nærværende Forsøg ikke til.

Forsøgsresultatet kan formuleres:

Naar Øjnene tillukkes, sænkes Respirationsniveauet, og samtidig formindskes Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen; disse Forandringer kan delvis tilskrives en mindre effektiv Lungeventilation.

Lb. Nr. 25. F. B. 10—6—1907

I Sammenhæng med ovenstaaende skal anføres et enkelt Forsøg over Respirationsforholdene ved Søvn.

Under den første Hvileperiode af et paabegyndt Forsøg faldt Forsøgspersonen i Søvn; Forsøgslederen bemærkede det straks, men lod Forsøgspersonen sove,

indtil denne efter ca. 15 Minutters Forløb paany vaagnede. De maalte Respirationsniveauer ere opførte i Tabel XXV og optegnede i Fig. 13. Periode II svarer til den Tid, i hvilken Forsøgspersonen sov, medens han under Periode I og III var vaagen; under alle tre Perioder sad Forsøgspersonen i samme Legemsstilling i Forsøgsstolen. Respirationen forløb i flere Henseender paa samme Maade som ved ovenstaaende Forsøg Nr. 24; saasnart Øjnene tillukkedes og Søvnen indtraadte, foregik straks en Sænkning af Respirationsniveauet; denne Sænkning, der beløber sig til ca. 14,5 % af Middelværdien for Respirationsniveauerne for Perioderne I og III, er væsentlig større end den tilsvarende Sænkning i forrige Forsøg. Der foreligger for dette Forsøg ingen Analyser af Exspirationsluften etc., men kun de anførte Niveaumaalinger, saa en Fortolkning af Resultatet maa ske med Varsomhed. Men man kan med nogen Sikkerhed antage, at den Formindskelse af Lungeventilationen der allerede kan spores ved at Øjnene tillukkes, yderligere gør sig gældende, naar der samtidig indtræder Søvn; saaledes at Niveausænkningen her i højere Grad end ved forrige Forsøg kan forklares som en Respirationsændring i Retning af mindre effektiv Lungeventilation.

Ved Siden af denne Overensstemmelse mellem Hovedforløbet af Respirationen under disse to Forsøg, vil man iagttage en ganske ejendommelig Forskel i Respirationstypen. Under hele Forsøget Nr. 24 samt under Periode I og III af nærværende Forsøg svinger Respirationskurven paa sædvanlig Vis, bølgeformet omkring en Middelværdi, men samtidig med at Søvn indtræder, ophører disse Uregelmæssigheder ganske, og Respirationen forløber derefter fuldkommen automatisk med konstant Niveauværdi.

Dette Forhold iagttages bedst af Tabel XXV, hvor Niveaumaalingerne ere opførte uden Udjævning; af de 22 Aflæsninger under Periode II ses de 19 alle at have Værdien 105 $cm.^3/_{sec.}$, og kun 3 Aflæsninger have Værdien 100 $cm.^3/_{sec.}$

Iagttagelsen af dette Forhold er kun støttet paa nærværende Enkeltforsøg, men det fremtræder ved dette saa afgørende, at der næppe kan være Tvivl om, at man her har paavist en karakteristisk Forskel i Respirationstypen under Søvn og vaagen Tilstand. Aarsagen til Respirationskurvens bølgeformede Karakter vil da rimeligt kunne søges i skiftende Bevidsthedstilstande, en Aarsag, der bortfalder under Søvn.

Tabel XXV.

Lb. Nr. 25 F. B. 10—6—1907

Periode	R $cm.^3/_{sec.}$	R_m $cm.^3/_{sec.}$
I	120	120,6
	125	
	125	
	120	
	120	
	125	
	115	
	120	
	115	
II	105	104,3
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	100	
	100	
	100	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
	105	
III	120	123,3
	135	
	125	
	130	
	120	
	125	
	125	
	120	
	110	

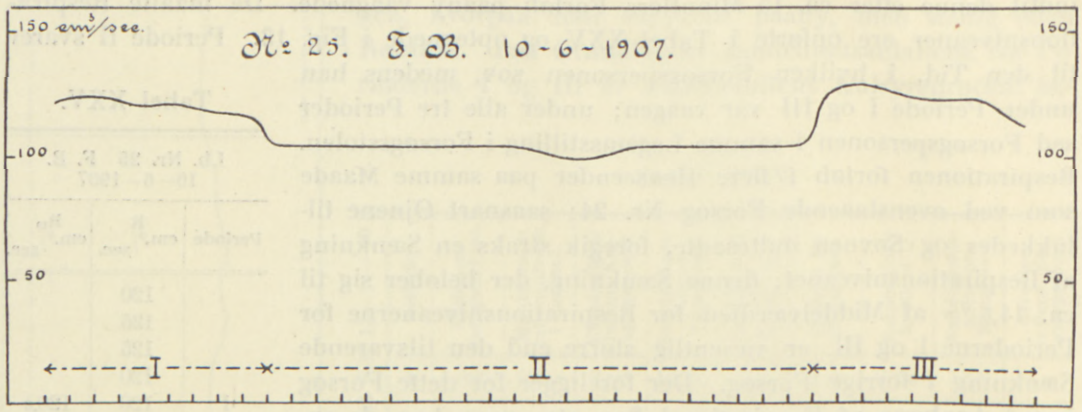


Fig. 13.

Men hvorvidt disse Respirationsbølger ere at opfatte som Udtryk for tilsvarende Stofskiftesvingninger eller blot hidrører fra en varierende Respirationsmekanik kan ikke afgøres ved disse Maalinger; sandsynligvis gør begge Forhold sig gældende.

Som Resultat fremsættes:

Under Hvile forløber Respirationen for en Forsøgsperson i vaagen Tilstand jævnt bølgeformet; ved indtrædende Søvn sænkes Respirationsniveauet, hvorefter Respirationen forløber med konstant Niveauværdi. Aarsagen til den bølgeformede Respiration under vaagen Tilstand og i Hvile maa delvis søges i skiftende Bevidsthedstilstande.

Andet Afsnit.

Aandeligt Arbejde og Stofskiftet.

Lehmann og Pedersen har paavist, at vi for Vanskeligheden af et aandeligt Arbejde har et subjektivt Maal i den Opmærksomhedsanspændelse, som Arbejdet kræver. Medens nogle af den Art Arbejder kun kommer i Stand ved en ret betydelig Anspændelse, vil andre derimod kunne udføres blot ved en ringe Opmærksomhedskoncentration, og disse sidste synes tilmed ikke at vinde i nogen Henseende derved, at Opmærksomheden koncentreres stærkere under Udførelsen.

De nævnte Forfattere kalde derfor den første Art Arbejder „Kraftydelser", den sidste „Præcisionsarbejder", da disse nærmest synes at være afhængige af den ved Øvelse erhvervede Finhed af den psykofysiologiske Organisation*). Senere har Lehmann nærmere gjort Rede for, at Forskellen mellem de to Arter af Arbejde i Hovedsagen beror paa Opmærksomhedens Distribution. Jo mere et aandeligt Arbejde kræver en Fordeling af Opmærksomheden, en samtidig Fastholden af et større Antal Tilstande i Bevidstheden, desto større bliver Opmærksomhedsanspændelsen. Drejer det sig derimod kun om at koncentrere Opmærksomheden paa en enkelt eller nogle faa Tilstande, saa synes den tilsigtede Virkning altid at kunne naas ved en næsten umærkelig Anspændelse**).

Disse Betragtninger har ledet os ved Valget af de aandelige Arbejder, vi have undersøgt.

Hvis aandeligt Arbejde overhovedet forudsætter en Dissociation af Hjærnens Biogener og dermed et forøget Stofskifte, saa er det indlysende, at dette lettest maa kunne paavises ved de Arbejder, hvor Opmærksomhedsanspændelsen er stor. Med den større Anspændelse følger nemlig i Almindelighed i en given Tid en større Træthed, og det maa paa Forhaand antages, at Fornemmelse af Anspændelse og Træthed især vil opstaa i de Tilfælde, hvor der stilles betydelige Krav til Organismen. I hvert Fald bliver det det naturligste Udgangspunkt for en Undersøgelse som den foreliggende at forudsætte: at Stofskiftet vil forøges desto mere, jo vanskeligere det aandelige Arbejde synes Individet.

*) Vejret og vort Arbejde. Kgl. danske Vidensk. Selsk. Skr., 7. Række. Naturv. og matem. Afd. IV, 2. pag. 58.
**) Grundzüge der Psychophysiologie. Leipzig 1912, pag. 529 o. f.

Da Anstrengelsen ved en psykisk Virksomhed, ifølge det ovenfor anførte, fortrinsvis er afhængig af Opmærksomhedens Distribution, saa maatte Valget af en bestemt Art aandeligt Arbejde til Undersøgelse naturligt falde paa den fra andre psykologiske Forsøg velkendte Udenadlæren af Remser af meningsløse Stavelser. Herved opnaas nemlig en dobbelt Fordel. For det første kan der tilvejebringes et overordentligt stort Antal Opgaver af ganske samme Vanskelighed, og for det andet kan man ved at gøre Remserne længere, forøge Opgavernes Vanskelighed jævnt og næsten ubegrænset. Dette Arbejde har derfor spillet Hovedrollen ved vore Forsøg og vil blive behandlet særskilt i det følgende Kapitel.

Ifølge Sagens Natur kunde vi imidlertid ikke blive staaende ved Undersøgelsen af en enkelt Art aandeligt Arbejde. Hvis vor Forudsætning: at Stofskiftets Forøgelse voxer med den subjektivt vurderede Vanskelighed af et Arbejde, er rigtig, saa maa det vise sig, at saadanne Virksomheder, der kræve den mindst mulige Distribution af Opmærksomheden og følgelig en næppe mærkelig Anspændelse, heller ikke medføre nogen maalelig Forøgelse af Stofskiftet. Denne Konsekvens burde naturligvis undersøges. Fremdeles laa det nær at bestemme Stofskiftet ved forskellige af de Arbejder, der hyppigt finde Anvendelse ved psykologiske Forsøg af forskellig Art, f. Eks. den fortløbende Addition af encifrede Tal, Gennemstregning af et opgivet Bogstav i en foreliggende Text osv. Da den relative Vanskelighed af saadanne Arbejder i Almindelighed let lader sig bestemme, kunde disse Maalinger yderligere tjene til at prøve Forudsætningens Rigtighed. I det foreliggende Kapitel skal der gøres Rede for Resultaterne af de hermed anstillede Forsøg.

Inden vi gaa over hertil, vil det imidlertid være nødvendigt at omtale forskellige Forsigtighedsforanstaltninger, som maa tages ved den Art Forsøg.

Det er allerede i det foregaaende ved Undersøgelserne over Muskelarbejdet paavist, at et nogenlunde nøjagtigt Udtryk for Stofskiftesvingningerne kun kan faas, naar Arbejdets Varighed ikke er for kort, mindst $^1/_2$ Time, og der tillige før og efter Arbejdet udføres Bestemmelser af Stofskiftet i fuldstændig Ro. Denne Forsøgsordning er derfor ogsaa gennemført ved Undersøgelserne over det aandelige Arbejde. Det viste sig nu straks, at det paa denne Maade var meget let at paavise en Forøgelse af den udaandede Kulsyremængde under aandeligt Arbejde, hvorimod en Sammenligning af de forskellige Arbejders Indflydelse paa Stofskiftet ingenlunde var nem; den krævede særlige Foranstaltninger.

Det laa nær at forsøge en saadan Sammenligning paa den Maade, at man i en Periode (paa 10 Minutter) udførte ét Arbejde, i en følgende Periode et andet Arbejde, osv. Da Aandedrætsvoluminets Størrelse stadig aflæstes og Udaandingsluftens Kulsyreprocent bestemtes særskilt for hver Periode, var det altsaa muligt ad denne Vej at finde den under hvert enkelt Arbejde udaandede Kulsyremængde. Vi vil imidlertid se i det følgende, at ét og samme Arbejde i de sukcessive Perioder giver meget forskellige Kulsyremængder, og disse Kulsyremængder staa ikke i noget konstant Forhold til Størrelsen af det Arbejde, der er udført i de enkelte Perioder. Heraf følger da ligefrem, at en Sammenligning mellem forskellige Ar-

bejder aldeles ikke lader sig udføre paa den Maade, at man veksler med Arbejdet fra Periode til Periode. Den i en saa kort Tid som 10 Minutter udaandede Kulsyremængde er ikke afhængig alene af det i den paagældende Tid udførte Arbejde.

Der bliver da kun den Vej at gaa, at man i hele Arbejdstiden, ca. $^1/_2$ Time, udelukkende udfører én Art Arbejde. Og da nu de praktiske Forhold, de talrige Luftanalyser, som hvert enkelt Forsøg krævede, udelukkede Muligheden af, at der kunde gennemføres mere end et Forsøg om Dagen, saa maatte altsaa de forskellige Arbejder, hvis Indflydelse paa Stofskiftet skulde maales, henlægges til forskellige Dage. Herved indførtes ganske vist en ny Fejl, idet Individets vekslende Disposition, der især ved de vanskeligere Arbejder spiller en ikke ringe Rolle, viste sig at influere paa Størrelsen af den udaandede Kulsyremængde og følgelig gjorde en Sammenligning mellem forskellige Arbejder usikker. Men den vekslende Disposition lader sig altid eliminere ved en tilstrækkelig hyppig Gentagelse af hvert enkelt Forsøg; saa denne Vanskelighed kan altsaa overvindes.

Da en Forsøgspersons tilfældige Disposition naturligvis i ikke ringe Grad er afhængig af, om han er frisk eller allerede tildels træt af Dagens Arbejde, vil man kunne sikre sig de mest ensartede Forhold og de gunstigste ydre Betingelser ved at henlægge Forsøgene til en bestemt Tid af Dagen, helst til Morgentimerne. Alle vore afgørende Forsøg med aandeligt Arbejde er derfor anstillede om Morgenen Kl. 9—11, hvor Forsøgspersonerne vare fuldstændigt udhvilede og ikke havde udført andet Arbejde. Det var yderligere vedtaget, at de, for at kunne møde saa vel disponerede som muligt, skulde sørge for at faa den fornødne Søvn om Natten før hver enkelt Forsøgsdag. Det viste sig virkeligt, at der paa denne Maade tilvejebragtes en Ensartethed i Resultaterne, som det ikke havde været muligt at opnaa, saalænge Forsøgene udførtes paa mere tilfældige, senere Tider af Dagen.

At der var draget Omsorg for den størst mulige Stilhed og Ro under Forsøgene, behøver næppe at omtales. Men til Trods for al Paapassenhed fra de Assisterendes Side ere tilfældige ydre Forstyrrelser, der kunne bringe Forsøgspersonen i Affekt, ingenlunde udelukkede, og under saa langvarige Forsøg, som de her foreliggende, er det næsten uundgaaeligt, at der ikke nu og da skulde indtræffe noget af den Art.

Hvis Forsøgspersonerne nu ikke ere øvede i Selviagttagelse, vil Forsøg behæftede med Fejl af denne Oprindelse blive betragtede som fuldstændig vellykkede, og derved kan meget let al Lovmæssighed blive udvisket, især da hvert enkelt Forsøg kræver saa lang Tid, at det er umuligt at eliminere større tilfældige Fejl ved at tage Middeltal af et stort Antal Enkeltbestemmelser.

Selviagttagelsen spiller med andre Ord ved disse Forsøg en lige saa væsenlig Rolle som ved alle andre psykologiske Experimenter; og de to Forsøgspersoner: A. L. og S. N., der medvirkede ved alle de afgørende Forsøg, vare da ogsaa vel øvede i Selviagttagelse.

Foran Forsøgspersonen stod et lille Bord med skraa Plade, der lod sig dreje i forskellige Retninger, saa at den kunde bringes i den mest bekvemme Stilling.

Paa Bordet laa Regnehæftet eller hvad Forsøgspersonen i det enkelte Experiment skulde beskæftige sig med, og tillige et Stykke Papir, hvorpaa han kunde notere det nødvendigste. Med dette som Støtte for Hukommelsen blev den nærmere Redegørelse efter Forsøgets Slutning dikteret til Protokollen. Som vi senere skal se, har saadanne smaa Skrivebevægelser, som Notaterne krævede, ingen som helst maalelig Indflydelse paa Stofskiftet.

Naar Forsøgene, som omtalt, kontrolleres ved Selviagttagelsen, vil det Experiment, hvorunder en Sindsbevægelse eller en anden tilfældig Forstyrrelse har gjort sig gældende, ganske vist være mislykket for saa vidt, som det ikke giver Svar paa det, der ønskedes undersøgt. Men netop et saadant Forsøg kan i anden Henseende være overordentlig vellykket, fordi udprægede Affekter slet ikke ere saa lette at fremkalde experimentalt, hvorfor de lejlighedsvis opstaaede blive saa meget mere værdifulde.

Exempelvis skal her anføres Resultaterne af nogle enkelte, med Affekt behæftede Forsøg. Disse Exempler vil være tilstrækkelige til at vise Forskellen mellem en Sindsbevægelse og det emotionelt indifferente, aandelige Arbejde, og heraf vil yderligere fremgaa, hvor fuldstændigt al Lovmæssighed kan udviskes, hvis en ikke kontrolleret Affekt faar Lov til at indsnige sig mellem andre, „vellykkede" Forsøg.

I Løbet af 8 Minutter lærte Forsøgspersonen A. L. en 8-, en 10- og en 12-Stavelsers Remse udenad. Det var en ny Forsøgsordning, der skulde prøves, og Forsøgspersonen var ængstelig for, om Forsøget vilde lykkes eller ikke. I det følgende Kapitel vil det ses, at Udenadlæren af en 12-Stavelsers Remse for denne Person medfører en Forøgelse af den udaandede Kulsyremængde paa 0,61 cm.^{3} Kulsyre pr. sec, medens de kortere Remser medføre en betydeligt mindre Kulsyreudskillelse.

Ved det nævnte Forsøg var Forøgelsen derimod 2,79 cm.^{3} pr. sec., saa at her altsaa kommer et Overskud paa 2,18 cm.^{3}, der udelukkende maa henføres til Sindsbevægelsen. I et andet Forsøg lærte samme Forsøgsperson i en halv Time 8-Stavelsers Remser. Normalt medfører dette Arbejde hos denne Person en Forøgelse paa 0,53 cm.^{3} Kulsyre pr. sec. Men netop i det Øjeblik, hvor Arbejdet begyndte, tabte en af de Assisterende et Glasrør paa Gulvet. Følgen af hans Ubehændighed var en ret alvorlig Vrede hos Forsøgspersonen; Affekten holdt sig trods Arbejdet, saalænge dette varede, og Resultatet var gennemsnitlig 1,135 cm.^{3} Kulsyre pr. sec. i Stedet for det normale 0,53.

Her er altsaa et Overskud paa 0,60 cm.^{3}, som maa hidrøre fra Sindsbevægelsen. Betydelige Forstyrrelser, der influerer stærkt paa Kulsyreudskillelsen, kunne imidlertid fremkomme ved meget mindre Aarsager end en Sindsbevægelse; selv en legemlig Ubehagelighed kan paavises. Under et Forsøg, hvor S. N. var beskæftiget med et let Muskelarbejde, begyndte det at klø paa Næsen under Masken, saa at denne Ulempe ikke lod sig afhjælpe uden en fuldstændig Afbrydelse af Experimentet.

Normalt medførte det paagældende Muskelarbejde en Forøgelse af circa 0,32 cm.^{3}

Kulsyre pr. sec., medens der i de 7 Minutter, hvor Kløen gjorde sig gældende, kom en Forøgelse paa 0,62 cm.^{3} pr. sec. Denne lille Ubehagelighed har altsaa paa det nærmeste fordoblet Kulsyremængden.

Disse Exempler vise tydeligt nok, at man end ikke ved tilsyneladende rent fysiologiske Forsøg, naar disse anstilles med Mennesker, tør ignorere de sjælelige Momenter.

Idet vi nu ville gaa over til at fremstille Resultaterne af vore Forsøg, begynde vi med en Redegørelse for det rent faktiske, som umiddelbart fremgaar af Maalingerne. Derefter følger en Diskussion af disse Resultater med det Formaal at finde Aarsagerne til de under de forskellige Arbejder udskilte Kulsyremængder.

Som umiddelbart empirisk Resultat af vore Undersøgelser fremgaar Rigtigheden af den ovenfor fremsatte Antagelse: at den ved et aandeligt Arbejde fremkaldte Forøgelse af den udaandede Kulsyremængde er desto større, jo større Opmærksomhedsanspændelse det paagældende Arbejde kræver. Forsøgene bekræfter, som vi nu skulle se, i et og alt og paa forskellige Maader denne Sætning.

Fra det daglige Liv er det velkendt, at man ganske tankeløst kan læse en foreliggende Text højt uden i mindste Maade at forstaa Indholdet. En saadan Virksomhed kræver aabenbart et Minimum af Opmærksomhedsanspændelse, idet kun de enkelte Ord skulle opfattes, hvorefter Synsbilledet direkte reproducerer de nødvendige Talebevægelser. Som aandeligt Arbejde betragtet er dette altsaa et typisk Præcisionsarbejde, idet Opmærksomhedens Distribution er den mindst mulige, og det er derfor at vente, at Kulsyreforøgelsen bliver overmaade ringe. Da en saadan „Læsning uden Forstaaelse" tilmed indgaar som Led i Arbejdet ved Udenadlæren af meningsløse Stavelser, laa det nær særskilt at bestemme denne Virksomheds Indflydelse paa Kulsyreudskillelsen. Vi benyttede hertil de Remser af meningsløse Stavelser, der vare lærte udenad ved Associationsforsøgene. Forsøgspersonen læste dem i Takt efter en Metronom og udførte de samme svage Talebevægelser og Taktslag med Hovedet, der uundgaaeligt indfinde sig, naar Remserne læres. Idet disse Bevægelser nu ogsaa udføres ved Læsning uden Udenadslæren, faar man et Overblik over, hvor stor Indflydelse de kunne have paa Kulsyreudskillelsen.

I Tabel XXVI er gengivet Resultaterne af to saadanne Forsøg, Nr. 26 og 27, med A. L. og S. N. som Forsøgspersoner. Det ses at Kulsyreforøgelsen i begge Forsøgs Periode I er paa Grænsen af det maalelige; hvor det drejer sig om saa smaa Størrelser, vil selv en ganske lille Fejl i Kulsyreprocenten let kunne føre til negative Værdier for Kulsyreforøgelsen.

I de to følgende Perioder voxer denne Størrelse ganske vist stadigt, men Middeltallene for hele Arbejdstiden, 0,11 og 0,06 $^{cm.^3}/_{sec.}$, ere dog langt under de Værdier, der ere fundne for de andre undersøgte Arbejder, tiltrods for de forskellige medvirkende Muskelbevægelser. Disse Maalinger godtgøre altsaa, at den ovenfor anførte Sætning virkelig gælder lige til Grænsen:

en psykisk Virksomhed, som ingen Opmærksomhedsanspændelse kræver, medfører heller ikke nogen maalelig Forøgelse af den udskilte Kulsyremængde.

Talrige Forsøg ere udførte med Regneopgaver af forskellig Art, især med fortløbende Additioner af encifrede Tal efter KRAEPELIN's Metode. Da man ved disse Additioner overhovedet ikke naar en større Sum end 108, er det et ganske begrænset Antal Regninger, der kunne komme til at foreligge. Jo mere øvet Forsøgs-

Tabel XXVI.

Lb. Nr.		Periode	Arbejdets Art	Vol. cm.³/sec.	% CO_2	CO_2 cm.³/sec.	ber. Fald af CO_2	cm.³ CO_2 ved Arbejde	Middel
26.	A. L. $^{23}/_{4}$ 1912	Hvile	Læsning af meningsløse Stavelser uden Udenadlæren.	150,7	2,825	4,26			
		I		164,0	2,605	4,27	4,24	0,03	0,11
		II		166,5	2,575	4,29	4,20	0,09	
		III		171,4	2,545	4,36	4,15	0,21	
		Hvile		151,1	2,730	4,13			
27.	S. N. $^{21}/_{5}$ 1912	Hvile	do.	145,3	3,410	4,96			
		I		156,8	3,095	4,86	4,85	0,01	0,06
		II		139,7	3,340	4,67	4,63	0,04	
		III		146,0	3,105	4,53	4,41	0,12	
		Hvile		111,8	3,845	4,30			

personer blive, desto mere vil den hele Virksomhed nærme sig en ren Reproduktion, idet Summen umiddelbart fremkaldes i Bevidstheden af de foreliggende Addender*). For samme Forsøgsperson maa Arbejdet derfor med voxende Øvelse stadig blive lettere, og Kulsyreforøgelsen stadig mindre, medens forskellige Forsøgspersoner utvivlsomt maa give desto større Forøgelse af Stofskiftet, jo mindre øvede de ere, og jo større Anspændelse Arbejdet kræver. Netop dette fremgaar af Maalingerne.

I Tabel XXVII er gengivet fire Forsøg, Nr. 28—31, med A. L. og et, Nr. 32, med S. N. Den førstnævnte havde systematisk i flere Aar drevet Additionsøvelser i andet Øjemed, men var, da det første Forsøg af denne Art anstilledes (8—2—1911), ikke særlig trænet. I Løbet af Foraaret blev Øvelsen lejlighedsvis genoptaget og var ret stor ved de tre sidste Forsøg. Tabel XXVII viser nu, at der er en meget betydelig Forskel mellem Forsøget den 8—2 og de tre i Juni; ved de sidstnævnte er ikke blot Antallet af Additioner betydelig større, men ogsaa Kulsyreproduktionen betydelig mindre end ved det første Forsøg. Yderligere ses det, at Antallet af udførte Additioner voxer noget fra 17—6 til 24—6, og at Kulsyreproduktionen desuagtet stadig aftager. Og sammenholder man Værdierne for A. L. med dem for S. N., som ingen særlig Øvelse besad i denne Art Arbejde, saa ses hans Additions-

*) Lehmann og Pedersen, anf. Skrift. pag. 59.

tal at være noget ringere, Kulsyreforøgelsen derimod 4 Gange saa stor som Middeltallet af de tilsvarende Værdier for A. L. Alle de anførte Konsekvenser af den opstillede Sætning bekræftes saaledes ved disse Forsøg.

Men endnu paa mange andre Maader lader dens Gyldighed sig dokumentere. Naar man bliver træt ved fortsat Arbejde af en og samme Art, kræver dette en

Tabel XXVII.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm.³/sec.	% CO_2	CO_2 cm.³/sec.	ber. Fald af CO_2	cm.³ CO_2 ved Arbejde	Middel
28	A. L. 8/2 1911	Hvile		156,0	2,705	4,22			
		I	948 Additioner	150,8	3,210	4,84	4,20	0,64	0,563
		II	946 —	147,5	3,120	4,60	4,16	0,44	
		III	866 —	152,5	3,100	4,73	4,12	0,61	
		Hvile		156,6	2,620	4,10			
29	A. L. 17/6 1911	Hvile		135,7	2,87	3,89			
		I	960 Additioner	132,0	3,10	4,09	3,82	0,27	0,253
		II	896 —	125,0	3,06	3,82	3,67	0,15	
		III	814 —	125,6	3.07	3,86	3,52	0,34	
		Hvile		124,0	2,78	3,45			
30	A. L. 20/6 1911	Hvile		148,3	2,800	4,15			
		I	1059 Additioner	143,5	3,025	4,34	4,08	0,26	0,190
		II	964 —	131,2	3,080	4,04	3,96	0,08	
		III	912 —	131,8	3,080	4,06	3,83	0,23	
		Hvile		132,0	2,850	3,76			
31	A. L. 24/6 1911	Hvile		159,3	2,860	4,55			
		I	1009 Additioner	146,8	3,260	4,79	4,54	0,25	0,177
		II	954 —	146,8	3,180	4,67	4,53	0,14	
		III	948 —	147,2	3,175	4,66	4,52	0,14	
		Hvile		151,5	2,985	4,52			
32	S. N. 8/4 1911	Hvile		157,6	3,050	4,81			
		I	863 Additioner	202,6	3,190	6,47	4,72	1,75	1,23
		II	841 —	192,9	2,930	5,65	4,53	1,12	
		III	845 —	180,7	2,860	5,17	4,35	0,82	
		Hvile		139,4	3,055	4,26			

stadig voxende Opmærksomhedsanspændelse, og Aarsagen hertil lader sig i Almindelighed uden Vanskelighed paavise ved Selviagttagelse. Saaledes mærker man f. Eks. ved den fortløbende Addition, at denne pludselig gaar istaa; man kan ikke umiddelbart reproducere Summen af de foreliggende Addender, men maa regne sig til Resultatet gennem visuelle Hjælpeoperationer eller ad anden Vej. Ved disse

Standsninger, der ved voxende Træthed blive stadig hyppigere, sinkes Arbejdet, saa at man udfører færre Additioner i en given Tid, og desuden kræve de egenlige Regneoperationer naturtigvis en større Anspændelse end den rent mekaniske

Tabel XXVIII.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm.³/sec.	% CO_2	CO_2 cm.³/sec.	ber. Fald af CO_2	cm.³ CO_2 ved Arbejde	Middel
33	A. L. 30/4 1912	Hvile		145,5	2,770	4,03			
		I	901 Additioner	158,0	2,850	4,50	4,02	0,48	0,313
		II	802 —	144,0	2,930	4,22	4,00	0,22	
		III	821 —	149,0	2,840	4,23	3,99	0,24	
		IV	844 —	152,5	2,850	4,35	3,98	0,37	
		V	819 —	154,5	3,010	4,65	3,96	0,69	
		Hvile		140,7	2,805	3,95			
34	A. L. 29/5 1912	Hvile		155,7	2,900	4,51			
		I	940 Additioner	149,3	3,150	4,71	4,48	0,23	0,227
		II	902 —	145,6	3,130	4,56	4,42	0,14	
		III	874 —	150,0	3,110	4,67	4,36	0,31	
		IV	890 —	148,3	3,160	4,69	4,30	0,39	
		V	903 —	149,0	3,165	4,72	4,24	0,48	
		Hvile		149,3	2,820	4,21			

Reproduktion. Det maa altsaa ventes, at Additionen med voxende Træthed vil medføre en voxende Forøgelse af den udskilte Kulsyremængde. At det virkelig forholder sig saaledes, fremgaar af Tabel XXVIII, der gengiver to Forsøg, Nr. 33 og

Tabel XXIX.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm.³/sec.	% CO_2	CO_2 cm.³/sec.	ber. Fald af CO_2	cm.³ CO_2 ved Arbejde	Middel
35	A. L. 15/2 1911	Hvile		152,7	2,515	3,84			
		I	47 Multiplikationer	164,5	2,750	4,52	3,81	0,71	0,647
		II	51 —	158,3	2,785	4,41	3,74	0,67	
		III	50 —	164,8	2,565	4,23	3,67	0,56	
		Hvile		148,8	2,525	3,64			
36	S. N. 5/4 1911	Hvile		161,1	3,215	5,20			
		I	47 Multiplikationer	188,5	3,640	6,86	5,12	1,73	1,28
		II	48 —	170,7	3,580	6,11	4,96	1,15	
		III	45 —	155,3	3,720	5,78	4,81	0,97	
		Hvile		145,3	3,255	4,73			

34, med A. L. Disse adskille sig fra de tidligere Additionsforsøg udelukkende derved, at Arbejdet blev fortsat i 50 Minutter. Resultatet er i begge Forsøg ganske det samme. Det udførte Antal Additioner synker allerede i Periode II ret betydeligt

og er derefter nærmest konstant. Kulsyremængden synker ligeledes i Periode II, men voxer derefter ret jævnt i alle følgende Perioder i Overensstemmelse med den voxende Træthed.

En Sammenligning af forskellige Arter af Arbejde viser ligeledes, at det, der subjektivt vurderes som det vanskeligste, ogsaa medfører den største Kulsyreudskillelse. Medens A. L. som sagt var meget øvet i Addition, havde han kun haft ringe Øvelse i Multiplikation i Hovedet; S. N. havde derimod tidligere haft en Del Færdighed deri, saa at han ikke fandt det vanskeligere end Additionen. Der anstilledes derfor to Forsøg, Nr. 35 og 36, med Multiplikation af 2-ciffrede Tal, der skulde multipliceres saa hurtigt og sikkert som muligt. Resultatet blev ikke nedskrevet, saa at altsaa alle Muskelbevægelser med Undtagelse af de minimale Talebevægelser her vare undgaaede. Tabel XXIX viser Resultaterne.

Antallet af Multiplikationer er omtrent det samme for begge Forsøgspersoner, men den mindre øvede Regner S. N. har produceret 2 Gange saa megen Kulsyre som A. L. Og i Overensstemmelse med, at S. N. ikke fandt Multiplikationen vanskeligere end Additionen, er Kulsyremængden i hans to Forsøg (jvf. Tabel XXVII) ganske den samme, medens A. L. kan addere i en halv Time med en Kulsyreproduktion, der kun er det halve af Multiplikationens. De større Værdier for Kulsyremængden i Tabel XXVIII kan naturligvis ikke regnes med ved denne Lejlighed, da de ere fremkomne under ganske særlige Forhold. Endnu skal blot anføres to Forsøg, Nr. 37 og 38, der vel ikke direkte kunne sammenlignes med de foregaaende, men have Interesse derved, at de angaa en ved psykologiske Experimenter ofte anvendt Art af Arbejde, nemlig Gennemstregning af et bestemt Bogstav i en foreliggende Text. At sammenligne Vanskeligheden af dette Arbejde f. Eks. med Additionens er ikke muligt, dertil er de to for forskellige. Men helt uden Anspændelse gaar Gennemstregningen ikke, naar man vil udføre den saa hurtigt som muligt, fordi man i saa Fald maa sammenligne et større Antal Bogstaver paa en Gang. Med A. L. som Forsøgsperson anstilledes to Forsøg af denne Art. I det første gennemstregede Forsøgspersonen alle e-erne og optalte samtidig Antallet af gennemstregede Bogstaver i hver 10 Minuter. Da de smaa hurtige Muskelbevægelser imidlertid viste sig at være meget trættende i Længden, hvorved der dels indførtes en det psykiske Arbejde uvedkommende Faktor og dels foraarsagedes en ikke ringe Forsinkelse af Arbejdet, saa blev Forsøget gentaget paa den Maade, at alle e-erne blot bleve optalte, uden at der fandt nogen Gennemstregning Sted. Resultaterne fremgaa af Tabel XXX.

Ved den blotte Optælning naas der, som det vil ses, omtrent 30 % flere Bogstaver, end hvis disse tillige skal gennemstreges, men Kulsyremængden er kun 20 % større. Naturligvis kan der ikke drages sikre Slutninger af et saadant Par enkelte Forsøg, hvor mangehaande tilfældige Omstændigheder kunne have gjort sig gældende, men saa meget fremgaar da i hvert Fald af disse Forsøg, at de smaa Skrivebevægelser, selv om disse i Længden ere trættende, ingenlunde medføre en saa stor Kulsyreudvikling, at de maskere de fra det aandelige Arbejde hidrørende Stofskifteforandringer.

Hermed er der gjort Rede for de væsenligste af de ved Forsøgene fundne Kendsgerninger, og Spørgsmaalet bliver da: fra hvilke Organers Virksomhed maa den Forøgelse af Kulsyremængden, som findes under det aandelige Arbejde, antages at hidrøre?

At den ikke udelukkende hidrører fra Hjærnens Arbejde, fremgaar af alle de i det foregaaende anførte Maalinger. Thi i saa Fald maatte der aabenbart være

Tabel XXX.

Lb.Nr.		Periode	Arbejde pr. 10 Min.	Vol. cm.³/sec.	% CO_2	CO_2 cm.³/sec.	ber. Fald af CO_2	cm.³ CO_2 ved Arbejde	Middel
37	A. L. 1/5 1912	Hvile		160,5	2,875	4,62			
		I	415 e-er streget	174,1	2,695	4,69	4,58	0,11	0,266
		II	422 —	178,5	2,745	4,90	4,49	0,41	
		III	463 —	176,5	2,650	4,68	4,40	0,28	
		Hvile		152,9	2,850	4,36			
38	A. L. 8/5 1912	Hvile		149,8	3,080	4,57			
		I	566 e-er optalt	183,0	2,700	4,94	4,57	0,37	0,317
		II	550 —	172,7	2,815	4,86	4,57	0,29	
		III	560 —	170,0	2,865	4,87	4,58	0.29	
		Hvile		158,3	2,895	4,58			

Proportionalitet mellem Størrelsen af de i de enkelte Perioder udførte Arbejder og de tilsvarende Kulsyremængder, men dette forekommer ikke nogetsteds. Tydeligst ses det af Tabel XXVII, hvor vi i Antallet af de præsterede Additioner har et utvivlsomt Maal for Arbejdsydelsen. Sættes Antallet i hvert enkelt Forsøgs Peri-

Tabel XXXI.

Lb. Nr.	Dato	Antal Additioner			CO_2 Udviklingen		
		I	II	III	I	II	III
28	8/2 1911	1	0,998	0,941	1	0,687	0,954
29	17/6 —	1	0,934	0,848	1	0,556	1,258
30	20/6 —	1	0,910	0.863	1	0,308	0,885
31	24/6 —	1	0,947	0,940	1	0,560	0,560
	Middel	1	0,947	0,891	1	0,528	0,914

ode I lig 1, og beregnes de to andre Perioders Forhold hertil, finder man de i Tabel XXXI angivne Tal for de fire af A. L. udførte korte Additionsforsøg.

Beregnes yderligere paa tilsvarende Maade Forholdet mellem Kulsyreforøgelserne i de tre Perioder, faas den anden Række Forholdstal i Tabel XXXI. Hvis nu det i hver enkelt Periode udaandede Overskud af Kulsyre ligefrem svarede til — produceredes ved — Hjernens samtidige Arbejde, saa maatte de sammenhørende Rækker af Forholdstal stemme overens, hvad de slet ikke gøre. Medens Antallet af

Additioner aftage ret jævnt gennem alle tre Perioder, har Kulsyreudskillelsen sit Minimum i Periode II. Her er altsaa ganske sikkert andre Momenter medvirkende end netop Hjernearbejdet. Nu ere imidlertid saavel Muskelbevægelser som Muskelspændinger (Forandringer af Muskeltonus) uundgaaelige ved aandeligt Arbejde, og fra de foregaaende Undersøgelser over Muskelarbejdet ved vi, at Forandringer i Lungeventilationens Intensitet kan medføre Svingninger i den under iøvrigt ensartede Forhold udaandede Kulsyremængde. Betydningen af disse forskellige Faktorer maa da undersøges hver for sig.

Hvad nu først de Muskelbevægelser angaar, som paaviseligt ere blevne udførte under det aandelige Arbejde, saa fremgaar det af de anførte Forsøg, at deres Indflydelse overhovedet næppe er maalelig. De fleste Muskelbevægelser ere nemlig blevne udførte ved Læsningen af meningsløse Stavelser. Foruden Talebevægelser og Taktslag med Hovedet var her ogsaa en stadig Virksomhed af højre Haand, som vendte de i en Bunke liggende Kartonstriber, hvorpaa Remserne vare skrevne. Men netop ved disse Experimenter var Kulsyreudviklingen mindst, og overhovedet næppe maalelig (Tabel XXVI), medens den var størst ved Multiplikationerne (Tabel XXIX), hvor Forsøgspersonen var i fuldstændig legemlig Ro, og hvor der ikke forekom andre Mulkelbevægelser end de, der ledsage den motoriske Udførelse af en Hovedregningsopgave. Ligeledes er det allerede omtalt, at Kulsyreudviklingen var mindre ved det Forsøg (se Tabel XXX), hvor e-erne blev overstregede end ved det, hvor de blot blev optalte. Af alt dette fremgaar tydeligt nok: at de minimale Tale-, Skrive- og Taktbevægelser, som have fundet Sted under de forskellige aandelige Arbejder, have en aldeles forsvindende Indflydelse paa Stofskiftet.

For at komme paa det rene med Muskelspændingernes Indflydelse anstillede vi forskellige Experimenter (Forsøg Nr. 39). Forsøgspersonen A. L. holdt i en halv Time afvexlende højre Arm, venstre Arm, højre Ben og venstre Ben vandret udstrakt, hver i 40 sec. Da hvert af Lemmerne hvilede i 120 sec., medens de andre afvexlende holdtes udstrakte, var der selv ved Forsøgets Slutning ingen Træthed at spore, og Spændingen i de Muskler, der holde det enkelte Lem udstrakt, er i det hele næppe mærkelig.

Men det er ogsaa ret betydelige Muskelgrupper, der træde i Virksomhed for at holde en Arm eller et Ben udstrakt, og Kulsyreforøgelsen er da heller ikke ringe; Tabel XXXII viser en gennemsnitlig Tilvæxt paa 0,47 $^{cm.^3}/_{sec.}$ Saa udstrakte Muskelspændinger forekomme imidlertid ikke som Følge af aandeligt Arbejde; de Muskelspændinger, der ledsage Opmærksomhedsanspændelsen, kunne ganske vist være ret intensive, men mærkes kun i begrænsede Partier af Hovedets Muskler. For at prøve Virkningen af slige Spændinger af stærkt begrænsede Muskelgrupper anstillede vi to Forsøg, Nr. 40 og 41, med A. L. og S. N. Paa et almindeligt Haanddynamometer udøvede de afvexlende med højre og venstre Haand, hver i 40 sec., et konstant Tryk paa 2—4 kg.; hele Forsøget varede som sædvanligt $^1/_2$ Time. Saalænge Trykket vedligeholdes, mærkes intensive Trykfornemmelser i Haanden og

Spændingsfornemmelser ikke blot i Haandens Muskler, men helt op i Underarmen. Udstrækningen af disse er naturligvis afhængig af Trykkets Størrelse; naar denne aftager, formindskes Spændingsfornemmelserne, og paa denne Maade er det muligt at holde Trykket ret konstant uden stadig at betragte Dynamometerets Viser. Tabel XXXII viser Resultaterne, som for S. N. nærmest er umaaleligt smaa. For A. L. er Gennemsnitsværdien vel betydelig større, muligvis fordi Trykket ret konstant har været holdt paa 4 kg., og naar den samme Størrelse som ved enkelte Additionsforsøg (Tabel XXVII). Men deraf følger nu langtfra, at de ved Additionsforsøgene fundne Kulsyremængder udelukkende hidrører fra Muskelspændinger, thi

Tabel XXXII.

Lb.Nr.		Periode	Arbejdets Art	Vol. cm.³/sec.	% CO_2	CO_2 cm.³/sec.	ber. Fald af CO_2	cm.³ CO_2 ved Arbejde	Middel
39	A. L. 14/5 1912	Hvile	Udstrækning af en Arm eller et Ben, hvert i 40 Sek.	150,9	2,915	4,45			0,47
		I		159,0	3,060	4,87	4,46	0,41	
		II		159,0	3,070	4,88	4,48	0,40	
		III		165,5	3,090	5,11	4,51	0,60	
		Hvile		148,5	3,045	4,52			
40	A. L. 15/5 1912	Hvile	Tryk paa 2—4 kg. afvexlende med højre og venstre Haand	160,0	2,900	4,64			0,18
		I		155,8	2,975	4,64	4,58	0,06	
		II		159,3	2,890	4,60	4,47	0,13	
		III		161,1	2,925	4,71	4,35	0,36	
		Hvile		157,3	2,725	4,29			
41	S. N. 22/5 1912	Hvile	Tryk paa 2—4 kg. afvexlende med højre og venstre Haand	152,3	3,360	5,12			0,06
		I		149,0	3,350	4,99	4,99	0,00	
		II		142,4	3,375	4,81	4,74	0,07	
		III		130,8	3,525	4,61	4,49	0,12	
		Hvile		133,1	3,285	4,37			

ved dette for A. L. ganske mekaniske Arbejde er der ikke Spor af Spændingsfornemmelser. Kun ved de mest anstrengende Associationsforsøg kan der være Tale om Spændinger af lignende Udstrækning og Intensitet som ved Dynamometerforsøgene, men Kulsyreudviklingen bliver da, som vi i det følgende Kapitel skulle se, ogsaa 6—7 Gange saa stor. Det kan saaledes fastslaas, at de Muskelspændinger, der ledsage det aandelige Arbejde, vel bidrage noget til Forøgelsen af Stofskiftet, men da de ere desto mindre, jo mindre Opmærksomhedsanspændelsen er, bliver det kun en, rimeligvis ringe, Brøkdel af den fundne Kulsyreforøgelse, der hidrører fra Muskelspændingerne.

De Svingninger i Kulsyremængden, der findes i et Forsøgs forskellige Perioder, kunne imidlertid ikke hidrøre hverken fra Muskelbevægelser eller Spændinger, da disse ere ret konstante under hele Forsøget. Derimod foraarsages de ganske na-

turligt af de ledsagende Forandringer i Lungeventilationens Intensitet, hvorved som tidligere paavist Organismens Oplag af Kulsyre kan formindskes eller forøges. Heraf følger da ligefrem, at de under et Forsøg udaandede Kulsyremængder ikke behøve at svare nøjagtigt til den samtidigt producerede Mængde. Imidlertid maa der dog være en i alt Fald tilnærmelsesvis konstant Proportion imellem den udaandede og den i samme Tid producerede Mængde. Thi hvis Organismen selv ved et ganske let aandeligt Arbejde kunde skille sig af med ubegrænsede Mængder af sit Kulsyreoplag, saa vilde den Sætning: at den udaandede Kulsyremængde voxer med Opmærksomhedsanspændelsen, aldeles ikke kunne være gyldig. Smaa Arbejder maatte i saa Fald lejlighedsvis kunne give ligesaa store Mængder Kulsyre som store, og en saa regelmæssig Aftagen af Kulsyremængden med voxende Øvelse, som Tabel XXVII viser, eller en saa regelmæssig Forøgelse af Kulsyremængden med voxende Træthed som i Tabel XXVIII, maatte være et Slumpetræf, hvis Sandsynlighed vilde være nær ved Nul.

Heraf følger da ligefrem: tiltrods for Indflydelsen af Lungeventilationens Intensitet paa den i de enkelte Perioder udaandede Kulsyremængde, maa den under et Forsøg udaandede totale Mængde staa i et nogenlunde konstant Forhold til den samtidigt producerede Mængde. Paa dette Spørgsmaal komme vi nærmere ind i næste Kapitel.

Associationsarbejde.

Som begrundet i det foregaaende Kapitel, vil man kunne forvente i Udenadlæren af meningsløse Stavelsesremser at have et velegnet Forsøgsmateriale til Undersøgelse af det psykiske Arbejdes Indflydelse paa Stofskiftet. I Overensstemmelse hermed have vi da udført flere saadanne Forsøgsrækker med samtlige Forsøgspersoner.

Af disse skulle her kun refereres de afsluttende Forsøg, udførte med Forsøgspersonerne A. L. og S. N., da de tidligere Undersøgelser, tildels udførte med F. B. og O. O., ere mindre paalidelige.

Det viste sig nemlig, at Udenadslæren for de to sidste Forsøgspersoners Vedkommende var ledsaget af tydelige Forandringer i Respirationstypen, der vare af saa gennemgribende Natur, at de endnu efter Arbejdets Ophør sporedes som Eftervirkninger i Respirationen, og saaledes i væsenlig Grad maatte forringe Forsøgsresultaternes Værd. For A. L. og S. N. forløb Respirationen derimod jævnere; vel kan man ogsaa for disse Forsøgspersoner paavise Forandringer i Respirationstypen under Arbejdet, men disse Forandringer vare af langt ringere Omfang end hos F. B. og O. O. og spores ikke efter Arbejdets Ophør.

Forsøgsordningen er i Hovedtrækkene meddelt ovenfor, men skal her kort rekapituleres. Forsøgspersonen sad under hele Forsøget i Ro; foran ham var an-

Tabel XXXIII.

Forsøg Nr.	Periode	Periodens Varighed i sec.	Arbejdets Art	Gennemlæsn. Antal pr. R.	Arbejdets Varighed i sec. t''	Respirations-niveauets Middel-værdi	Exspirationsluftens CO_2 %	Exspirationsl. CO_2 % ÷ Inspirationsl. CO_2 %	Kulsyreudskillelse i cm.³	Kulsyreudskillelse i cm.³/sec. uden ps. Arbejde	Kulsyreoverskud i hele Perioden c'	Kulsyreoverskud under Arb. Varighed c''	Middeltal for Periode II, III og IV	Aandedrætsantal pr. Minut	Beregnet CO_2 % i Alveoleluften	Barometer
Lb. Nr. 42, A. L. 1–3–1911	I	520		..	..	170,0	2,85	2,71	4,60	..	..	..		16,8	4,19	
	II	560	10 × 8 St. Remse	4,0	420	165,2	3,40	3,26	5,38	4,54	0,84	1,12		11,1	4,34	
	III	600	8 × — « —	4,9	399	146,3	3,40	3,26	4,77	4,47	0,30	0,45	0,644	9,4	4,29	748
	IV	680	9 × — « —	4,6	423	143,6	3,36	3,22	4,61	4,39	0,22	0,35		9,6	4,28	
	V	560		..	..	153,0	2,97	2,83	4,32	..	..	..		15,2	4,37	
Lb. Nr. 43, A. L. 22–3–1911	I	560		..	..	165,2	3,04	2,90	4,79	..	..	..		14,1	4,19	
	II	560	8 × 8 St. Remse	4,4	363	178,5	2,97	2,83	5,04	4,62	0,42	0,65		16,5	4,22	
	III	640	8 × 8 — « —	5,0	408	168,0	2,96	2,82	4,73	4,44	0,29	0,46	0,420	15,9	4,26	764
	IV	560	8 × — « —	4,8	390	154,2	2,98	2,84	4,38	4,26	0,12	0,17		15,0	4,34	
	V	600		..	..	142,8	3,01	2,87	4,09	..	..	..		13,5	4,32	
Lb. Nr. 44, A. L. 8–3–1911	I	640		..	..	157,5	2,98	2,84	4,46	..	..	..		15,2	4,32	
	II	520	3½ × 12 St. Remse	10,0	451	172,2	3,01	2,87	4,93	4,35	0,58	0,67		12,9	3,95	
	III	560	3½ × — « —	11,4	511	160,1	3,13	2,99	4,78	4,25	0,53	0,58	0,576	12,2	4,14	761
	IV	640	3½ × — « —	11,4	511	151,4	3,13	2,99	4,53	4,14	0,39	0,49		11,2	4,12	
	V	600		..	..	149,0	2,85	2,71	4,03	..	..	..		13,9	4,07	
Lb. Nr. 45, A. L. 26–3–1912	I	440		..	..	140,5	2,84	2,70	3,79	..	..	..		..	..	
	II	480	3 × 12 St. Remse	9,0	351	160,4	2,94	2,80	4,49	3,76	0,73	1,00		..	..	
	III	560	3 × — « —	9,3	363	152,4	2,80	2,66	4,05	3,73	0,32	0,49	0,645	..	..	
	IV	640	3 × — « —	11,0	423	144,3	2,92	2,78	4,01	3,69	0,32	0,48		..	..	
	V	560		..	..	135,9	2,83	2,69	3,65	..	..	..		..	..	
Lb. Nr. 46, A. L. 25–2–1911	I	560		..	..	155,7	3,09	2,95	4,59	..	..	..		12,9	4,21	
	II	520	2 × 16 St. Remse	13,5	429	176,0	3,25	3,11	5,46	4,47	0,99	1,20		13,7	4,33	
	III	600	2 × — « —	14,5	459	147,2	3,25	3,11	4,57	4,35	0,22	0,29	0,697	9,6	4,10	748
	IV	600	2 × — « —	13,5	429	147,7	3,30	3,16	4,66	4,21	0,45	0,63		10,5	4,28	
	V	600		..	..	143,5	2,98	2,84	4,08	..	..	..		14,1	4,36	
Lb. Nr. 47, A. L. 15–3–1911	I	560		..	..	149,3	3,20	3,06	4,57	..	..	..		13,5	4,52	
	II	600	2 × 16 St. Remse	16,0	504	171,6	3,30	3,16	5,42	4,48	0,94	1,12		12,2	4,28	
	III	640	2 × — « —	15,5	489	165,1	3,24	3,10	5,11	4,39	0,72	0,94	1,042	13,1	4,34	753
	IV	600	2 × — « —	16,5	519	165,1	3,30	3,16	5,22	4,30	0,92	1,06		13,0	4,43	
	V	600		..	..	138,4	3,19	3,05	4,21	..	..	..		12,8	4,54	
Lb. Nr. 48, A. L. 4–3–1911	I	560		..	..	160,5	3,12	2,98	4,77	..	..	..		14,1	4,35	
	II	440	1 × 20 St. Remse	21,0	393	201,1	3,21	3,07	6,16	4,64	1,52	1,70		12,8	4,03	
	III	560	1 × — « —	21,0	473	166,4	3,22	3,08	5,12	4,50	0,62	0,73	1,177	10,9	4,08	759
	IV	440	1 × — « —	19,0	277	164,8	3,25	3,11	5,12	4,37	0,75	1,19		11,8	4,22	
	V	520		..	..	147,0	3,03	2,89	4,24	..	..	..		13,7	4,33	
Lb. Nr. 49, A. L. 11–3–1911	I	560		..	..	161,9	3,07	2,93	4,74	..	..	..		15,4	4,43	
	II	440	1 × 20 St. Remse	19,0	357	183,0	3,16	3,02	5,52	4,66	0,86	1,06		14,4	4,24	
	III	560	1 × 20 — « —	24,0	447	189,8	3,16	3,02	5,72	4,59	1,13	1,42	1,117	15,0	4,24	760
	IV	440	1 × 20 — « —	21,0	393	174,6	3,15	3,01	5,25	4,51	0,74	0,83		15,6	4,43	
	V	560		..	..	156,3	2,98	2,84	4,43	..	..	..		15,0	4,32	

Tabel XXXIV.

Forsøg Nr.	Periode	Periodens Varighed t'	Arbejdets Art	Gennemlæsningens Antal pr. Remse	Arbejdets Varighed i sec. t''	Respirationsniveauets Middelværdi	Exspirationsluftens CO_2 %	Exspirationsl. CO_2 % + Inspirationsl. CO_2 %	Kulsyreudskillelse i cm.³/sec.	Kulsyreudskillelse i cm.³/sec. uden ps. Arbejde	Kulsyreoverskud i hele Perioden c'	Kulsyreoverskud under Arb. Varighed c''	Middellal for Periode II, III og IV	Aandedrætsantal pr. Minut	Beregnet CO_2 % i Alveoleluften	Barometer
Lb. Nr. 50. S. N. 6–5–1911	I	520		..	..	164,6	3,21	3,07	5,05	..	..	..		12,9	4,30	
	II	440	6 × 8 St. Remse	4,0	252	201,4	3,24	3,10	6,25	4,84	1,41	2,46		14,8	4,25	
	III	520	7 × — « —	5,3	376	177,3	3,15	3,01	5,33	4,62	0,71	0,98	1,26	13,5	4,17	763
	IV	560	7 × — « —	5,9	412	164,6	3,15	3,01	4,95	4,38	0,57	0,78		14,3	4,38	
	V	560		..	..	140,4	3,08	2,94	4,13	..	..	..		12,0	4,26	
Lb. Nr. 51. S. N. 10–6–1911	I	560		..	..	139,3	3,31	3,17	4,42	..	..	..		12,0	4,58	
	II	440	8 × 8 St. Remse	4,5	372	160,0	3,34	3,20	5,12	4,32	0,80	0,95		12,9	4,52	
	III	560	8 × — « —	5,5	444	145,7	3,31	3,17	4,62	4,22	0,40	0,50	0,72	12,4	4,57	754
	IV	600	10 × — « —	4,8	492	148,7	3,31	3,17	4,71	4,10	0,61	0,74		13,3	4,65	
	V	640		..	..	127,8	3,25	3,11	3,98	..	..	..		12,4	4,73	
Lb. Nr. 52. S. N. 3–5–1911	I	520		..	..	168,1	3,24	3,10	5,21	..	..	..		13,5	4,37	
	II	440	2 × 12 St. Remse	10,0	258	201,4	3,33	3,19	6,42	5,04	1,38	2,35		14,4	4,32	
	III	520	2 × — « —	9,0	234	167,3	3,17	3,03	5,06	4,87	0,19	0,42	1,17	13,5	4,28	761
	IV	480	2 × — « —	8,5	222	164,2	3,16	3,02	4,96	4,70	0,26	0,56		14,1	4,38	
	V	520		..	..	150,8	3,14	3,00	4,52	..	..	..		13,1	4,37	
Lb. Nr. 53. S. N. 14–6–1911	I	560		..	..	144,1	3,28	3,14	4,52	..	..	..		12,9	4,62	
	II	520	4 × 12 St. Remse	7,8	374	172,3	3,34	3,20	5,51	4,38	1,13	1,57		14,0	4,53	
	III	480	4 × — « —	8,0	420	160,0	3,23	3,09	4,94	4,25	0,69	0,79	0,96	13,7	4,46	
	IV	440	4 × — » —	8,0	420	153,2	3,21	3,07	4,70	4,14	0,56	0,59		14,0	4,56	
	V	560		..	..	136,1	3,09	2,95	4,01	..	..	..		13,1	4,48	
Lb. Nr. 54. S. N. 26–4–1911	I	520		..	..	164,6	3,01	2,87	4,72	..	..	..		14,1	4,16	
	II	440	1 × 16 St. Remse	19,0	297	193,2	3,15	3,01	5,81	4,63	1,18	1,75		15,0	4,20	
	III	480	1 × — « —	18,0	282	179,2	2,91	2,77	4,96	4,55	0,41	0,70	1,48	15,0	3,98	756
	IV	480	1 × — « —	13,0	207	177,1	3,19	3,05	5,40	4,46	0,94	2,18		14,6	4,34	
	V	520		..	..	147,3	3,11	2,97	4,37	..	..	..		11,5	4,15	
Lb. Nr. 55. S. N. 27–5–1911	I	480		..	..	152,1	3,26	3,12	4,75	..	..	..		12,8	4,48	
	II	520	2 × 16 St. Remse	12,5	399	181,5	3,34	3,20	5,80	4,65	1,15	1,50		14,8	4,53	
	III	560	2 × — « —	12,0	384	175,4	3,37	3,23	5,66	4,54	1,12	1,63	1,38	14,8	4,63	768
	IV	440	2 × — « —	13,5	429	170,0	3,35	3,21	5,45	4,44	1,01	1,04		14,5	4,62	
	V	560		..	..	140,4	3,23	3,09	4,34	..	..	..		12,4	4,52	
Lb. Nr. 56. S. N. 29–4–1911	I	600		..	..	153,3	3,45	3,31	5,07	..	..	..		10,1	4,38	
	II	440	1 × 20 St. Remse	22,0	411	220,5	3,31	3,17	6,98	4,95	2,03	2,17		15,0	4,24	
	III	480	1 × — « —	24,0	447	190,4	3,29	3,15	6,10	4,85	1,25	1,34	1,59	14,6	4,37	745
	IV	480	1 × — « —	21,0	393	189,2	3,20	3,06	5,79	4,74	1,05	1,28		15,4	4,35	
	V	560		..	..	145,0	3,33	3,19	4,62	..	..	..		11,3	4,45	
Lb. Nr. 57. S. N. 7–6–1911	I	560		..	..	136,1	3,33	3,19	4,34	..	..	..		12,0	4,65	
	II	520	4 × 20 St. Remse	24,0	447	169,6	3,28	3,14	5,32	4,25	1,07	1,25		12,6	4,32	
	III	440		20,0	375	171,8	3,21	3,07	5,27	4,18	1,09	1,28	1,18	13,9	4,35	767
	IV	480		22,0	426	163,8	3,19	3,05	5,00	4,10	0,90	1,01		15,4	4,58	
	V	440		..	..	132,7	3,18	3,03	4,03	..	..	..		11,8	4,46	

Tabel XXXV.

Forsøg Nr.	Periode	Periodens Varighed i sec.	Arbejdets Art	Gennemlæsning. Antal	Arbejdets Varighed i sec. t''	Respirationsniveauets Middelværdi	Exspirationsluftens CO_2 %	Exspirationsl. CO_2 % + Inspirationsl. CO_2 %	Kulsyreudskillelse i cm.³/sec.	Kulsyreudskillelse i cm.³/sec. uden ps. Arb.	Kulsyreoverskud i hele Perioden c'	Kulsyreoverskud under Arbejdets Varighed c''	Middeltal for Periode II og III	Aandedrætsantal pr. Min.	Alveoleluftens CO_2 %	Barometer
Lb. Nr. 59. S. N. 10–5–1911	I	560	1 × 32 St. Remse	..	..	162,1	3,13	2,99	4,85	..	..	..	1,55	13,5	4,28	765
	II	520		19	513	190,0	3,25	3,11	5,90	4,76	1,14	1,16		16,0	4,46	
	III	600		19	537	199,3	3,35	3,21	6,40	4,67	1,73	1,94		15,0	4,43	
	IV	440		..	..	157,3	3,06	2,92	4,59	..	..	..		13,9	4,29	
	V	400		..	..	143,5	2,90	2,76	3,96	..	..	..		14,4	4,29	
Lb. Nr. 60. S. N. 24–5–1911	I	520	1 × 32 St. Remse	..	..	146,9	3,06	2,92	4,29	..	..	..	1,52	14,3	4,46	762
	II	520		16	432	174,6	3,22	3,08	5,38	4,22	1,16	1,40		14,4	4,39	
	III	520		16	456	184,6	3,17	3,03	5,59	4,16	1,43	1,63		15,4	4,35	
	IV	480		..	..	142,1	3,02	2,88	4,09	..	..	..		13,3	4,33	
	V	360		..	..	141,7	2,99	2,85	4,04	..	..	..		13,0	4,25	

bragt en drejelig, skraatstillet Bordplade, paa hvilken var henlagt de Remser, der skulde læres, samt Papir og Blyant til eventuelle Notater. Arbejdet paabegyndtes efter Ordre af Forsøgslederen og udførtes paa den Maade, at Forsøgspersonen gennemlæste Stavelsesrækken i bestemt Takt, der for samtlige Forsøg fastsattes til $^3/_4$ sec. pr. Stavelse. Takten angaves ved Metronom. Gennemlæsningernes Antal optaltes af Forsøgspersonen ved for hver Gennemlæsning at forskyde en Kugle paa en af de fra den elementære Skoleundervisning velkendte Regnemaskiner. Efter at Stavelsesrækken var lært, opnoteredes sluttelig det samlede Antal Gennemlæsninger af Forsøgslederen, hvorpaa Forsøgspersonen skød Kuglerne tilbage, tog en ny Remse op af Bunken paa Bordet og fortsatte Arbejdet.

Efter hver Gennemlæsning standsede Forsøgspersonen Arbejdet under 4 Taktslag = 3 sec., men søgte stadig i dette Tidsrum at fastholde saa mange af de senest gennemlæste Stavelser som muligt i Bevidstheden.

Hvert Forsøg inddeltes i 5 Perioder, af hvilke første og sidste vare Hvileperioder, medens det psykiske Arbejde udførtes i de 3 mellemliggende.

For hver Periode foretoges de sædvanlige, kontinuerlige Niveaumaalinger; desuden bestemtes Exspirationsluftens Middelkulsyreprocent for Perioden ved Dobbeltanalyser af den i Spirometeret opsamlede Luft, og endvidere maaltes Aandedrætsantallet pr. Minut ved samtidig Optegning af Respirationen og Tiden, som angivet pag 20.

Med denne Forsøgsordning udførtes for hver af Forsøgspersonerne A. L. (Lb. Nr. 42–49) og S. N. (Lb. Nr. 50—57) 4 Dobbeltforsøg, henholdsvis med 8—12—16 og 20 Stavelsers Remser.

Resultaterne ere anførte i Tabel XXXIII og XXXIV.

Den i Tabellen anførte Værdi for Arbejdets Varighed, t'', er beregnet saaledes:

Naar Remsen har n Stavelser, vil hver Gennemlæsning tage $^3/_4 \times n$ sec., eller, naar den ringe Standsning paa 4 Taktslag medtages, $^3/_4 \times (n + 4)$ sec. Er Gennemlæsningernes Antal g, medgaar Tiden $^3/_4 \times g \times (n + 4)$ sec., hvortil maa føjes $^3/_4 \times n$ sec. til Slutningsreproduktionen, der sikrer, at Remsen virkelig er lært.

Den samlede Arbejdstid bliver da:

$$t'' = {}^3/_4 \cdot n \cdot (g + 1) + 3\,g. \tag{18}$$

Det ses af Tabellen, at Kulsyreudskillelsen i $^{cm.^3}/_{sec.}$ forøges under det psykiske Arbejde, og det saaledes fremtrædende Kulsyreoverskud for Arbejdsperioderne er som sædvanligt beregnet ud fra den Nullinie, der bestemmes af den indledende og afsluttende Hvileperiode.

Paa denne Maade vil Kulsyreoverskudet, c', blive bestemt i cm.^{3} pr. sec. i Forhold til hele Periodens Varighed, t'; hvad man ønsker, er imidlertid et Maal for Kulsyreudskillelsen i Forhold til den Tid, t'', i hvilken der er arbejdet. Dette erholdes dog let ved at reducere c' efter Formlen:

$$c'' = c' \cdot \frac{t'}{t''}. \tag{19}$$

Størrelsen c'' findes opført i Tabellen i $^{cm.^3}/_{sec.}$ som „Kulsyreoverskud under Arbejdets Varighed".

Middeltallet af denne Størrelse for alle 3 Arbejdsperioder er opført i den følgende Kolonne og angiver Slutningsresultatet for vedkommende Forsøg.

Forinden vi gaa over til nærmere at kritisere disse Forsøgsresultater, skulle vi yderligere anføre to Forsøg, Nr. 59—60, over 32-Stavelsers Remser udførte med S. N. Forsøgsordningen var i alt væsenligt som ovenfor, blot med den Ændring, at der kun arbejdedes i 2 Perioder II og III, og at Forsøget afsluttedes med to Hvileperioder IV og V. Grunden hertil var, at Udenadslæren af en enkelt 32-Stavelsers Remse krævede ca. 18 Minutter og altsaa netop udfyldte 2 Perioder. Forsøget er opført i Tabel XXXV. Kulsyreoverskudet er beregnet ud fra den Nullinie, der bestemmes af Hvileværdierne i Perioderne I og IV.

Som umiddelbart Resultat af samtlige Forsøg fremgaar da, at under Associationsarbejde af nærværende Art forøges Organismens Kulsyreudskillelse kendeligt. I Tabel XXXVI er opført Middeltallene af Dobbeltforsøgenes Slutningsresultater; Kulsyreoverskudet er dels ligefrem udtrykt i $^{cm.^3}/_{sec.}$ og dels procentisk i Forhold til den samtidige Kulsyreudskillelse under Hvile.

Tilbage staar nu at undersøge de Forhold, der er Aarsag til den paaviste Forøgelse i Kulsyreudskillelsen.

1) I første Række fæster Tanken sig ved de under Arbejdsperioden udførte Muskelbevægelser, som ikke findes i de tilstødende Hvileperioder. Saadanne ere dels ganske vilkaarlige og betingede af Forsøgsordningen, som Nedskrivning af korte Notater, Optagning og Henlægning af Remserne, Forskydning af Kuglerne

paa Regnemaskinen, og dels uvilkaarlige som Talebevægelser, rytmiske Bevægelser med Hovedet i Takt med Metronomen etc.

Tabel XXXVI.

n	A. L.		S. N.	
	Kulsyreoverskud		Kulsyreoverskud	
	cm.³/sec.	%	cm.³/sec.	%
8	0,53	12	0,99	22
12	0,61	15	1,07	24
16	0,87	20	1,43	32
20	1,15	25	1,39	31
32	..	..	1,54	35

For disse Muskelbevægelsers Indflydelse paa Kulsyreudskillelsen have vi et Maal i Forsøg Nr. 26 og 27, Tabel XXVI pag. 58. Disse Forsøg ere udførte i Overensstemmelse med et almindeligt Associationsforsøg, kun at Forsøgspersonen ganske tankeløst læste Stavelserne igennem uden noget Forsøg paa at lære dem udenad; derimod sørgede Forsøgspersonen for, at samtlige ovennævnte Muskelbevægelser udførtes i samme Omfang som ved et virkeligt gennemført Associationsforsøg. Forsøget viste, at Kulsyreudskillelsen under disse Forhold kun steg for A. L. med 2,6 % og for S. N. med 1,3 %, og dermed bortfalder ganske den Mulighed, at det paaviste Kulsyreoverskud under Associationsarbejdet som Helhed skulde hidrøre fra samtidige Muskelbevægelser.

2) Dernæst maa henvises til den Mulighed, at det paaviste Kulsyreoverskud ikke er Udtryk for en samtidig forøget Kulsyreproduktion, men i det væsenligste skyldes en Udvaskning af det i Organismen staaende Oplag af Kulsyre. Vi skulle her gennemgaa de Ejendommeligheder, der ere af Betydning for dette Spørgsmaals Afgørelse.

Som ovenfor nævnt, bestemtes Aandedrætsantallet pr. Minut for hver Periode, og paa Grundlag heraf er Alveoleluftens Kulsyreprocent beregnet efter Bohr's Formel (5) pag. 26. Værdien af S = det respiratoriske skadelige Rum er ikke direkte bestemt for Forsøgspersonerne A. L. og S. N., men der er i Beregningen anvendt samme Værdi, som er fundet for O. O. (se Tillæg II), nemlig $S = 200$ cm.³, hvilket meget nær svarer til den af Bohr angivne Størrelse, 140 cm.³, forøget med Volumen af Masken.

De beregnede Kulsyreprocenter ere opførte i Tabel XXXIII og XXXIV, næstsidste Kolonne.

Indenfor de enkelte Forsøg ses Kulsyreprocenterne at variere ret ujævnt, men tages Middeltallene af samtlige Forsøg findes for begge Forsøgspersoner en meget jævn og ensartet Variation fra Periode til Periode; disse Middeltal ere opførte i Tabel XXXVII. Tabellen viser, at Alveoleluftens Kulsyreprocent falder ved Arbejbejdets Begyndelse fra sin normale Størrelse til en Middelværdi for Periode II, der ligger 0,12 % eller 0,08 % lavere; denne Middelværdi bevarer Kulsyreprocenten konstant under den paafølgende Periode III, hvorpaa den begynder at stige under Periode IV for tilsidst under Periode V at have naaet sin oprindelige Værdi.

De enkelte Procent-Bestemmelsers absolutte Værdi er naturligvis i høj Grad problematisk, men der vil være Grund til at antage, at Middeltallet af de beregnede Værdier giver et brugeligt relativt Maal for de virkelige Alveoleprocenter, saaledes at Variationerne af de i Tabel XXXVII opførte beregnede Procenter ere et Udtryk

for virkelig stedfundne Svingninger. Aarsagen til disse Svingninger maa da paavises.

Sænkningen af Alveoleprocenten i 1ste Arbejdsperiode vil rimeligvis kunne henføres til en Ændring af Respirationen i Retning af mere effektiv Lungeventilation ved Overgangen fra Hvile til Arbejde. De fulde Konsekvenser af en saadan Respirationsændring kendes ikke, men det kan dog overses, at den vil forrykke den Balance, der i Hvileperioden i alt væsenligt har fundet Sted mellem den fra

Tabel XXXVII.

Forsøg Nr.	Procentisk Angivelse af Kulsyreoverskud uden Arb. i Periode:			Alveoleluftens CO_2 % i Periode:				
	II	III	IV	I	II	III	IV	V
A. L. Nr. 42—49	100	63	61	4,32	4,20	4,21	4,30	4,33
S. N. Nr. 50—57	100	55	58	4,44	4,36	4,35	4,48	4,43

Organismen udskilte Kulsyremængde og den i samme Tidsrum producerede, og at der vil gaa nogen Tid, inden Balance paany indtræder.

I Overgangstiden vil der da under disse Forhold finde en Udvaskning af Organismens Kulsyre Sted, og denne maa da kunne paavises i Forsøgsresultaterne.

I Tabel XXXVII's 3 første Kolonner er opført Middeltallene af Kulsyreoverskudet i hver af de tre Arbejdsperioder for A. L. og S. N. Kulsyreoverskudet i

Tabel XXXVIII.

n	Alveoleluftens Kulsyreprocent		Diff.
	i Hvile	under Arbejde	
8—12	4,47	4,42	0,05
16—20	4,41	4,38	0,03
32	4,34	4,41	+ 0,07

1ste Arbejdsperiode er sat = 100, og Kulsyreoverskudet for de følgende to Perioder er beregnet som Brøkdele heraf.

Man ser, at medens Kulsyreoverskudet i de to sidste Arbejdsperioder er konstant for hver Forsøgsperson, er det derimod i 1ste Arbejdsperiode 60—75 % større; den paafaldende store Værdi i Periode II tilskriver vi i alt væsenligt Respirationsændringer i Overgangsperioden.

Man kunde nu tænke at føre denne Betragtning videre og helt at opfatte alle tre Arbejdsperioders Kulsyreoverskud som sekundære Følger af en Respirationsændring; herimod taler dog flere Forsøgsresultater ganske afgørende.

a). Vi have i Forsøg Nr. 23 pag. 45 set, at selv en ringe Udvaskning af Organismens Kulsyre efterfølges af en tydelig udtalt, delvis Kompensation; hvis der

Tabel XXXIX.

Forsøg Nr.	Lb. Nr. 45, A. L. 26–3–1912					Lb. Nr. 58, S. N. 2–4–1912				
Periode	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Periodens Varighed i sec.	440	480	560	640	560	480	520	680	480	440
Arbejdets Art		3 × 12 St. Remse					2 × 16 St. Remse			
		3 × — « —					2 × — « —			
		3 × — « —					2 × — « —			
Gennemlæsningernes Antal pr. Remse	..	9,0	9,3	11,0	..	..	14,0	12,5	12,5	..
Arbejdets Varighed i sec.	..	351	363	423	..	..	444	399	399	..
Respirationsniveauets Middelværdi	140,5	160,4	152,4	144,3	135,9	147,7	169,6	155,6	154,0	138,1
Exspirationsluftens CO_2 %	2,84	2,94	2,80	2,92	2,83	3,18	3,33	3,18	3,12	2,94
Exspirationsluftens O_2 %	17,30	17,55	17,65	17,50	17,25	17,40	17,00	16,90	16,85	16,85
Kulsyreudskillelse i cm.³/sec.	3,75	4,46	4,02	3,98	3,61	4,47	5,35	4,68	4,52	3,81
Kulsyreudskillelse i cm.³/sec. uden ps. Arb.	..	3,72	3,69	3,65	..	..	4,32	4,13	3,95	..
Kulsyreoverskud i cm.³/sec. i hele Perioden	..	0,74	0,33	0,33	..	..	1,03	0,55	0,57	..
Kulsyreoverskud i cm.³/sec. under Arb. Varighed	..	1,01	0,50	0,49	..	..	1,21	0,94	0,68	..
Middeltal for Periode II–III og IV			0,66					0,95		
Iltoptagelse i cm.³/sec.	5,28	5,52	5,05	5,04	5,17	5,21	6,78	6,45	6,50	5,89
Iltoptagelse i cm.³/sec. uden ps. Arb.	..	5,36	5,23	5,20	..	..	5,97	5,56	5,74	..
Iltoverskud i cm.³/sec. i hele Perioden	..	0,36	±0,18	±0,16	..	..	1,41	0,89	0,76	..
Iltoverskud i cm.³/sec. under Arb. Varighed	..	0,36	±0,28	±0,24	..	..	1,65	1,52	0,91	..
Middeltal for Periode II–III og IV			±0,07					1,37		
Respirationskvotient	0,711	0,808	0,796	0,790	0,698	0,857	0,790	0,736	0,696	0,647

derfor fandt Kulsyreudvaskning Sted under alle tre Arbejdsperioder, maatte man vente at finde en kompensatorisk Eftervirkning i sidste Hvileperiode; men noget saadant spores ikke.

For A. L. er Middel-Kulsyreudskillelsen for Periode I = 4,54 cm.³/sec. og for Periode V 4,13 cm.³/sec., hvilket svarer til et Fald paa 9 %; de tilsvarende Middeltal for S. N. er 4,76 og 4,25, hvilket giver et Fald paa 11 %.

Men fra Undersøgelser over Stofskiftet ved Hvile (pag. 29) ved man, at en saadan Sænkning i Kulsyreudskillelsen er normal for en Person, der har siddet i Forsøgsstolen en halv Times Tid efter at have været i let Virksomhed.

Fremdeles ser man af Forsøg 59—60, der afsluttes med to Hvileperioder IV og V, at Kulsyreudskillelsen i Periode V er mindre end i Periode IV — et Forhold, der tyder paa ganske normale Tilstande uden kompensatoriske Eftervirkninger.

b). Vi have — som ovenfor paapeget — fundet, at Kulsyreoverskudet i 2den og 3die Arbejdsperiode er konstant, samtidig med at Alveoleluftens Kulsyreprocent i de paagældende Perioder er stigende; et saadant Forhold er lidet tænkeligt, hvis man ikke samtidig med den forøgede Kulsyreudskillelse forudsætter en forøget Kulsyreproduktion.

c). Man har endvidere af Tabel XXXIII og XXXIV set, at Kulsyreoverskudet er stigende med stigende Stavelsesantal; hvis nu Kulsyreoverskudet som Helhed var Udtryk for

en Kulsyreudvaskning, maatte man antage, at Sænkningen i Alveoleluftens Kulsyreprocent var større for de lange Remser end for de korte. Ganske det modsatte ses at være Tilfældet, og fremtræder tydeligt for S. N. i Tabel XXXVIII.

I første Kolonne er opført Middeltallet af Alveoleluftens Kulsyreprocent i Hvileperioderne, og i den følgende er opført Middeltallet for de tre Arbejdsperioder. Differencen mellem disse Middeltal ses at være aftagende for stigende Værdier af Stavelsesantallet, ja endog negativ for 32-Stavelsers Remserne, saaledes at Sænkningen i Alveoleluftens Kulsyreprocent aftager med Remsens Længde.

Til Slutning skal refereres et Par Forsøg, Nr. 45 og 58, med Iltbestemmelser, opførte i Tabel XXXIX. Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen er beregnet efter (2) og (3) pag. 23.

Medens Kulsyreoverskudet for begge Forsøgspersoner har normal Størrelse, viser Iltbestemmelsen ganske afvigende Forhold for de to Forsøgspersoner. For A. L. maales en ringe Formindskelse i Iltoptagelsen under det psykiske Arbejde, medens Iltoptagelsen for S. N. forøges i langt højere Grad end den samtidige Kulsyreudskillelse.

Disse Forhold indvirker naturligvis stærkt paa Variationerne af Respirationskvotienten, der er opført i Tabellens sidste Kolonne. Uden iøvrigt nærmere at komme ind paa sidstnævnte Forsøg, skal vi kort formulere Resultatet af Undersøgelserne:

> Ved Udenadslæren af meningsløse Stavelsesrækker forøges Organismens Kulsyreudskillelse. Denne Forøgelse, der er relativt stor ved Arbejdets Begyndelse, kan paa dette Tidspunkt delvis tilskrives en Udvaskning af Organismens Kulsyre, men maa iøvrigt som Helhed opfattes som Udtryk for en samtidig Forøgelse af Kulsyreproduktionen — altsaa et forøget Stofskifte. Af denne Stofskifteforøgelse hidrører en ringe Brøkdel fra de under det psykiske Arbejde udførte Muskelbevægelser, medens den overvejende Del maa skyldes de psykofysiologiske Processer, der betinger Associationsarbejdet.

Hermed er det første Spørgsmaal, som vi stillede os ved Arbejdets Begyndelse, besvaret; tilbage staar der da at paavise en Relation mellem Størrelsen af det psykiske Arbejde og den deraf følgende Stofskiftestigning.

En saadan synes at fremgaa umiddelbart af Forsøgsresultaterne, idet det maalte Kulsyreoverskud pr. Tidsenhed voxer med stigende Stavelsesantal, samtidig med at Forsøgspersonen ved subjektivt Skøn vurderer Arbejdet i et givet Tidsrum til at være desto vanskeligere, jo flere Stavelser Remserne indeholde.

Man maa dog være varsom med strax at drage for sikre Slutninger heraf. Thi vel maa de maalte Kulsyreoverskud anses for et gyldigt Bevis for en stedfunden Stofskifteforøgelse, men derfor behøver Kulsyreoverskudets Differencer ikke med samme Sikkerhed at være Bevis for parallele Svingninger i Stofskifteforøgelsen; Fejl, som i første Tilfælde ville være uden Betydning, kunne i andet Tilfælde let frembringe en indbildt Lovmæssighed.

Vi skulle derfor paany gennemgaa de tidligere paaviste Fejlkilder.

1). De uundgaaelige Muskelspændinger, der ledsage det psykiske Arbejde, kunne meget vel antages at voxe med voxende Opmærksomhedsanspændelse; men Størrelsen af den Stofskiftestigning, der hidrører fra disse Spændinger, er i sig selv saa ringe, at det maa anses for ganske udelukket, at Variationer heri skal kunne forøge det samlede Kulsyreoverskud med over 100 % (se Tabel XXXVI, A. L.).

2). Dernæst maa undersøges Virkningerne fra de paaviste Ændringer i Respirationen. Vi have set, at naar en Forsøgsperson efter at have siddet i sjælelig

Tabel XL.

n	Kulsyreoverskud cm.³/sec.	
	A. L.	S. N.
8	0,74	1,41
12	0,80	1,40
16	1,08	1,76
20	1,37	1,66
32		1,73

Ro paabegynder et psykisk Arbejde med en vis Opmærksomhedsanspændelse, vil der straks indtræde en Forandring i Respirationen i Retning af forøget Lungeventilation.

Man maa dernæst antage som rimeligt, at da Opmærksomhedsanspændelsen optræder som Aarsag til Respirationsændringen, vil en forøget Opmærksomheds-

Tabel XLI.

Stavelsernes Antal	Gennemlæsning. Antal			
	A. L,	S. N.		
	Middeltal	Række I	Række II	Middeltal
8	4,6	5,1	4,9	5,0
12	10,4	9,2	7,9	8,3
16	14,9	16,7	12,7	14,0
20	20,8	22,3	16,5	19,0
32	..	38,0	32,0	35,0

anspændelse medføre en forøget Respirationsændring, saaledes at man som ganske sekundær Virkning vil kunne vente at faa et voxende Kulsyreoverskud fremkaldt ved voxende Opmærksomhedsanspændelse.

At denne Mulighed er til Stede, kan man ikke se bort fra; Spørgsmaalet er blot, om den gør sig gældende ved vore Associationsforsøg. Til Afgørelse heraf henvises paany til Tabel XXXVIII.

Af denne ses, at Sænkningen i Alveoleluftens Kulsyreprocent hos S. N. under

det psykiske Arbejde formindskes for voxende Stavelsesantal, hvoraf maa sluttes, at der ikke med voxende Stavelsesantal har fundet en voxende Kulsyreudvaskning Sted.

3). Der findes endnu en tredie Mulighed til Bortforklaring af Kulsyreoverskudets lovmæssige Stigning, nemlig at denne kan hidrøre fra en misvisende Beregningsmaade af Forsøgsresultaterne.

Vi have — som ovenfor meddelt — ved Beregningen af Arbejdstiden t'' medtaget det Ophold paa 3 sec., som Forsøgspersonen har foretaget efter hver Gennemlæsning af Remsen og i hvilket han med fuld Opmærksomhed har søgt at fastholde saa mange af de sidst gennemlæste Stavelser som muligt i Bevidstheden. Vi har anset en saadan Beregningsmaade for rigtigst, fordi vi ved et subjektivt Skøn vurderede det under Opholdet udførte Arbejde til at være af lignende Intensitet,

Tabel XLII.

n	Kulsyreoverskud i cm.³/sec.	
	Række I	Række II
8	1,26	0,72
12	1,17	0,96
16	1,48	1,38
20	1,59	1,18
32	1,55	1,52

som det under Gennemlæsningerne præsterede. Dette Skøn kan naturligvis være Tvivl underkastet, og skulde det vise sig at være meget forkert, vil der derved i Forsøgsresultaterne være indført en variabel Fejl, som — alt andet lige — netop vil fremkalde en lovmæssig Stigning af det beregnede Kulsyreoverskud. Denne Indvending maa imidlertid bortfalde, hvis man ved slet ikke at medtage det omtalte 3 sec.-Ophold i Arbejdstiden alligevel finder en tydeligt udtalt Stigning i Kulsyreoverskudet. I Tabel XL er opført en saadan ændret Beregning af Kulsyreoverskudet, og de paa denne Vis erholdte Værdier vise stadig med al ønskelig Tydelighed, at Kulsyreoverskudet voxer med voxende Stavelsesantal.

Under disse Forhold maa man da kunne fastslaa som Resultat, at de paaviste Variationer i Kulsyreoverskudet virkelig svare til parallele Stofskiftesvingninger, saaledes at følgende Sætning kan opstilles:

> Størrelsen af den Stofskifteforøgelse, der hidrører fra et psykisk Arbejde, svinger parallelt med den subjektivt vurderede Størrelse af det udførte Arbejde.

Denne Sætning vil yderligere paa et andet Omraade findes bekræftet gennem de foreliggende Forsøg.

S. N. var ved Forsøgenes Begyndelse uøvet i Udenadslæren af Remser, men opnaaede i Løbet af Forsøgstiden en betydelig Øvelse heri.

Denne stigende Øvelse viser sig tydeligt i det dalende Antal Gennemlæsninger, der ere nødvendige til at lære de forskellige Remser; se saaledes Tabel XLI, pag.

74, 2den og 3die Kolonne, hvor Gennemlæsningernes Antal henholdsvis for første og anden Række Forsøg ere opførte. Den stigende Øvelse medførte, at samme Arbejde efterhaanden faldt Forsøgspersonen lettere, og i Overensstemmelse hermed finder man en Aftagen i Kulsyreoverskudene fra 1ste til 2den Række Forsøg. Tallene ere opførte i Tabel XLII.

Der er intet i de beregnede Kulsyreprocenter for Alveoleluften, der kan tyde paa, at denne Forandring hidrører fra en Variation i Kulsyreudvaskningen, og vi anser da derfor denne som et Udtryk for en virkelig Forandring i Stofskifteforøgelsen, svarende til det formindskede Arbejde.

Et lignende Forhold kan iagttages mellem de to Forsøgspersoner indbyrdes. A. L. var meget routineret i det foreliggende Arbejde, medens S. N. var Begynder. Stofskiftestigningen findes i Overensstemmelse hermed at være større for S. N. end

Tabel XLIII.

Stavelsern. Antal	Gennemlæsn. Antal		
	F. B.	A. L.	O. O.
8	6,8	5,5	4,0
10	11,0	8,8	6,8
12	12,8	11,3	8,5
14	14,5	13,0	13,3
16	17,3	17,5	15,5
18	21,0	21,8	19,5

for A. L.; Forskellen er størst ved 8-Stavelses-Remserne (ca. 100 %), men udviskes noget med stigende Stavelsesantal; ved 20-Stavelses-Remserne andrager den saaledes 20 %.

Resultatet kan formuleres:

Den Stofskifteforøgelse, der knytter sig til Udførelsen af et bestemt psykisk Arbejde, vil aftage, efterhaanden som Forsøgspersonen opnaar større Øvelse i det paagældende Arbejde.

Ønsker man Oplysning om, hvilke Muskelarbejder der foraarsager Stofskiftestigning af lignende Omfang som Associationsarbejdet, vil man finde saadanne i Tabel XV og XVI, pag. 30 og 31. Et Muskelarbejde bestaaende af Træk hvert 2det sec. med venstre Haand i en Ergograf belastet med 4 kg vil for S. N. give samme Stofskiftestigning som Udenadlæren af en 8-St.-Remse; belastes Ergografen med 6 kg., stiger Stofskifteforøgelsen og svarer til Forholdene ved en 16–20-St.-Remse.

Et Forsøg paa at finde et rationalt Udtryk for Stofskifteforøgelsens Variation med Stavelsesantallet vil findes gennemført i et følgende Afsnit; her skal kun sluttes med nogle Oplysninger om Forholdet mellem Gennemlæsningernes Antal og Stavelsesantallet. Det gennemsnitlige Antal Gennemlæsninger for de forskellige Remser, beregnede af Forsøg Nr. 42–60, ere opførte i Tabel XLI, første og sidste Kolonne;

disse Middeltal lide af den Fejl at være beregnede af et meget varierende Antal Enkeltbestemmelser — for 8-St.-Remserne ca. 50 og for 20-St.-Remserne ca. 6 Enkeltbestemmelser. Derimod ere de i Tabel XLIII, pag. 76, opførte Værdier alle Middeltal af 4 Enkeltbestemmelser, der hidrøre fra 3 Rækker Stofskifteforsøg med F. B., A. L. og O. O. foretagne i Dec. 1907 og Febr. 1908.

Urinudskillelse under psykisk Arbejde.

Lb. Nr. 61 F. B. 13—12—1908.

Som Supplement til ovenstaaende Undersøgelser over det respiratoriske Stofskifte ved Associationsarbejde udførtes i December 1908 et enkelt Forsøg til Undersøgelse af Forholdene ved Urinafsondringen under psykisk Arbejde.

Forsøget anstilledes om Morgenen fra Kl. 7—10. Det inddeltes i tre Perioder paa en Time hver, under hvilke den fastende Forsøgsperson laa til Sengs i fuld-

Tabel XLIV.

Periode	Tid Form. Kl.	Urin-Volumen cm.³	Vægtfylde	Kvælstof i liter/Time		Fosforsyre i mgr./Time	
				pr. cm.³ Urin	total	pr. cm.³ Urin	total
I	7—8	65	1,020	0,0750	4,875	1,6	104,0
II	8—9	135	1,011	0,0415	5,603	0,9	121,5
III	9—10	100	1,014	0,0425	4,250	1,1	110,0

kommen Ro. Medens 1ste og 3die Periode vare Hvileperioder, lærte Forsøgspersonen under Periode II 7 16-Stavelses-Remser udenad med gennemsnitlig 14,43 Gennemlæsninger pr. Remse.

Kl. 7, umiddelbart før Begyndelsen af Periode I, foretog Forsøgspersonen saa omhyggeligt som muligt en fuldstændig Urinudtømning. Dette gentoges ved hver af de tre Perioders Slutning. Størrelsen af det maalte Urinvolumen for hver Periode er opført i Tabel XLIV. Det ses heraf, at Urinudskillelsen under det psykiske Arbejde er forøget til noget over det dobbelte af Værdien fra 1ste Hvileperiode, og endvidere ses, at den forøgede Urinudskillelse vedvarer ind i sidste Hvileperiode, efter at det psykiske Arbejde er ophørt. Man vil imidlertid straks se, at de maalte Volumener ikke give noget Billede af Svingningerne i de udskilte Saltmængder indenfor samme Perioder; thi Maalinger af Urinens Vægtfylde vise tydeligt, at Urinen samtidig med den rigeligere Afsondring er blevet kendeligt fortyndet. For nærmere at undersøge disse Forhold analyseredes Urinen for Kvælstof efter Esbach's Metode og for Fosforsyre ved Titrering med Uranacetat. Analyseresultaterne ere opførte i Tabellen.

Medens Urinvolumenet som anført er voxet med over 100 % under Periode II, er den totale Kvælstofudskillelse samtidig kun voxet med ca. 15 %; og da hertil

yderligere kommer, at Kvælstofudskillelsen fra Periode III er væsentlig lavere end Værdien fra Periode I, vil Middeltallet fra Perioderne II og III = 4,927 $^{liter}/_{Time}$ meget nær være lig Værdien fra Periode I = 4,875 $^{liter}/_{Time}$.

Derimod synes det, som om der foreligger en virkelig Forøgelse af Fosforsyreudskillelsen; Stigningen fra Periode I til II andrager ca. 17 %, og under Periode III er Fosforsyreudskilllelsen endnu ca. 6 % større end under Periode I.

Der er næppe Tvivl om, at psykisk Arbejde i høj Grad indvirker paa Nyrevirksomheden og i Særdeleshed giver sig Udslag i en forøget Urinafsondring, saaledes som ovenstaaende Differencemaalinger vise, men en sikker Sammenhæng mellem denne Urinforøgelse og en samtidig Stofskiftestigning kan øjensynlig ikke paavises ad denne Vej.

Teoretiske Betragtninger.

Den ovenfor paaviste lovmæssige Variation af Energiforbruget ved Udenadslæren af Stavelsesremser med varierende Stavelsesantal kan udfra simple Forudsætninger underkastes en matematisk Behandling. Denne vil imidlertid ikke alene omfatte ovenstaaende Forsøg, men vil tillige kunne udstrækkes til ogsaa at gælde tidligere Undersøgelser over Energiforholdene ved psykisk Arbejde udførte af Alfred Lehmann.

Da den rette Forstaaelse af den regningsmæssige Sammenfatning af vore ovenfor meddelte Forsøg og Lehmann's tidligere Undersøgelser nødvendigvis maa kræve Kendskab til disse, skulle vi her give et kort Referat deraf. Dette Referat stemmer i Hovedtrækkene overens med den Fremstilling, Lehmann giver i: „Die physischen Aequivalente der Bewusstseinserscheinungen", Leipzig 1901, og i: „Elemente der Psychodynamik", Leipzig 1905; kun vil man finde den matematiske Behandling ændret, idet vi har søgt at gennemføre en rational Beregning af de deri forekommende fysiske Hjærneparalleler.

Lehmann søgte at finde et Maal for Størrelsen af Hjernearbejde og fandt et saadant i den Hæmning, Hjernearbejde udøver paa samtidigt udført Muskelarbejde. Maalingerne udførtes med Ergograf, og de arbejdende Muskler var Fingrenes Bøjemuskler.

Naar saadanne Muskler innerveres, blive de i Stand til at udføre et vist ydre Arbejde. Størrelsen af dette er afhængig saavel af centrale som af perifere Forhold, og alt efter som disse variere, vil der indtræde forskellige Kombinationer, saaledes som følger:

a) Antag, at Muskelarbejdet udføres i en saadan Takt, at Musklerne inden hvert nyt Arbejde ere fuldstændigt udhvilede, og antag endvidere, at den centrale Innervation er konstant, hvilket opnaas, naar Forsøgspersonen med fuld Opmærksomhed hver Gang søger at udføre maximalt Arbejde; saa ville de enkelte ydre Ar-

bejder, Partialarbejderne, blive konstante, og den Kurve, der fremkommer ved paa Arbejdsdiagrammet at forbinde Løftehøjdernes Toppunkter — Muskelens Arbejdskurve — vil i dette Tilfælde blive en ret Linie parallel med Grundlinien. Forandres den centrale Innervation, enten vilkaarligt eller uvilkaarligt f. Eks. ved spredt Opmærksomhed, vil der indtræde et Fald i Arbejdskurven. Svingningerne i Arbejdskurven vil følgelig give et Billede af Svingningerne i den centrale Innervation; og da meget tyder paa, at Innervationen og det udførte Arbejde inden for visse Grænser er proportionale Størrelser (se TIGERSTEDT: „Lehrbuch der Physiologie", Leipzig 1905, II pag. 30), vil man uden større Fejl kunne benytte Partialarbejderne som relativt Maal for den centrale Innervation.

b) Hvis Tidsintervallet mellem de enkelte konstante Muskelinnervationer er for ringe til Muskelens fuldstændige Restitution, vil det ydre Arbejde aftage fra en maximal Begyndelsesværdi og nærme sig asymptotisk til en vis Minimumsværdi, der er des mindre, jo mindre Tidsintervallet er. For en øvet Forsøgsperson vil Arbejdskurven blive fuldkommen jævn, og en Formindskelse af Innervationen — vilkaarlig eller uvilkaartig — vil derfor ogsaa her fremtræde fuldkommen tydelig som et Fald i Kurven.

Lad os kalde et saadant Partialarbejde udført med formindsket Innervation for A_v og lad A_s angive Størrelsen af det Partialarbejde, Muskelen sandsynligvis vilde have udført ved den konstante Innervation, saa vil Størrelsen $\frac{A_s \div A_v}{A_s}$ give et relativt Maal for Arbejdsformindskelsen og herigennem for Innervationsformindskelsen. Den sandsynlige Værdi A_s kan skønnes med stor Nøjagtighed paa Grund af Arbejdskurvens jævne Forløb.

Psykologiske Forsøg. LEHMANN søgte nu ved den ovenfor skitserede Fremgangsmaade at maale den relative Innervationsformindskelse, M, som Følge af samtidigt udført Hjernearbejde. Til Hjernearbejde valgtes Hovedregning, da man ved dette er i Stand til at variere Arbejdets Størrelse efter Ønske. Med dette Materiale udførtes saa i Foraaret 1900 en omfattende Række Forsøg, lige beundringsværdige i Anlæg og Udførelse; som Hovedresultater af Forsøgsrækken fremgik følgende:

1) Hjernearbejde af konstant Størrelse bevirker for samme Forsøgsperson en konstant relativ Formindskelse, M, af en samtidig Muskelinnervation. Varieres Hjernearbejdet, saaledes at det bliver større eller mindre, vil den relative Innervationsformindskelse svinge overens hermed og henholdsvis voxe eller aftage.

Størrelsen M giver med andre Ord et relativt Maal for Hjernearbejdets Størrelse. Da de herhen hørende Forsøg maa betragtes som grundlæggende for Psykoenergetiken, skulle de enkelte Forsøgsresultater anføres her:

A. L. d. 26—2—1900. Addition af 4 3-ciffrede Tal.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I	53,9	42,2	11,7	0,22
II	34,5	27,5	7,0	0,20

A. L. d. 3—3—1900. Addition af 6 5-ciffrede Tal.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I	82,5	55,1	27,4	0,33
II	47,3	29,4	17,9	0,38

A. L. d. 5—3—1900. Multiplication.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I 657 × 34	159,6	72,6	87,0	0,54
II 392 × 43	105,3	40,0	65,3	0,62

Dr. B. d. 3—3—1900. Addition af 6 5-ciffrede Tal.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I	61,2	51,0	10,2	0,17
II	45,9	35,3	10,6	0,23

Dr. B. d. 5—3—1900. Multiplication.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I 657 × 34	156,8	96,7	60,1	0,38
II 392 × 43	88,2	47,3	40,9	0,46

2) Dog viste videre Forsøg, at den relative Innervationsformindskelse, *M*, tillige varierede med den Grad af Opmærksomhedskoncentration, hvormed Hjernearbejdet blev udført.

A. L. d. 14—10—1900. Multiplication. Meget flygtigt udregnet.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I 8372 × 17	56,7	46,5	10,2	0,18
II 4591 × 18	26,4	21,4	5,0	0,19

A. L. d. 14—10—1900. Multiplication. Sikkert udregnet, dog uden Erindring af Facit.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I 8392 × 17	53,9	39,4	14,5	0,27
II 7654 × 18	39,9	25,1	14,8	0,37

A. L. d. 14—10—1900. Multiplication. Facit rigtigt angivet.

Arbejde:	A_s	A_v	$A_s \div A_v$	M
I 4672 × 18	92,5	48,2	44,3	0,48
II 3791 × 17	68,9	33,5	35,4	0,51

Endvidere ere Værdierne for *M* fra flere Forsøg opførte i nedenstaaende Tabel XLV, tilligemed Forsøgenes Antal og de udregnede Middelfejl.

Saavel det anførte Enkeltforsøg som den tabellariske Oversigt viser, at den større Opmærksomhedskoncentration bevirker en større Innervationsformindskelse, men tillige ser man, at inden for hver Grad af Opmærksomhedskoncentration svinger Innervationsformindskelsen, *M*, stadig overens med Hjernearbejdets Størrelse.

Endvidere fremgaar det, at til et givet Hjernearbejde svarer en vis minimal Innervationsformindskelse, uden hvilken hint overhovedet slet ikke lader sig udføre.

Skal man benytte *M* som relativt Maal for forskellige Hjernearbejder, maa disse stadigt udføres med samme Opmærksomhedskoncentration, altsaa enten med minimal eller med maximal, da man ikke er i Stand til at vedligeholde en konstant

Middelkoncentration af Opmærksomheden; af Tabellen ses nemlig, at Middelfejlen i saa Fald bliver størst.

3) Samme Hjernearbejde udført af forskellige Forsøgspersoner bevirker forskellig Innervationsformindskelse, saaledes at denne er des større, jo mindre øvet Forsøgspersonen er. Dette fremgaar klart af de under 1) anførte Forsøg, naar det

Tabel XLV.

Arbejdets Art		Opmærksomheds-koncentr.		
		Min.	Middel	Max.
Multiplikation af 3-ciffr. Tal med 2-ciffr. Tal over 20	*M*	0,21	0,58	
	Antal Forsøg	2	2	
	Middelfejl	0,02	0,04	
Multiplikation af flerciffr. Tal med 2-ciffr. Tal under 20	*M*	0,19	0,32	0,50
	Antal Forsøg	6	2	2
	Middelfejl	0,015	0,05	0,015
Addition af 6 5-ciffr. Tal	*M*	0,18	0,31	
	Antal Forsøg	3	4	
	Middelfejl	0,02	0,04	
Addition af 4 3-ciffr. Tal	*M*	0,10	0,19	0,26
	Antal Forsøg	3	3	2
	Middelfejl	0,013	0,03	0,005

noteres, at Dr. B. afgjort regnede lettere end A. L. Til yderligere Sammenligning kan anføres følgende Forsøg med Fnn., hvis Duelighed i Hovedregning var ringere end A. L.'s.

Fnn. d. 3—4—1900. Addition af 6 5-ciffrede Tal.
$A_S = 75{,}2 \quad A_D = 43{,}9 \quad A_S \div A_D = 31{,}3 \quad M = 0{,}42$

For samme Arbejde med A. L. var som ovenfor anført $M = 0{,}33$ og $M = 0{,}38$.

4) Ubetonede Fornemmelser og Reproduktioner af velkendte Forestillingsrækker som Alfabetet og Talrækken havde ingen maalelig Indflydelse paa samtidig Muskelinnervation,

5) ligesom ej heller to samtidige Muskelinnervationer udøvede gensidig Hæmning.

6) Sluttelig skal anføres, at et givet Hjernearbejde frembragte den samme relative Formindskelse af to samtidige Muskelinnervationer. Forsøg herover udførtes ved samtidig at tage Ergogrammer med begge Hænder. Nedenfor ere opførte to saadanne:

Dr. B. d. 31—3—1900. Addition af 6 5-ciffrede Tal.

	A_S	A_D	$A_S \div A_D$	M
Højre Haand	57,0	46,9	10,1	0,18
Venstre Haand	66,5	53,6	12,9	0,19

A. L. d. 31—3—1900. Addition af 6 5-ciffrede Tal.

	A_S	A_D	$A_S \div A_D$	M
Højre Haand	81,6	60,8	20,8	0,26
Venstre Haand	85,2	61,6	23,6	0,28

Fysisk Parallel. Under Forsøg paa at finde en Forklaring paa de ovenfor skildrede Forhold fik LEHMANN Øje paa den mærkelige Overensstemmelse, der er mellem disse og den gensidige Hæmning af to samtidige Energiudladninger fra samme Energikilde med givet Potential, og for nærmere at komme til Klarhed over disse Analogier udførte LEHMANN følgende Experiment.

Fra en højtstaaende Mariotteflaske førtes en Gummislange med ca. 1 cm.^{2} Tværsnitsareal til Bunden af en anden Flaske, der stod ca. 2 m. lavere, og i Proppen af hvilken der var anbragt tre lodrette Glasrør, forsynede med Haner og mærkede med Tallene 1, 2 og 3.

Nr. 1 og 2 vare Haarrør, men den haartrukne Del var længere paa Nr. 2 end paa Nr. 1; Nr. 3 havde derimod et Tværsnitsareal paa nogle faa Kvadratmillimetre.

Naar Apparatet fyldes med Vand og man aabner for Rørene, vil Vandet strømme ud forneden som Springvand og derved udføre et vist Arbejde; Potentialet af dette er proportionalt med Springvandshøjden, som let kan maales; af saadanne Maalinger fremgik da:

I) Naar man aabner for Udløb Nr. 1 alene, vil Vandstraalen hæves til en Højde $H_1 = 93$ cm.

II) Aabnes Udløb Nr. 2 alene, vil Vandet paa Grund af den større Modstand i Udløbet kun stige til $H_2 = 42$ cm.

III) Aabnes begge Udløb — Nr. 1 og 2 — samtidigt, ville de respektive Stigehøjder, H_1 og H_2, forblive uforandrede; thi begge repræsentere kun saa ringe en Energiudløsning, at denne maa betragtes som Differential af Maskinens samlede potentiale Energi og som Følge deraf ikke kan udøve nogen maalelig Hæmning.

IV) Hvis man derimod tillige aabner for Udløb Nr. 3, ville Stigehøjderne 1 og 2 aftage kendeligt og blive henholdsvis $H'_1 = 81$ og $H'_2 = 36$ cm.

Stigehøjdernes absolutte Formindskelser ere altsaa forskellige; derimod ville de relative Værdier vise sig at være ens.

	H_1	H_2	$H_1 \div H_2$	$(H_1 \div H_2) : H_1$
Udløb Nr. 1	93	81	12	0,13
Udløb Nr. 2	42	36	6	0,14

V) Naar man derpaa indsnævrer Arealet af Udløb Nr. 3 ved langsomt at lukke Hanen, ville Stigehøjderne 1 og 2 voxe tilsvarende, indtil de naa deres Maximalværdi, ved Hanens Lukning.

Det vil nu ikke være vanskeligt at paavise en dybtgaaende Overensstemmelse mellem de psykologiske Forhold, der ere omtalte i Punkt 1—6 ovenfor, og Forsøgene med Vandmaskinen.

Lad os sidestille det ringe Hjernearbejde, der kræves til en Muskelinnervation, med det differentiale Arbejde, Vandmaskinen udfører, naar Vandet strømmer ud

gennem et Haarrør (Udløb Nr. 1 eller 2), og lad det Hjernearbejde, der udkræves til Tænkning, som f. Eks. Hovedregning, svare til Vandmaskinens Arbejde gennem det større Udløb Nr. 3; man vil da Punkt for Punkt finde Parallelsteder til de psykologiske Forhold i de fysiske Forhold ved Vandmaskinen.

Punkt 1) vil saaledes svare til Punkt IV) og V).

Punkt 2) vil finde sit Parallelforhold i Punkt V), naar man lader det psykologiske Begreb Opmærksomhed svare til det fysiske Begreb Udløbsaabningens Tværsnitsareal, saaledes at det, at Hjernen arbejder med svingende Opmærksomhed, vil svare til, at Vandmaskinen arbejder med varierende Udløbsaabning.

Punkt 3) svarer til Punkt IV). De to Hjerner, der udføre samme Tankerække med samme Opmærksomhed men med forskellig Øvelse, svare til to Vandmaskiner med konstruktive Forskelligheder ved Udløbene; smlgn. Forskellen ved de to Haarrør Nr. 1 og 2.

Punkt 4) og 5). Ubetonede Forestillinger maa antages at forløbe med meget ringe Energiforbrug, f. Eks. af samme Størrelsesorden som Muskelinnervationer, og Parallelstedet vil da findes i Punkt III).

Punkt 6) svarer til Punkt IV).

Man prætenderer ikke hermed at have fundet en fysisk Parallel til Hjernen, hvis Virkemaade i alle Detailler skulde stemme overens med dennes; hvad man har søgt og fundet, er en lidet sammensat Maskine, ved hvis Arbejde man faar et let overskueligt Billede af den indbyrdes Hæmning ved samtidige Energiudladninger.

Dette Hæmningsfænomen er ikke særligt knyttet til Vandmaskinen, men genfindes overalt, hvor der udføres samtidigt Arbejde paa flere Steder fra fælles Energikilde med givet Potential.

Beregning. En nærmere Undersøgelse heraf udføres lettest ved Beregning. Naar den nedre Beholder i den ovenfor omtalte Vandmaskine har n Udløbsaabninger med Tværsnitsarealerne a_1, $a_2 \ldots a_p \ldots a_n$. og naar Højdeforskellen mellem Vandspejlene i den øvre og nedre Beholder er h, saa vil det Arbejde, der i t sec. udføres af den p'de Aabning kunne udtrykkes ved (se Tillæg IV):

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot a_p \cdot t \tag{20}$$

hvor Hæmningsfaktoren $K = 1 + \left(\frac{\Sigma_1^n a_p}{a_o}\right)^2$, $c = \sqrt{2g}$ og a_o = Tværsnitsarealet af Forbindelsesledningen mellem øvre og nedre Beholder. Maskinens samlede ydre Arbejde bliver

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p \tag{21}$$

og Maskinens totale Arbejdsydelse = Summen af ydre og indre Arbejde bliver

$$A_t = c \cdot \frac{h^{3/2}}{K^{1/2}} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p \tag{22}$$

Under ganske andre fysiske Betingelser, men med ensartet Virkning, optræder Hæmningen ved det galvaniske Element (se Tillæg V). For et galvanisk Element med indre Modstand m_o og elektromotorisk Kraft h, og hvis Poler ere forbundne med n Ledninger af Tværsnit $a_1, a_2 \ldots a_p \ldots a_n$ med Ledningsevne c, vil det ydre Arbejde i den p'de Ledning i t sec. blive

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot a_p \cdot t \tag{23}$$

hvor Hæmningsfaktoren $K = 1 + c \cdot m_o \Sigma_1^n a_p$. Elementets samlede ydre Arbejde bliver

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p \tag{24}$$

og den totale Arbejdsydelse = Summen af indre og ydre Arbejde

$$A_t = c \cdot \frac{h^2}{K} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p \tag{25}$$

Tilsvarende Hæmningsvirkninger genfindes ved Kedelanlæg, fra hvilke den højspændte Damp strømmer ud gennem et forgrenet Ledningsnet til Arbejdsmaskiner, Varmeovne etc., hvor den i Dampen værende Energi udløses. Aabnes for en Ventil, inddrages et nyt Arbejdsfelt, hvorfra der vil udbrede sig en Hæmningsvirkning til de øvrige Arbejdssteder, og den Lov, hvorefter Hæmningsvirkningen forløber, vil ogsaa i dette Tilfælde kunne formuleres i Udtryk analoge med ovenstaaende.

Rækken vil let kunne suppleres med andre Eksempler, og i Almindelighed vil man da have:

Naar en Energikilde eller Akkumulator med givet Potential arbejder samtidig i n forskelllige Centrer, vil det ydre Arbejde, der udføres i et enkelt Centrum, kunne udtrykkes

$$A_p = c_1 \left(\frac{h}{K}\right)^m \cdot a_p \cdot t \tag{26}$$

hvor Hæmningsfaktoren $K = 1 + c_2 (\Sigma_1^n a_p)^q$, idet h = Energikildens Potential, a = de enkelte Arbejdscentrers Kapaciteter og t = Tiden, i hvilken der arbejdes, medens Potenseksponenterne m og q ere afhængige af vedkommende Art af Energi.

Naar man nu udfra den paaviste Overensstemmelse mellem Hæmningsvirkningerne ved Vandmaskinen og Hjernen opfatter sidstnævnte i energetisk Henseende som en arbejdende Akkumulator, vil man kunne anvende Formlen (26) som Udtryk for Hjernearbejdets Størrelse i et enkelt Arbejdscentrum.

Vi kende imidlertid intet til Arten af den foreliggende psykiske Energiform og kende derfor heller intet til Størrelsen af Eksponenterne m og q, men vil i

efterfølgende Beregning forsøgsvis benytte samme Værdier som ved Vandmaskinen, altsaa $m = {}^3/_2$ og $q = 2$.

Man er nu i Stand til beregningsmæssigt at gennemgaa de LEHMANN'ske Ergografforsøg.

Størrelsen pr. Tidsenhed af en Muskelinnervation alene bliver saaledes, svarende til Arbejdet ved Udløbsaabningen a_1,

$$A_1 = c_1 \cdot \left(\frac{h}{1 + c_2 \cdot a_1^2}\right)^{3/2} \cdot a_1$$

eller da a_1 er meget lille

$$A_1 = c_1 \cdot h^{3/2} \cdot a_1 \qquad (27)$$

Størrelsen af en Muskelinnervation ved samtidigt Hovedregningsarbejde bliver

$$A_1' = c_1 \cdot \left(\frac{h}{1 + c_2 (a_1 + a_2)^2}\right)^{3/2} \cdot a_1$$

idet Udløbsaabningen a_2 svarer til Regnearbejdet. Naar man endvidere som før bortkaster a_1, faas

$$A_1' = c_1 \cdot \left(\frac{h}{1 + c_1 \cdot a_2^2}\right)^{3/2} \cdot a_1$$

Den relative Innervationsformindskelse paa Grund af Regnearbejdet bliver da

$$M = \frac{A_1 \div A_1'}{A_1} = 1 \div \left(\frac{1}{1 + c_2 \cdot a_2^2}\right)^{3/2} \qquad (28)$$

Heraf fremgaar i Overensstemmelse med Forsøgene:

At Hjernearbejde af konstant Størrelse (konstant a) for samme Forsøgsperson bevirker en konstant relativ Formindskelse, M, af en samtidig Muskelinnervation, og at, naar Hjernearbejdets Størrelse varierer (varierende a), vil Innervationsformindskelsen svinge parallelt hermed.

Man vil ved Hjælp af (28) kunne beregne de relative Værdier af a for ovenstaaende Ergografforsøg; dette skal her udføres for de i Tabel XLV opførte Forsøg.

Disse vedrøre, som nævnt, ensartede Hovedregningsarbejder udførte med varierende Opmærksomhedskoncentration. For samme Arbejde udført med samme Grad af Opmærksomhed findes konstant M og derfor ogsaa konstant a; varierer Opmærksomhedskoncentrationen, vil M og derigennem ogsaa Størrelsen a i Udtrykket for M variere. Man kan da med nogen Grund under disse Forhold opfatte a som et Maal for Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse. Udfra denne Betragtning ere de relative Værdier af a beregnet for Forsøgene i Tabel XLV og opførte i Tabel XLVI, saaledes at Værdien af a ved maximal Opmærksomhedskoncentration er sat = 100.

I energetisk Henseende vil da det psykologiske Begreb: Opmærksomhedskoncentration være et Udtryk for den Ejendommelighed, at man vilkaarligt kan løse samme Opgave i samme Tidsrum med forskellig Energimængde.

Associationsarbejde. Foruden ovennævnte Forsøg udførte LEHMANN i 1903 en Række Maalinger over Associationsarbejdes Hæmning af samtidigt Muskelarbejde; Muskelarbejdet bestod i 40 Træk pr. Minut i Ergografen, og det psykiske

Tabel XLVI.

Arbejdets Art	Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse		
	Minimum	Middelværdi	Maximum
Multiplikation af flerciffr. Tal med 2-ciffr. Tal under 20	51	71	100
Addition af 4 3-ciffrede Tal	57	82	100

Arbejde bestod i Udenadlæren af meningsløse Stavelsesrækker. Stavelserne gennemlæstes i en bestemt Takt paa 80 Stavelser pr. Minut, og foruden Stavelsernes Antal, n, optegnedes tillige Antallet, g, af de Gennemlæsninger, der vare nødvendige til at lære Remsen.

Forsøgene udførtes med 3 Forsøgspersoner, der lærte Remser med 4—6—8—10 Stavelser; som ved tidligere Forsøg maaltes Hæmningen ved Løftehøjdernes relative Formindskelse M. Resultaternes Middeltal ere opførte i Tabel XLVII.

Tabel XLVII.

n	g	M *maalt*	$a\sqrt{c_2}$	M *ber.*	Diff.
6	1	0,136	0,053	0,130	0,006
8	4	0,216	0,053	0,213	0,003
10	10	0,286	0,050	0,301	0,015

Det fremgaar heraf, at Hæmningen M vokser med Remsens Længde, og vi søge nu paa Grundlag af det tidligere udviklede at finde en Forklaring paa denne Stigning af Hæmningsvirkningen.

Vi ville antage, at det lokale Potentialfald, der hidrører fra Læsningen af en Stavelse i Remsen, ikke øjeblikkeligt udlignes, naar Opmærksomheden rettes mod den følgende, men at Potentialet først efterhaanden, som Arbejdscentret restitueres, naar sin oprindelige Størrelse paany, og at Potentialfaldet i Mellemtiden som en Eftervirkning stadig formaar at udøve Hæmning, om end med aftagende Virkning (Sammenlign hermed: negative Efterbilleder paa Nethinden).

Da vi ikke kende noget til Restitutionens Forløb, kunne vi ikke indføre det aftagende Potentialfald i Regningen; men vi kunne som Tilnærmelse se bort fra Potentialfaldets Aftagen og regne med en konstant Middelværdi af de enkelte Potentialfald indenfor hver Remse. Paa denne Maade vil Udenadlæren af en n-Stavelsers Remse kunne opfattes som et Hjernearbejde bestaaende af n samtidige lige-

store Enkeltarbejder, og kunne sammenlignes med Arbejdet fra en Vandmaskine med n ligestore Udløbsaabninger.

Beregningen af Arbejdets og Hæmningens Størrelse vil da kunne ske ved de tidligere udviklede Formler, men man maa dog paa Grund af den anvendte Tilnærmelse forvente at finde aftagende Værdier af a med voksende Stavelsesantal.

Man kan som tidligere udtrykke Muskelinnervationen uden samtidigt psykisk Arbejde ved (27)

$$A_1 = c_1 \cdot h^{3/2} \cdot a_1$$

Muskelinnervationen ved samtidig Udenadslæren af en n-Stavelsers Remse bliver

$$A_1' = c_1 \cdot \left(\frac{h}{1 + c_2 \cdot n^2 \cdot a_2}\right)^{3/2} \cdot a_1 \qquad (29)$$

og man har da

$$M = 1 \div \left(\frac{1}{1 + c_2 \cdot n^2 \cdot a_2}\right)^{3/2} \qquad (30)$$

Naar heri indføres sammenhørende Værdier af M og n fra Tabel XLVII, faar man de i Tabellens 4'de Kolonne opførte Værdier for $a\sqrt{c_2}$. Som venteligt var, findes a at være meget nær konstant og mindst for den længste Remse; naar Middeltallet $a\sqrt{c_2} = 0{,}052$ indføres i Udtrykket (30) for M, faas de i Tabellens 5'te Kolonne opførte beregnede Værdier for M.

Forsøgene med 4-Stavelsers Remser førte til afvigende Resultater, men Aarsagen hertil er ikke vanskelig at paavise.

Forsøgspersonerne kunne under fuld Opmærksomhedskoncentration netop lære en 6-Stavelsers Remse ved en enkelt Gennemlæsning; men deraf følger, at en 4-Stavelsers Remse kun kræver ringere Opmærksomhedskoncentration for at blive lært, hvad der i Forsøgsresultaterne giver sig til Kende ved en mindre Værdi for M, end venteligt var efter Remsens Længde. For $n = 4$ finder man saaledes $M = 0{,}042$, hvad der giver $a\sqrt{c_2} = 0{,}042$. Naar man endvidere som ovenfor i a antager at have et Maal for Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse, saa vil man finde, at de nævnte 4-Stavelsers Remser ere lærte med en Opmærksomhedskoncentration, der andrager ca. 80 % af den maximale.

Vi skulle nu gaa over til at beregne de i Tabel XXXIII—XXXIV opførte Maalinger for A. L. og S. N.

De maalte Kulsyremængder repræsentere Organismens totale Arbejdsydelse ved Løsningen af de foreliggende Opgaver, og man maa derfor anvende Formel (22) ved Beregningen

$$A_t = \sqrt{2g} \cdot \frac{h^{3/2}}{K^{1/2}} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p \qquad (22)$$

eller naar $c_1 = \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$ og Arbejdet beregnes pr. sec.

$$A_t = a \cdot c_1 \cdot \frac{n}{\sqrt{1 + a^2 \cdot c_2 \cdot n^2}} \qquad (31)$$

Indsættes heri de sammenhørende Værdier af Stavelsesantallet n og det maalte Kulsyreoverskud i $^{cm.^3}/_{sec.}$ for hver Forsøgsperson faas, for A. L. $ac_1 = 0{,}065$ og $a\sqrt{c_2} = 0{,}0366$ og for S. N. $ac_1 = 0{,}131$ og $a\sqrt{c_2} = 0{,}0725$.

Det ses heraf, at de ad denne Vej bestemte Værdier af $a\sqrt{c_2}$ meget nær svarer til Værdien 0,052 fra Ergografforsøgene.

Denne næsten fuldstændige Overensstemmelse mellem Resultaterne fra de to vidt forskellige Maalemetoder, som ere anvendte ved Ergografforsøgene og ved de direkte Stofskiftemaalinger, opfatte vi som et Bevis for Rigtigheden af de Forud-

Tabel XLVIII.

n	A. L.		S. N.	
	Kulsyreoverskud i cm.³/sec.		Kulsyreoverskud i cm.³/sec.	
	maalt	ber.	maalt	ber.
8	0,53	0,50	0,99	0,91
12	0,61	0,71	1,07	1,19
16	0,87	0,90	1,43	1,37
20	1,15	1,05	1,39	1,49

sætninger, under hvilke Beregningerne ere udførte, saaledes at man som tidligere angivet af LEHMANN kan fastslaa, at:

> den Hæmning, der finder Sted mellem samtidige Energitransformationer i Hjernen, i Hovedtrækkene forløber paa samme Maade som tilsvarende Hæmningsvirkninger ved simple fysiske Kraftmaskiner.

Det vil ses, at ved Udførelsen af samme Arbejde forbruger S. N. større Energimængde end A. L., og at Størrelserne $a \cdot c_1$ og $a\sqrt{c_2}$ derfor er større hos Førstnævnte end hos Sidstnævnte; men det vil tillige ses, at Forholdet mellem disse Størrelser $\frac{c_1}{\sqrt{c_2}}$ er meget nær det samme for begge Forsøgspersoner, nemlig 1,78 for A. L. og 1,81 for S. N., saaledes at individuelle Differenser – paa samme Maade som Opmærksomhedskoncentrationens Størrelse og Vanskeligheden af det foreliggende Hjernearbejde — influerer paa Størrelsen af Energiomsætningen ved Variationer i a.

Ved Hjælp af de fundne Konstanter er Størrelsen af Arbejdet i cm.³ Kulsyre pr. sec. beregnet og opført i Tabel XLVIII.

Overensstemmelsen mellem Maalinger og Beregninger ses at være upaaklagelig for A. L.; at den er mindre god for S. N., kan ikke forundre, naar Hensyn tages til, at S. N.'s Øvelse i det paagældende Arbejde varierede en Del under Forsøgsrækkens Udførelse.

Med Forsøgspersonen S. N. udførtes, som ovenfor refereret, to 32-Stavelsers Forsøg, Tabel XXXV; Resultaterne herfra kunne ikke sikkert sammenlignes med de andre Maalinger, da man ved 32-Stavelsers Forsøgene kun arbejdede i to Perioder

og ved de andre Forsøg i tre; men det skal dog anføres, at den beregnede Kulsyreudskillelse i cm.^{3} pr. sec. for $n = 32$ og med de ovenfor fundne Konstanter for S. N. bliver 1,66 $^{cm.^3}/_{sec.}$, medens den maalte Værdi er 1,54 $^{cm.^3}/_{sec.}$; Forskellen er saaledes ikke stor, særlig naar Hensyn tages til, at Værdierne af Konstanterne for $n = 32$ i Virkeligheden maa regnes at være mindre end Værdierne for $n = 8$—20.

Vort Kendskab til de kemiske Transformationer i Hjernen og hele Hjernelivets processuelle Side er saa mangelfuldt, at man end ikke i løse Rids er i Stand til at give et nogenlunde klart Billede af Forholdene; det vil derfor være ret forstaaeligt, om en Teori som ovenstaaende, som væsenlig er bygget over en dristig Analogislutning, og som i sine Konsekvenser er saa vidtrækkende, paa Forhaand vil blive mødt med afventende Skepsis.

Men tillige vil muligvis Teorien alene ved sin Form vække Modstand, idet man straks vil anse det for lidet sandsynligt, at en Sammenstilling af to saa fjerntliggende Objekter som Hjernen og Vandmaskinen skulde kunne føre til en frugtbar Arbejdsteori.

Man fristes da til at pege paa Erfaringerne fra Elektricitetslæren, hvor man under Forsøg paa at udrede de energetiske Forhold ved det galvaniske Element ikke afventede det Tidspunkt, hvor man havde Klarhed over Elektricitetens Natur, men man dannede gennem Analogier med Vandmaskinen hele sin nye Forestillingskreds med denne som Baggrund; og i Kraft af denne Hypotese er den galvaniske Fysik vokset frem, saa at man nu hjemmevant regner med Begreber som: Elektrisk „Strøm", Spændings„fald", etc., uden at tænke paa, hvor usandsynligt naive disse maa have forekommet Datiden.

Tillæg.

For at undgaa Afbrydelser i den foregaaende Fremstilling ere enkelte experimentale Bestemmelser samt længere selvstændige Beregninger opførte samlede i nærværende Tillæg.

I). Analyser af Stueluften i Laboratoriet.

Til Brug ved Fastsættelsen af en Middelværdi for Inspirationsluftens Sammensætning udførtes følgende Luftanalyser:

1). 21—11—1910. Luftprøven toges ved Begyndelsen af et Forsøg og viste Sammensætningen: 0,09 % CO_2 og 20,93 % O_2.

2). 6—12—1910. Luftprøven toges ved Slutningen af et Forsøg og viste Sammensætningen: 0,19 % CO_2 og 20,79 % O_2.

Som Middeltal regnes Inspirationsluftens Sammensætning at være 0,14 % CO_2 og 20,86 % O_2.

II). Bestemmelse af det respiratoriske skadelige Rum hos F. B. og O. O. (Forsøg Nr. 62—63).

I Nagels Handbuch, Bd. I, angiver Bohr følgende Formel til Beregning af Alveoleluftens Kulsyreprocent:

$$c_a = (A \times c_e \div S \times c_i) : (A \div S). \qquad (5)$$

Heri betyder A Middelvolumenet af det enkelte Aandedræt i cm.^{3}, c_e og c_i henholdsvis Exspirations- og Inspirationsluftens Kulsyreprocenter og endelig S det skadelige Rum i cm.^{3}; Værdien S repræsenterer næppe det virkelige skadelige Rum = Volumenet af Næsehulen, Bronchierne etc., men er en Beregningsstørrelse, som indsat i Formlen giver Alveoleluftens Kulsyreprocent c_a. Bestemmelsen af S maa følgelig ske ved i samme Formel at indsætte maalte Værdier af de øvrige Størrelser. Formlen kan ogsaa skrives:

$$S = A \times (c_a \div c_e) : (c_a \div c_i). \qquad (5\,a)$$

A bestemmes ved i et Tidsrum paa t sec. at maale Middelrespirationsniveauet R og Aandedrætsantallet pr. Minut n; man har da $A = 60 \times R : n$. c_e bestemmes ved Dobbeltanalyser af den i Tiden t opsamlede Exspirationsluft og $c_i = 0{,}14$ %. Alveole-

luftens Kulsyreprocent bestemmes ved HALDANE's Metode; ved denne foretager Forsøgspersonen en maximal Exspiration gennem et langt Rør, som Forsøgspersonen efter Exspirationens Slutning lukker med Tungen; den i Røret umiddelbart ved Munden staaende Luft regnes at have samme Sammensætning som Alveoleluften, og herfra tages lige efter Exspirationens Slutning Luftprøver til Analysering. Ved hvert Forsøg foretoges 2 Bestemmelser af Alveoleluftens Kulsyreprocent, den ene foretoges lige efter en naturlig Exspiration, den anden lige før en naturlig Inspiration; sidstnævnte Bestemmelse findes altid noget højere end førstnævnte, og Bestemmelsernes Middeltal benyttes ved Beregningerne.

Tabel XLIX.

Forsøg Nr.	Forsøgsperson	Datum	Tiden : t sec.	Middelrespirationsniveau R cm³/sec.	Exspirationsluftens Kulsyreprocent c_e	Aandedrætsantallet pr. Minut n	Alveoleluftens Kulsyreprocent: efter en naturlig Exspiration	Alveoleluftens Kulsyreprocent: før en naturlig Inspiration	Alveoleluftens Kulsyreprocent: Middeltal c_a	Det skadelige Rum i cm.³	Middeltal i cm.³
62	F. B.	18—11—1910	880	103,9	3,52	13,25	5,50	5,72	5,61	180	180
	F. B.	10—12—1910	760	113,2	3,65	13,50	5,42	5,78	5,60	180	
63	O. O.	12—12—1910	560	122,9	3,35	15,00	5,56	5,67	5,62	204	200
	O. O.	14—12—1910	760	116,6	3,36	14,25	5,36	5,68	5,52	196	

Der udførtes to Forsøg for hver af Forsøgspersonerne F. B. og O. O., og Resultaterne herfra ere opførte i Tabel XLIX. Som Middeltal af Forsøgene fremgaar, at det skadelige Rums Størrelse for F. B. beløber sig til 180 cm.³ og for O. O., til 200 cm.³; i disse Værdier indgaar ogsaa det skadelige Rum hidrørende fra Masken med Forbindelsesslangen.

For de to andre Forsøgspersoner A. L. og S. N. ere ingen særlige Bestemmelser foretagne, men for disse er benyttet Værdien $S = 200$ cm.³.

III). Beregning af Ventilationsforholdene i en Beholder med varierende Ventilation.

I en Beholder med Rumfang V cm.³ omsættes pr. sec. K cm.³ Ilt til Kulsyre. Beholderen ventileres med L $^{cm.^3}/_{sec.}$ kulsyrefri Luft, og Beholderluftens Kulsyreprocent kaldes c_a. Ventilationen foregaar diskontinuerligt ved, at Beholdervæggene rytmisk udvide sig og trække sig sammen og derved henholdsvis suger R $^{cm.^3}/_{sec.}$ kulsyrefri Luft ind og blæser R $^{cm.^3}/_{sec.}$ kulsyreholdig Luft ud. Den ventilerende Luftmængde regnes at blandes fuldstændigt med Beholderluften. Indsugningen og Udblæsningen foregaar gennem et Rør med Volumen S cm.³; dette Volumen repræsenterer et „skadeligt Rum", og naar der foregaar n „Respirationer" pr. Minut, vil man have, at det ventilerende Luftvolumen pr. sec. bliver

$$L = R \div \frac{S \cdot n}{60} \text{ cm.}^3 \qquad (13)$$

Ventilationen L_a udløses automatisk ved den forhaandenværende Kulsyreprocent c_a i Beholderen; Relationen mellem disse to Størrelser er udtrykt ved

$$L_a = \alpha \cdot c_a + \beta, \tag{12}$$

hvor α og β ere Konstanter. Naar Beholderen kun ventileres ved den automatisk udløste Ventilation, vil der indtræde stationære Forhold, under hvilke

$$K = \frac{L_o \cdot c_o}{100},$$

hvor L_o og c_o ere de til disse Forhold svarende Værdier af Ventilationsvolumenet og Beholderluftens Kulsyreprocent. Man har da

$$\beta = L_o \div \alpha \cdot c_o.$$

Man antager nu, at Ventilationen fra normale, stationære Forhold pludselig voxer med det konstante Tillæg: R_k $^{cm.^3}/_{sec.}$; derved vil c_a og følgelig ogsaa L_a aftage. Differentialligningen for Ventilationens Forløb bliver

$$\frac{V \cdot dc_a}{100} = K \cdot dt \div \frac{L \cdot c_a \cdot dt}{100}, \tag{32}$$

idet venstre Side angiver Tilvæksten i Beholderens Kulsyreindhold i Tiden dt, og højre Side angiver Differencen mellem den i samme Tid udviklede og bortførte Kulsyremængde, alt maalt i cm.^{3}. Man har

$$L = R_k + L_a = R_k + \alpha \cdot c_a + L_o \div \alpha \cdot c_o$$

eller

$$c_a = \frac{L \div R_k \div L_o + \alpha \cdot c_o}{\alpha}$$

og

$$d\,c_a = \frac{d\,L}{\alpha}.$$

Disse Udtryk indføres i (32), og man faar da

$$\frac{V \cdot d\,L}{\alpha \cdot L_o \cdot c_o \div L\,(L \div R_k \div L_o + \alpha\, c_o)} = dt; \tag{32a}$$

som Forkortelser indføres

$$a = {}^1/_2\,(\alpha \cdot c_o \div R_k \div L_o) \tag{33}$$

$$b = \sqrt{a^2 + \alpha \cdot L_o \cdot c_o}; \tag{34}$$

Lign. (32a) bliver da

$$\div\, V \int \frac{d\,L}{L^2 + 2\,a \cdot L \div \alpha \cdot L_o \cdot c_o} + C = t. \tag{32b}$$

Efter Integrationen faas

$$\frac{V}{2\,b}\,l_n\,\frac{L+a+b}{\div L\div a+b}+C=t.$$

For $t=0$, d. v. s. paa det Tidspunkt, hvor Ventilationsændringen indtræder, er endnu $c_a=c_o$, og følgelig $L=L_o+R_k$, hvoraf

$$C=\div\frac{V}{2\,b}\,l_n\,\frac{L_o+R_k+a+b}{\div L_o\div R_k\div a+b}.$$

Den endelige Respirationsligning bliver da, naar der samtidig gaas over til Brigg'ske Logarithmer,

$$\frac{V}{0{,}87\cdot b}\cdot\log\frac{L+a+b}{L+a\div b}\times\frac{L_o+R_k+a\div b}{L_o+R_k+a+b}=t. \tag{14}$$

For $t=\infty$ har man $L=L_\infty$, altsaa

$$L_\infty+a=b,$$

hvoraf

$$a\cdot c_o=\frac{L_\infty\,(L_\infty\div R_k\div L_o)}{L_o\div L_\infty},$$

Det antages, at samtidig hermed er Beholderluftens Kulsyreprocent sunket saa meget, at den automatisk udløste Ventilation bliver = 0, og man har da $L_\infty=R_k\div\frac{S\cdot n}{60}$

eller

$$a\,c_o=\frac{\left(R_k\div\frac{S\cdot n}{60}\right)\left(L_o+\frac{S\cdot n}{60}\right)}{R_k\div L_o\div\frac{S\cdot n}{60}}, \tag{35}$$

og heraf kunne Konstanterne a og b bestemmes efter (33) og (34).

IV). Energetiske Forhold ved Vandmaskinen.

Fra en højtstaaende Vandbeholder, *I*, føres en Forsyningsledning med Tværsnitsareal a_o til en nedre Beholder, *II*, med n Udløbsaabninger; disse have Tværsnitsarealerne $a_1\,a_2\ldots a_p\ldots a_n$ og ligge Højden h under Vandspejlet i den øvre Beholder. Naar Udløbene ere lukkede, er Trykket i den nedre Beholder h; aabnes n Udløb, vil Trykket synke til h_n, og Vandet strømmer ud med Hastigheden $v_n=\sqrt{2\times g\times h_n}$ (36), hvor g er Accelerationen, idet man for Simpelheds Skyld regner med samme Udløbskoefficient = l for alle Udløb. Hele det udstrømmende Vandvolumen pr. Tidsenhed er $\sqrt{2\times g\times h_n}\,\Sigma_1^n\,a_p$.

Hastigheden i Forsyningsledningen bliver da

$$v_o=\frac{\sqrt{2\cdot g\cdot h_n}\,\Sigma_1^n\,a_p}{a_o}$$

Til at frembringe denne Hastighed forbruges et vist Tryk

$$\frac{v_o^2}{2g} = \frac{h_n \times (\Sigma_1^n a_p)^2}{a_o^2}.$$

Dette genvindes ikke helt ved Indstrømningen i den nedre Beholder, men tabes tildels ved Gnidning, Hvirvler etc.; vi regne imidlertid her, at det tabes fuldstændigt, og Trykket i den nedre Beholder bliver da

$$h_n = h \div \frac{h_n \cdot (\Sigma_1^n a_p)^2}{a_o^2}, \text{ hvoraf}$$

$$h_n = \frac{h}{1 + \left(\frac{\Sigma_1^n a_p}{a_o}\right)^2}.$$

Idet Vandet strømmer ud af Udløb Nr. p, udfører Maskinen ved dette Udløb et ydre Arbejde A_p, hvis Størrelse maales ved det halve Produkt af Vandets Masse m_p og Kvadratet paa Hastigheden v_n; altsaa

$$A_p = {}^1/_2 \cdot m_p \cdot v_n^2.$$

Her er ifølge (36) $v_n = \sqrt{2 \times g \times h_n}$ og $m_p = a_p \times v_n \times t : g$, hvor t er den Tid, i hvilken Maskinen arbejder. Man har da $A_p = a_p \cdot v_n \cdot h_n \cdot t$, eller naar Værdien for h_n indsættes

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot a_p \cdot t, \tag{20}$$

hvor K, som vi kalde Hæmningsfaktoren, er $= 1 + \left(\frac{\Sigma_1^n a_p}{a_o^2}\right)^2$; $c = \sqrt{2g}$. Maskinens samlede ydre Arbejde bliver da

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^{3/2} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p. \tag{21}$$

Foruden det ydre Arbejde udfører Maskinen tillige et indre Arbejde A_i, som medgaar til Overvindelse af indre Modstande; dette har Størrelsen

$$A_i = {}^1/_2 \cdot \Sigma_1^n m_p \cdot v_o^2 \cdot t = \sqrt{2g} \cdot \frac{h_n^{3/2} \cdot (\Sigma_1^n a_p)^3}{a_o^2} \cdot t.$$

Maskinens samlede indre og ydre Arbejde bliver da

$$A_i + A_y = c \cdot \frac{h^{3/2}}{K^{1/2}} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p. \tag{22}$$

For $\Sigma_1^n a_p = \infty$ faas Maskinens maximale Arbejdsydelse eller disponible Energi

$$A_\infty = c \cdot h^{3/2} \cdot a_o \cdot t.$$

V). Energetiske Forhold ved det galvaniske Element.

Mellem Polerne af et galvanisk Element med elektromotorisk Kraft h og indre Modstand m_o føres n Forbindelsesledninger med Tværsnitsarealerne $a_1\ a_2\ ..\ a_p\ ..\ a_n$ og Modstandene $m_1\ m_2\ ..\ m_p\ ..\ m_n$; Ledningerne regnes at være lige lange og af samme Materiale, og man vil da have $m_p = \frac{1}{c \cdot a_p}$, hvor c er en Konstant. Naar Polerne ere forbundne ved n Ledninger, er Polspændingen h_n, og Størrelsen af det i Ledningen Nr. p udførte Arbejde — det ydre Arbejde — er da

$$A_p = s_p \cdot h_n \cdot t \tag{37}$$

hvor s_p er Strømstyrken i Ledning Nr. p og t = Tiden. Den samlede Strøm, som gaar gennem Elementet, er $\Sigma_1^n s_p$, og man har da

$$h \div h_n = m_o \cdot \Sigma_1^n s_p.$$

Gennem Ledning Nr. p gaar kun Strømmen s_p, hvorfor

$$h_n = s_p \cdot m_p = \frac{s_p}{c \cdot a_p}$$

Heraf faas

$$h_n = \frac{h}{1 + c \cdot m_o \cdot \Sigma_1^n a_p}$$

og

$$s_p = c \cdot \frac{h \cdot a_p}{1 + c \cdot m_o \cdot \Sigma_1^n a_p}.$$

Naar disse to Udtryk indføres i Ligning (37), faas

$$A_p = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot a_p \cdot t, \tag{23}$$

hvor K, som vi vil kalde Hæmningsfaktoren, er $1 + c \cdot m_o \cdot \Sigma_1^n a_p$. Elementets samlede ydre Arbejde bliver da

$$A_y = c \cdot \left(\frac{h}{K}\right)^2 \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p. \tag{24}$$

Foruden det ydre Arbejde udfører Elementet tillige et indre Arbejde A_i, som medgaar til Overvindelse af Elementets indre Modstand; dette har Størrelsen

$$A_i = (h \div h_n)\ \Sigma_1^n s_p \cdot t$$

eller

$$A_i = m_o \left(c \cdot \frac{h \cdot \Sigma_1^n a_p}{K}\right)^2 \cdot t.$$

Elementets samlede indre og ydre Arbejde bliver da

$$A_i + A_y = c \cdot \frac{h^2}{K} \cdot t \cdot \Sigma_1^n a_p. \tag{25}$$

For $\Sigma_1^n a_p = \infty$ faas Elementets maximale Arbejdsydelse eller disponible Energi

$$A_\infty = \frac{h^2}{m_o} \cdot t.$$

OVERSIGT

Naar en Person sætter sig til Hvile efter at have været i let Virksomhed vil Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen pr. sec. aftage fra en vis Begyndelsesværdi, indtil de efter ca. ½ Times Forløb har naaet stationære Slutningsværdier, der ere ca. 10 % lavere end Begyndelsesværdierne.

Dette Resultat medfører, at:

naar man ved kortere Stofskifteforsøg vil søge at bestemme Svingninger i Kulsyreudskillelsen under visse Forhold, er det uomgængeligt nødvendigt at indlede og afslutte Forsøget med en Hvileperiode, for paa denne Maade at faa bestemt den Nullinie, ud fra hvilken Svingningerne kan maales.

Expirationsluftens Kulsyreprocent er tilnærmelsesvis konstant i Hvile indenfor kortere Tidsrum, og man har saaledes alene i Respirationsniveauets Svingninger et tilnærmet Udtryk for Svingningerne i Kulsyreudskillelsen.

Ved Overgang til Hvile stiger Alveoleluftens Kulsyreprocent, hvad der rimeligt vil kunne opfattes som Udtryk for en ved mindre effektiv Lungeventilation forøget Oplagring af Kulsyre i Organismen.

Ved mindre Muskelarbejder, hvor Forsøgspersonen under hele Forsøget indtager samme Legemsstilling og arbejder med uhindret Aandedrætsmekanik, vil den relative Værdi af Stofskifteforøgelsen meget nær kunne udtrykkes ved Stigningen i Respirationsvolumenet.

Medens Nyttevirkningen for den enkelte arbejdende Muskel naar sit Maximum samtidig med, at Muskelen udfører maximalt Arbejde, vil Nyttevirkningen, beregnet for Organismen som Helhed, naa sit Maximum, længe inden den arbejdende Muskel naar Maximum af Arbejdsydelse.

Variationer i Lufttrykket vil indvirke paa Størrelsen af Respirationsniveauet, saaledes at der til relative Minimumspunkter i Lufttryk-Kurven svarer relative Maximumspunkter i Niveaukurven og omvendt og saaledes at en Stigning eller Sænkning i Lufttrykket medfører henholdsvis en Sænkning eller Stigning i Respirationsniveauet.

Respirationen udløses reflektorisk med en saadan Størrelse, at Alveoleluftens Kulsyreprocent tilnærmelsesvis holdes konstant. Indtræder Forandringer i Alveoleluftens CO_2 %, indstiller Respirationen sig strax med en ny Værdi, der tilstræber at udligne Forandringerne. Naar c_a er Alveoleluftens CO_2 %, vil Ventilationsvolumenet L_a kunne udtrykkes tilnærmelsesvis ved $L_a = \alpha \cdot c_a + \beta$. Forøges eller formindskes Respirationen vilkaarligt, vil Organismens staaende Kulsyreoplag henholdsvis formindskes eller forøges. Forløbet heraf kan beregnes under den Forudsætning, at Organismen forholder sig som en Beholder med fri Kulsyre. Dog vil Beholdervolumenet V voxe med Tiden, svarende til at Ændringen i Organismens CO_2-Koncentration først efterhaanden forplanter sig til Periferien.

Naar Øjnene tillukkes, sænkes Respirationsniveauet, og samtidig formindskes Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen; disse Forandringer kan delvis tilskrives en mindre effektiv Lungeventilation.

Under Hvile forløber Respirationen for en Forsøgsperson i vaagen Tilstand jævnt bølgeformet; ved indtrædende Søvn sænkes Respirationsniveauet, hvorefter Respirationen forløber med konstant Niveauværdi. Aarsagen til den bølgeformede Respiration under vaagen Tilstand maa søges i skiftende Bevidsthedstilstande.

Ved Udenadslæren af meningsløse Stavelsesrækker forøges Organismens Kulsyreudskillelse. Denne Forøgelse, der er relativt stor ved Arbejdets Begyndelse, kan paa dette Tidspunkt delvis tilskrives en Udvaskning af Organismens Kulsyre, men maa iøvrigt som Helhed opfattes som Udtryk for en samtidig Forøgelse af Kulsyreproduktionen — altsaa et forøget Stofskifte. Af denne Stofskifteforøgelse hidrører en ringe Brøkdel fra de under det psykiske Arbejde udførte

Muskelbevægelser, medens den overvejende Del maa skyldes de psykofysiologiske Processer, der betinge Associationsarbejdet.

Størrelsen af den Stofskifteforøgelse, der hidrører fra et psykisk Arbejde, svinger parallelt med den subjektivt vurderede Størrelse af det udførte Arbejde.

Den Stofskifteforøgelse, der knytter sig til Udførelsen af et bestemt psykisk Arbejde, vil aftage, efterhaanden som Forsøgspersonen opnaar større Øvelse i det paagældende Arbejde.

I energetisk Henseende vil det psykologiske Begreb: Opmærksomhedskoncentration være et Udtryk for den Ejendommelighed, at man vilkaarligt kan løse samme Opgave i samme Tidsrum med forskellig Energimængde.

Den Hæmning, der finder Sted mellem samtidige Energitransformationer i Hjernen, forløber i Hovedtrækkene paa samme Maade som tilsvarende Hæmningsvirkninger ved simple fysiske Kraftmaskiner.

RÉSUMÉ

Le présent travail a été exécuté dans le laboratoire de psychophysique de l'Université de Copenhague à l'instigation des travaux déjà accomplis par MM. LUDVIG FEILBERG et ALFRED LEHMANN.

Nous avons essayé de transporter l'étude des phénomènes psychologiques fondamentaux dans le domaine de la théorie de l'énérgie.

Recherches antérieures.

LAVOISIER avait déjà exprimé l'idée que le travail psychique était accompagné, comme le travail musculaire, d'une dépense de substance susceptible de mesure. On a procédé à de nombreuses recherches expérimentales pour résoudre cette question. On a exécuté soit des mesures de température, soit des recherches sur l'élimination urinaire, ou encore sur l'élimination du phosphore, en partant de cette idée que l'abondance des combinaisons phosphorées conténues dans le cerveau devait amener une augmentation dans l'élimination du phosphore par les urines lorsque l'activité cérébrale était fortement accrue.

L'un des travaux expérimentaux les plus importants est dû à SPECK. Il mesura l'élimination de CO_2 et l'assimilation de O_2 pendant le repos et pendant un travail psychique, lequel consistait dans la solution de problèmes mathématiques et dans la lecture d'ouvrages latins et grecs. L'enquête révéla qu'il y avait augmentation des échanges au cours du travail psychique, mais cet accroissement était dû, pensait Speck, aux inévitables mouvements musculaires concomitants. Mais la tentative de Speck est dans son ensemble entachée d'erreur, car la période de repos qu'il a prise comme norme se trouvait situé tantôt avant et tantôt après la période de travail et en était souvent séparée par une période d'une demi-heure qui comportait divers travaux de laboratoire. Or quand il s'agit de révéler de petites différences dans les échanges chimiques, ces variations se trouvent vite effacées par une telle méthode d'expérimentation. Parmi les autres travaux on peut signaler celui de M. JOHANSON, »Über die Tageswankung des Stoffverbrauch« (Skandinav. Archiv für Psychologie, 1898). Dans cette étude, où l'élimination de CO_2 est déterminée d'heure en heure dans l'état de repos absolu, M. Johanson a démontré que l'intervention accidentelle d'une vive activité psychique augmentait la désassimilation de CO_2. Dans ces expériences il n'y a absolument ni mouvements musculaires ni tension musculaire.

D'autres expériences ont été faites par MM. ATWATER, WOODS et BENEDICT (Bulletin n° 44 U. S. Dep. of Agric. Off. of Exp. St.), mais sans résultats décisifs.

Autres expériences par MM. BENEDICT et CARPENTER (Bulletin n° 208, U. S. Dep. of Agric. Off. of Exp. St.), exécutées dans un calorimètre respiratoire. Les personnes soumises aux expériences étaient de jeunes étudiants: ils résolurent un problème d'examen écrit dans un calorimètre en trois heures, après quoi on procéda pour chacun à une expérience de contrôle qui consista en un séjour dans le calorimètre pendant 3 heures, au cours desquelles l'individu copiait un livre ou se livrait à un travail du même genre. Même si ces expériences

présentent ce défaut que l'expérience de travail et celle de contrôle ont été séparées par un mois d'intervalle, on peut en conclure cependant que le travail psychique exécuté n'a pas suffi à révéler une augmentation des échanges (comparer l'expérience de M. Johannson).

En outre il à été démontré par d'autres savants que la grandeur des échanges varie avec la saison, qu'elle s'accroît en été pour diminuer en hiver. Une distance d'un mois entre les deux séries d'expériences pourra donc suffire à aplanir les petites différences dont il s'agit ici.

Méthode.

La méthode d'expérience consista à mesurer le volume de l'air inspiré à l'aide d'un gazomètre et à recueillir l'air expiré dans un spiromètre dont on prenait des échantillons d'air expiratoire pour analyser la teneur en CO_2 et en O_2. La personne soumise à l'expérience était assise dans un fauteuil commode et respirait par un masque très collant d'où des tuyaux de caoutchouc conduisaient les uns aux spiromètres, lesquels contenaient environ 100 litres chacun et pouvaient se vider et se remplir indépendamment l'un de l'autre, et les autres aux gazomètres. Les deux conduits, expiratoire et inspiratoire, étaient séparés par une soupape de respiration.

Sur le conduit expiratoire on avait en outre inséré un appareil destiné à prendre des échantillons continuels de l'air expiré. Cet appareil fut utilisé dans certaines expériences où nous procédions seulement à des mesures de l'air inspiré, complétées par des analyses d'échantillons d'air expiré.

Nous mentionnerons brièvement les diverses parties des appareils; ceux-ci comprenaient: 1° un gazomètre; 2° un masque respiratoire avec soupapes et tubes de communication; 3° un appareil destiné à prendre des échantillons; 4° des spiromètres. Voir fig. 1.

1) Le gazomètre est un de ces appareils de mesure ordinaires, humides, qui indiquent les quantités d'air introduites en pieds cubes anglais. Les dimensions du gazomètre étaient telles qu'il mesurait pour un tour d'axe $^1/_2$ pied cube anglais = 14,157 litres. Comme les unités de ce gazomètre étaient trop grossières pour nos besoins, nous avons prolongé son axe à travers le côté arrière et nous avons muni cet axe d'un cercle divisé de 360°. Les mesures de contrôle montrèrent qu'un degré correspondait à 41,2 cm.^{3}. On faisait la lecture du gazomètre toutes les 40 secondes. Le temps était donné par un chronomètre à signal électrique. Si par exemple la lecture faite à 2 coups de cloche successifs donne $x°$ et $y°$, le volume mesuré sera de $41{,}2 \cdot (x° - y°)$. La grandeur $x° - y°$ directement mesurée sur le gazomètre donnera donc, à très peu de chose près, le volume moyen de la respiration par seconde, mesuré en centimètres cubes. Nous appelons cette donnée le niveaux respiratoire. Du gazomètre l'air inspiratoire est conduit au masque respiratoire par un tube de 1,8 cm. de diamètre. Sur le chemin est disposée une soupape qui ne peut s'ouvrir que pendant l'inspiration.

2) Le masque respiratoire se compose d'un entonnoir en fer-blanc sommairement modelé d'après la forme du visage, et dans lequel on a coulé ensuite une pâte dite »pâte de Stentz«: cette substance se ramollit à une legère élévation de température et par suite épouse bien les formes du visage, bouchant hermétiquement le passage de l'air. Il va sans dire que chaque personne soumise à l'expérience avait son masque à elle. Du masque l'air expiratoire était conduit par une soupape d'expiration dans les spiromètres. Dans les tubes et masques employés par nous l'espace nuisible n'était que de 30—40 ccm.^{3}.

3) Entre le masque respiratoire et la soupape expiratoire était inséré un appareil à échantillons. Cet appareil se compose d'une série de récipients de verre cylindriques, de 20 cm.^{3} environ de capacité, fermés par 2 robinets de verre à double perforation. Avant l'expérience les récipients étaient remplis de mercure: quand on veut prendre un échantillon

d'air, on laisse couler lentement le mercure par un tube en caoutchouc muni d'une pointe de verre finement allongée. Lors des expériences où nous avons employé cette méthode, nous avons fait durer environ 2 minutes l'écoulement du mercure. Pour que l'échantillon recueilli de l'air expiratoire pût être un échantillon moyen exact de l'air expiré pendant les deux minutes, nous avons inséré sur le conduit expiratoire, immédiatement avant l'appareil de prélèvement, un récipient de mélange d'environ 600 cm.³. Voir la figure. Au fond de ce récipient de mélange est disposé un tube de verre en U que l'on a rempli d'eau et qui a servi de manomètre dans certaines expériences faites par nous pour rechercher comment la respiration se modifiait lorsque variait la pression inspiratoire. En outre un mince tube de caoutchouc reliait le conduit d'expiration à un tambour de Marey, lequel enregistrait la respiration sur un cylindre rotatif.

Ière partie.

Expériences de repos.

Quelques minutes avant l'expérience et pendant toute la durée de la dite expérience l'individu était assis dans un fauteuil commode, en état de repos physique complet. Toute l'expérience de repos (voir tableau VIII) durait 42×40 secondes. On voit par le tableau que le niveau respiratoire s'abaisse d'une valeur maximale de début à une valeur finale minimale. On put constater que cette diminution était un phénomène constant pour toutes les 4 personnes soumises à l'expérience. Cette expérience, qui dura une demi-heure, fut partagée en 3 périodes, chacune d'environ 10 minutes. Il en résulte que la diminution observée du niveau respiratoire est plus forte au début de l'expérience qu'à la fin, de sorte que le niveau respiratoire se rapproche d'une valeur constante. Dans chacune des 3 périodes d'expérience on prit un échantillon de l'air expiratoire, dont la teneur en CO_2 pour cent est à très peu de chose près constante dans les 3 périodes.

Nous mentionnerons en outre une expérience de repos qui dura 50 minutes. L'expérience fut également partagée en périodes de 10 minutes, et l'air expiré fut recueilli alternativement dans les deux spiromètres; dans l'air expiratoire ainsi prélevé on détermine la valeur moyenne du pourcentage de CO_2 pour chacune des 5 périodes (voir tableau 10). On constate que l'élimination de CO_2 dans cette expérience de 5,03 cm.³ par seconde dans la 1e période, et qu'elle est par contre de 4,55 cm.³ et de 4,60 cm.³ par seconde dans la 4e et la 5e période. On voit ainsi que l'élimination de CO_2 a baissé en une demiheure d'environ 10 %. Dans une autre expérience organisée de même sorte (voir tableau XII) on a également mesuré le nombre des respirations par minute. A l'aide de cette mesure on a pu calculer le pourcentage de CO_2 dans l'air des alvéoles pulmonaires. Il en résulte que la diminution signalée dans l'élimination de CO_2 est accompagné d'une augmentation du pourcentage de CO_2 dans l'air des alvéoles: le fait doit vraisemblablement s'interpréter comme signifiant une augmentation du dépôt de CO_2 dans l'organisme par suite d'une ventilation pulmonaire moins effective.

Échanges chimiques dans de petits travaux musculaires.

Cette expérience fut faite avec l'aide d'un ergographe à poids, de sorte que l'individu en expérience était tranquillement assis et ne travaillait que d'une main. L'expérience fut partagée en 5 périodes: d'abord une période de repos, puis 3 périodes de travail où l'individu exécutait un petit travail consistant à lever toutes les deux secondes par ex. 6 kilogr., finalement une nouvelle période de repos. On voit par le tableau XIV que l'élimination de CO_2 est très accrue dans la première période de travail, un peu moindre dans les

2 périodes de travail suivantes et que dans la dernière période de repos elle est moindre que dans la première période de repos. Comme on a également déterminé le nombre des respirations par minute, on en a déduit le pourcentage de CO_2 dans l'air des alvéoles pulmonaires: or on constate que la proportion de CO_2 est à peu près constante, mais avec une faible augmentation pendant le travail. L'expérience où l'individu levait 6 kgr. toutes les deux secondes donne une assez forte augmentation d'échanges chimiques pour qu'on ait pu en déterminer la valeur absolue avec une grande précision; par contre, l'expérience avec soulèvement de 2 kgr. toutes les 2 secondes donna une si faible augmentation d'échanges qu'il fut impossible de déterminer celle-ci avec quelque exactitude. Le tableau XV représente une expérience où l'on a enregistré en outre le grandeur du travail à l'aide d'un kymographe. Le travail consistait à soulever des poids de 1—2—4—6—8 kgr. En comparant l'excédent de CO_2 que produisit le travail exécuté avec les divers poids on voit que cet excédent s'élève régulièrement de 0,38 cm.^{3} par seconde à 1,69 cm.^{3} par seconde pour 1 kgr. et 8 kgr. respectivement. Le travail fourni s'élève en même temps de 3 kg.cm. par seconde à 20,07 kg.cm. par seconde. L'effet utile peut se calculer par ces deux séries de chiffres: or on constate que l'effet utile du travail accompli avec ces très petits poids s'accroît à mesure que s'accroissent les poids.

Dans son livre intitulé »Grundriss der Psychophysiologie«, M. A. LEHMANN a calculé la grandeur du travail musculaire pour des poids variables. Il trouve ainsi que chaque muscle exécute son travail maximal en même temps qu'il arrive à l'effet utile maximal. Afin d'examiner si cette loi vaut pour l'organisme dans son ensemble, nons avons procédé à une série d'expériences se composant de 4 expériences isolées. Dans chacune de ces expériences on opéra 20 soulèvements en 40 secondes avec des poids de 4—6—8—10—12—14—16 kgr. Ces périodes de travail étaient séparées par des périodes de repos de 5 × 40 secondes. On ne travaillait qu'avec l'index de la main droite, la dite main restant par ailleurs en repos complet. Dans ces expériences on employa simplement l'accroissement de la respiration comme l'expression des échanges chimiques. Cette méthode se justifie dans des expériences de ce genre; en effet, l'augmentation dans l'élimination d'acide carbonique exprimée en pour cent de la valeur de repos et l'augmentation dans le niveau respiratoire exprimée en pour cent de la valeur de repos dans le cas d'un travail avec des poids jusqu'à 8 kgr. toutes les deux secondes, sont presque exactement identiques (voir tableau XVI). Le résultat des expériences faites suivant cette méthode est le suivant: tandis que l'effet utile pour le muscle isolé travaillant atteint son maximum en même temps que le muscle exécute son travail maximal, en revanche l'effet utile calculé pour l'ensemble de l'organisme atteint son maximum longtemps avant que le muscle atteigne le maximum du travail possible.

Le niveau respiratoire et l'état barométrique.

Dans une série d'expériences on détermina quotidiennement pour le même individu, pendant un temps assez long, le niveau respiratoire à l'état de repos. On prenait en même temps l'état barométrique. Les expériences furent faites au même moment de la journée et dans des conditions identiques. Or on observa que le niveau respiratoire se modifie quelque peu d'un jour à l'autre dans des conditions semblables par ailleurs. On doit admettre à l'avance que de nombreux facteurs ont une influence sur le niveau respiratoire quotidien; mais en comparant la grandeur du niveau respiratoire avec l'état barométrique réduit, on s'aperçut qu'il existait un rapport oscillatoire inverse nettement perceptible, de sorte qu'une élévation ou un abaissement dans la pression atmosphérique amenait respectivement un abaissement ou une élévation dans le niveau respiratoire au repos. On fit plus tard une série d'expériences correspondantes avec le même individu, et alors aussi le phénomène apparut avec exactitude. (Voir fig. 7—8.)

Recherches respiratoires élémentaires.

Cette série d'expériences comprend des expériences ayant pour but d'examiner comment se comportent le volume respiratoire et l'élimination de CO_2 quand on augmente ou entrave arbitrairement la respiration. Nous avons procédé à ces expériences parce que nous prévoyions une objection éventuelle contre nos expériences de travail psychique où, sous l'influence d'une suggestion ou volontairement, il se peut qu'on entrave ou qu'on augmente la respiration. Nous avons donc cherché à nous rendre compte de certains indices précis pouvant nous révéler quand avaient eu lieu cette entrave ou cette augmentation volontaires de la respiration. Comme il ressort des résultats donnés ci-après, l'entrave ou l'augmentation arbitraires de la respiration s'accompagnent de changements caractéristiques dans le niveau respiratoire, dans l'élimination de CO_2, et dans les variations de la teneur en CO_2 de l'air pulmonaire. Nous mentionnerons d'abord les expériences avec augmentation arbitraire de la respiration. Les expériences se partagèrent en 3 périodes. Dans la première période on respirait normalement; dans la seconde période on augmentait la respiration autant que possible, mais en conservant autant que possible le même nombre de respirations. Dans la troisième période cessait l'augmentation arbitraire de la respiration. Les chiffres des expériences sont donnés dans le tableau XX. On voit par là que le niveau respiratoire s'élève immédiatement à plus du double de la valeur de la période de repos, et s'abaisse ensuite régulièrement. Dans la troisième période le niveau respiratoire s'abaisse considérablement et remonte ensuite d'une façon régulière vers la valeur normale. Cette marche suivie par la courbe du niveau respiratoire s'explique ainsi: Dans la respiration normale au repos, le niveau respiratoire s'obtient résout par mouvements réflexes suivant une quantité x telle que la ventilation pulmonaire L ainsi produite maintient à peu près constant le pourcentage de CO_2 contenu dans l'air des alvéoles Pendant la respiration volontairement accrue, le niveau respiratoire devient la somme de 2 grandeurs, savoir: 1° le niveau automatiquement obtenu par la quantité de CO_2 contenu dans l'air des alvéoles, et 2° l'accroissement volontaire de la respiration. Quant on augmente volontairement la respiration, le pourcentage de CO_2 diminue dans les alvéoles, ce qui ressort des échantillons analysés. Ensuite, l'orsqu'on cesse l'accroissement volontaire de la respiration et qu'on laisse les mouvements respiratoires se produire librement, le niveau respiratoire devient très bas, car la proportion de CO_2 contenue dans l'air des alvéoles n'est plus suffisante pour produire par action réflexe la même ventilation des poumons qu'au début de l'expérience; mais comme il se développe toujours du CO_2 dans l'organisme, la proportion de CO_2 contenue dans l'air des alvéoles montera peu à peu et en même temps s'accroîtra la ventilation pulmonaire jusqu'à ce qu'on atteigne l'état d'équilibre. Nous avons procédé à plusieurs expériences de ce genre, et la courbe de respiration suivit toujours une marche si régulière que, partant de notre théorie indiquée ci-dessus pour la résolution de la grandeur du niveau respiratoire, nous avons entrepris de calculer mathématiquement la marche de la respiration. On peut constater que les chiffres calculés concordaient très exactement avec les chiffres mesurés. La seule divergence apparente fut que le volume calculé pour les poumons était de 27000 cm.^{3}, chiffre environ 10 fois plus grand que celui du volume vrai. L'explication en est que la tension d'acide carbonique de l'air des alvéoles correspond avec la tension d'acide carbonique du sang, ce qui, dans le calcul, doit donner un volume pulmonaire très accru. Nous mentionnerons ensuite les expériences faites avec la respiration artificiellement entravée. Ces expériences furent faites exactement comme celles que nous venons de mentionner et où l'on augmentait artificiellement la respiration. L'expérience se divisa en 3 périodes. Dans la première période on respirait normalement, dans la deuxième la respiration était entravée autant que possible. Le niveau respiratoire descendait de la sorte jusqu'au chiffre de 20 environ en partant de la normale, qui était

d'environ 115 cm.^{3} par seconde, mais remontait peu à peu jusqu'à 60 environ, tandis que le nombre des respirations était de 2 environ en 40 secondes. Un échantillon de l'air expiratoire révéla une teneur de 6,46 % de CO_2. Dans la 3e période cessa l'entrave volontairement apportée à la respiration. Le niveau respiratoire monta aussitôt à 270 cm.^{3} par seconde, soit à plus du double du niveau normal et s'abaissa ensuite régulièrement jusqu'à 105 environ. Cette entrave de la respiration causa quelque gêne à la personne en expérience, mais par contre elle n'éprouva aucun désagrément à augmenter volontairement la respiration, pendant les 10 minutes que dura cette augmentation. Cependant d'autres auteurs ont constaté que si l'on continue pendant un temps assez long à augmenter volontairement la respiration il peut en résulter des phénomènes très désagréables, tels que l'évanouissement, etc. On peut résumer comme il suit le résultat de ces expériences et les calculs.

La respiration s'effectue automatiquement dans de telles proportions que le pourcentage de CO_2 contenu dans l'air des alvéoles se maintient à peu près constant. S'il se produit des modifications dans le CO_2 % de l'air des alvéoles, la respiration se présente aussitôt avec une nouvelle valeur qui tend à aplanir les modifications. Si la respiration est augmentée ou diminuée volontairement, la provision d'acide carbonique en suspens dans l'organisme sera respectivement diminuée ou augmentée. Ce processus peut se calculer en partant de ce principe que l'organisme se comporte comme un récipient contenant de l'acide carbonique libre. Cependant le volume V du récipient s'accroît avec le temps, et cela vient de ce que la modification survenue dans la concentration d'acide carbonique de l'organisme ne se propage que peu à peu dans les parties périphériques de l'organisme.

Modifications subies par la respiration quand les yeux sont fermés ou pendant le sommeil.

M. PFLÜGER a montré par des expériences faites sur les animaux que les échanges chimiques diminuent d'intensité quand les yeux se ferment. Nous avons fait une expérience analogue sur nous-mêmes. L'expérience comprenait 3 périodes (voir le tableau XXIII). Les yeux étaient fermés dans la 2e période. La personne en expérience était assise tout le temps dans un état de repos complet. On constata que l'occlusion des yeux s'accompagnait d'un abaissement du niveau respiratoire, et qu'en même temps se ralentissaient l'élimination de l'acide carbonique et l'absorption de l'oxygène. Le tableau XXIV montre que le pourcentage calculé de CO_2 dans les alvéoles pulmonaires s'est sensiblement accrû au cours de l'éxperience. Ce fait, joint à cet autre fait que dans la 2e période on trouve le quotient respiratoire le plus bas, indique que, pour une raison ou pour une autre, la ventilation des poumons a été pendant cette période moins effective; l'abaissement qui se produit dans les échanges chimiques quand on ferme les yeux vient peut-être en partie de la diminution d'activité cérébrale qui résulte de ce que la vie intellectuelle facile que favorise l'état de repos se trouve entravée quand les yeux se ferment.

Nous mentionnerons maintenant en bref une expérience relative aux conditions de respiration pendant le sommeil.

Cette expérience se présenta parce que la personne en observation tomba accidentellement en état de sommeil peu après une expérience commencée avec un autre but. L'organisateur de l'expérience laissa dormir le patient, dont le sommeil dura 22 × 40 secondes; après le réveil, l'expérience continua avec la 3e période. Aussitôt que les yeux se fermèrent et que le sommeil commença, il se produisit un abaissement du niveau respiratoire, que l'on évalua à environ 14,5 % de la valeur moyenne à l'état de repos.

Pendant la période de sommeil on observa ce fait curieux que la courbe du niveau respiratoire se développa à peu près en ligne droite, tandis qu'elle se présente avec des ondulations régulières dans l'état de veille au repos. Il y a donc une différence caractérisée

dans la marche de la courbe respiratoire à l'état de repos et à l'état de sommeil. Nous ne pouvons décider par nos mesures si les ondulations que l'on observe sur la courbe du niveau respiratoire dans l'état de veille au repos doivent s'interpréter comme l'expression des oscillations dans les échanges chimiques, — et ce serait l'hypothèse la plus vraisemblable, — ou bien si elles ne sont pas dues simplement au mécanisme même de la respiration. Le résultat de ces recherches peut se formuler ainsi: Pendant le repos la respiration, à l'état de veille, suit une courbe régulièrement ondulée, de sorte qu'il y a environ 5 minutes d'un sommet d'onde au sommet suivant. Lorsque le sommeil survient le niveau respiratoire s'abaisse, après quoi la respiration suit son cours avec une valeur constante. Cette respiration à marche ondulée pendant l'état de veille et de repos a peut-être pour cause les variations dans les échanges chimiques, variations produites par des changements dans les états de conscience, dans la concentration et dans la distribution de l'attention.

IIe partie.

Si le travail intellectuel suppose une dissociation des biogènes du cerveau et par suite une augmentation dans les échanges chimiques, il est clair que le fait se démontrera le plus aisément par des travaux où l'effort d'attention sera grand. En effet la tension intellectuelle s'accompagne généralement, au bout d'un temps donné, d'une assez grande fatigue, et nous devons admettre à priori que la sensation de tension et de fatigue se produit surtout dans les cas où l'on impose à l'organisme des exigences considérables. En tous cas le point de départ le plus naturel pour une recherche comme celle-ci est de supposer que les échanges deviennent d'autant plus actifs que le travail intellectuel paraît plus difficile à l'individu.

Les recherches de M. LEHMANN ont prouvé que la fatigue produite par l'activité psychique dépend avant tout de la distribution de l'attention; aussi, ayant à choisir un mode déterminé de travail intellectuel pour nos recherches, avons-nous donné la préférence au système, bien connu par d'autres expériences psychiques, qui consiste à apprendre par cœur des séries de syllabes dépourvues de sens.

On obtient ainsi un double avantage. D'abord on peut fournir ainsi une infinité de tâches de difficulté égale, et en outre on peut, en rendant les séries plus longues, augmenter régulièrement la difficulté de la tâche, et cela presque sans limites. Ce genre de travail a joué le principal rôle dans nos expériences. Je me bornerai à rendre compte des séries d'expériences.

Pendant toute l'expérience l'individu était assis, au repos; devant lui était placé une table sur laquelle on avait disposé les kyrielles à apprendre.

Le travail était commencé sur l'ordre du directeur de l'expérience et s'exécutait de telle sorte que le patient lisait toute la série des syllabes suivant un rythme déterminé, lequel fut fixé à $^3/_4$ de seconde par syllabe pour toutes les expériences, et était indiqué par un métronome.

Le patient lui-même comptait le nombre des lectures en poussant une boule sur un de ces petits compteurs dont on se sert dans l'enseignement élémentaire.

Après que la série de syllabes était apprise, le directeur de l'expérience notait finalement le nombre total des lectures, après quoi l'individu en expérience ramenait les boules en place, tirait une nouvelle série du tas de syllabes posé sur la table, et continuait le travail.

Chaque expérience était divisée en 5 périodes d'environ 10 minutes; la première et la dernière étaient des périodes de repos, tandis que les trois périodes intermédiaires étaient consacrées au travail.

On déterminait l'élimination de CO_2 par les mesures gazométriques ordinaires pour le

volume, jointes à des doubles analyses de l'air recueilli dans les spiromètres; de plus on mesurait le nombre des respirations par minute.

A l'aide de l'élimination de CO_2 dans la première et la dernière période on déterminait la ligne zéro à partir de laquelle on mesurait l'accroissement dans l'élimination de CO_2 pendant les trois périodes de travail.

Avec cette méthode on exécuta, avec l'aide de deux patients A. L. et S. N., 4 expériences doubles comportant respectivement des séries de 8, 12, 16 et 20 syllabes, plus, avec l'aide d'un seul patient, deux autres expériences comportant des séries de 32 syllabes.

Les chiffres moyens des résultats finaux des doubles expériences sont donnés dans le tableau n° XXXVI, lequel fournit d'une parte directement la quantité de CO_2 éliminée en $cm.^3$ par seconde, et d'autre part exprime cette quantité en pour cent par rapport au CO_2 éliminé à l'état de repos dans la même expérience.

Une conséquence qui résulte immédiatement de l'ensemble des expériences, c'est que pendant le travail d'association de l'espèce considérée l'élimination de CO_2 de l'organisme s'accroît notablement. Il reste à étudier les causes de cet accroissement.

1) On a pensé en premier lieu aux petits mouvements musculaires qui n'ont pas lieu dans les périodes voisines. Ce sont en partie des mouvements involontaires, accomplis suivant le rythme du métronome, en partie des mouvements volontaires tels que le déplacement des boules de bois du boulier-compteur, l'arrangement des séries syllabiques, etc.

C'est pourquoi on exécuta une série d'expériences de contrôle au cours desquelles le patient lisait les séries syllabiques d'une façon distraite et sans chercher à les retenir, mais au reste se comportait à tous les points de vue comme dans les expériences centrales.

On eut comme résultat pour A. L. un accroissement de 2,6 % dans l'élimination de CO_2 et pour S. N. un accroissement de 1,3 %: ainsi se trouve écartée la possibilité d'admettre que le surplus de CO_2 dans le travail d'association provient des mouvements musculaires concomitants.

2) De plus on pourrait envisager comme possible que l'excédent constaté de CO_2 n'exprimerait pas une augmentation concomitante dans la production de CO_2, mais serait dû essentiellement à une expulsion de la provision de CO_2 en dépôt dans l'organisme; mais nos recherches sur la respiration nous permettent de démontrer que c'est seulement dans la période de transition entre le repos et le travail que se produisent ces changements respiratoires amenant un balayage de CO_2.

La première conclusion peut dès lors se formuler ainsi:

Quand on apprend par cœur des séries de syllabes dépourvues de sens; l'élimination d'acide carbonique se trouve augmentée. Cet accroissement, qui est relativement grand au début du travail, peut être, à ce moment précis, attribué en partie à une expulsion de l'acide carbonique en suspens dans l'organisme, mais doit s'interpréter dans l'ensemble comme correspondant à un accroissement concomitant dans la production de l'aide carbonique, autrement dit à une augmentation dans les échanges chimiques.

Une petite fraction de cette augmentation des échanges provient des mouvements musculaires accomplis au cours du travail psychique, tandis que la majeure partie doit provenir des processus psycho-physiologiques qui accompagnent le travail d'association.

Nous avons ainsi répondu à la première question que nous nous posions au commencement de cette étude; il reste maintenant à demontrer une relation entre la grandeur du travail psychique et l'augmentation d'échanges qui en résulte.

Une relation de ce genre semble ressortir immédiatement des résultats de nos expériences, puisque l'excétent mesuré de CO_2 par unité de temps s'accroît avec le nombre des syllabes,

cependant que le patient estime subjectivement que le travail accompli dans un temps donné est d'autant plus difficile que les séries contiennent plus de syllabes.

Mais il faut se garder de tirer de là des conclusions trop précipitées. Sans doute les excédents mesurés de CO_2 doivent être regardés comme une preuve valable d'un accroissement des échanges chimiques; mais il ne s'ensuit pas nécessairement que les différences dans l'excédent d'acide carbonique doivent prouver avec la même sûreté des oscillations parallèles dans l'augmentation des échanges; une erreur qui peut être sans importance dans le premier cas pourrait facilement dans l'autre cas faire croire à une régularité imaginaire.

Or une enquête attentive portant à la fois sur les mouvements musculaires et sur les changements dans la respiration nous a amené à conclure que les variations observées dans l'excédent de CO_2 correspondent réellement à des oscillations parallèles dans les échanges chimiques; de sorte qu'on peut formuler la proposition suivante:

La grandeur de l'accroissement d'échanges provenant d'un travail psychique oscille parallèlement à la grandeur subjectivement appréciée du travail fourni.

Cette conclusion reçut une nouvelle confirmation du fait que l'individu en expérience trouvant avec l'habitude le travail plus facile, l'augmentation d'échanges correspondante diminua en même temps.

Dans ce qui précède nous nous en sommes rigoureusement tenu aux résultats immédiats des expériences et nous avons cherché à interpréter celles-ci de la façon la plus critique possible; nous communiquerons maintenant quelques calculs théoriques auxquels a donné lieu la série des expériences; ces calculs comprendront aussi des recherches antérieures exécutées par M. LEHMANN, et comme il faut connaître les recherches de M. LEHMANN pour bien comprendre des calculs portant à la fois sur elles et sur les nôtres, nous en donneront d'abord un bref résumé.

On sait qu'un travail psychique entrave un travail musculaire accompli en même temps; soit A_s la grandeur du travail musculaire sans travail psychique concomitant, et A_v le travail musculaire avec travail psychique concomitant; la formule

$$M = \frac{A_s - A_v}{A_s}$$

donnera une mesure relative de l'entrave. Cette entrave ne provient naturellement pas de ce que le travail psychique amène une lassitude des muscles en travail, mais doit tenir à ce que l'innervation centrale, qui fournit le travail musculaire est entravée par le travail psychique concomitant.

La grandeur M est donc une mesure relative de la diminution d'innervation.

Par une série d'expériences très élégantes M. LEHMANN étudia la grandeur de l'entrave que produit un travail cérébral de nature variée, et il fit les constatations suivantes:

1) Un travail cérébral de grandeur constante amène pour le même individu en expérience un diminution relative constante M d'une innervation musculaire concomitante. Si le travail cérébral s'accroît ou diminue, la diminution d'innervation s'accroît ou diminue respectivement.

2) Un même travail cérébral exécuté par différents individus en expérience amène des diminutions d'innervation différentes, la diminution étant d'autant plus forte que l'individu est moins exercé.

3) La diminution d'innervation est d'autant plus grande que l'attention est plus forte.

4) Des travaux cérébraux qui n'exigent pas d'attention, comme par ex. la reproduction de représentations bien connues, n'ont aucune influence mesurable sur une innervation musculaire concomitante.

5) De même, deux innervations musculaires contemporaines ne se gênent pas mutuellement.

Dans les expériences qu'il fit pour trouver une explication de ces phénomènes M. LEHMANN aperçut la concordance remarquable qui existent entre les faits signalés ci-dessus et l'entrave réciproque exercée entre deux décharges d'énergie simultanées provenant de la même source d'énergie avec potentiel donné.

M. LEHMANN démontra clairement ce parallélisme par l'expérience suivante:

Un récipient d'eau surélevé est en relation par un conduit avec un récipient placé plus bas et muni de 3 ouvertures A, B et C. A et B etaient très menues, et C relativement grande. Quand on ouvre A, l'eau se précipite au dehors et exécute un certain travail; si on ouvre B en même temps, on n'observe aucune influence exercée sur le travail de A; mais si on ouvre la grande ouverture C, le travail fourni en ce point sera assez grand pour qu'une entrave se produise aux deux autres points, où le travail se trouve diminué.

A et B, dont le travail fourni n'est qu'un différentiel de l'énergie disponible de toute la machine, peuvent se comparer au travail psychique fourni dans les innervations musculaires, dans la reproduction de séries de représentations bien connues, etc.; et comparons d'autre part le grand point de travail C au travail psychique fourni dans le cas d'une attention soutenue: nous démontrons ainsi point par point l'analogie entre les actions restrictives psychiques et l'entrave produite dans un simple appareil hydraulique. Nous allons montrer maintenant qu'on peut soumettre ces phénomènes à un calcul et qu'on peut étendre ce calcul à nos mesures d'échanges chimiques.

Il a été démontré que pour de simples appareils tels que l'appareil hydraulique mentionné ou l'élément galvanique le travail extérieur fourni dans un centre déterminé, alors qu'un ensemble de n centres exécute un travail, peut s'exprimer par l'équation

$$A_p = c_1 \cdot \left(\frac{h}{k}\right)^m \cdot a_p \cdot t,$$

où $k = 1 + c_2 \cdot (\Sigma_1^n a_p)^q$ est le facteur entravant, h le potentiel de la source d'énergie, a les capacités des divers centres de travail, et t le temps que dure le travail; cependant que les exposants potentiels m et q dépendent de l'espèce d'énergie dont il s'agit.

Si, partant de l'analogie observée entre les actions entravantes dans l'appareil hydrauliques et dans le cerveau, on considère celui-ci au point de vue énergétique comme un accumulateur en travail, on pourra employer l'expression ci-dessus donnée de A_p comme exprimant la grandeur du travail cérébral dans un centre de travail déterminé.

Sans entrer dans le détail de nos calculs, nous dirons qu'en fin de compte les mesures d'entrave de M. LEHNANM comme nos recherches directes sur les échanges chimiques démontrent que l'emploi de l'énergie dans le travail psychique suit précisément la loi qui vient d'être indiquée. Nous en avons eu une confirmation particulièrement intésessante en calculant les constantes, qui montrèrent des valeurs analogues dans deux méthodes très différentes.

On peut formuler ainsi le résultat obtenu:

L'entrave qui se produit entre deux formations d'énergies simultanées dans le cerveau se comporte dans ses traits essentiels comme les actions entravantes correspondantes dans des machines d'énergie physiques élémentaires.

INDHOLD

pag.

Forord 3

Indledning 5

Tidligere Undersøgelser 6

Metodik 14

Første Afsnit:

Hvileforsøg 23

Stofskifte ved Muskelarbejde 30

Respirationsniveauet og Barometerstanden 36

Elementære Respirationsundersøgelser 38

Respirationsændringer, naar Øjnene tillukkes, og ved Overgang til Søvn 48

Andet Afsnit:

Aandeligt Arbejde og Stofskiftet 53

Associationsarbejde 65

Urinudskillelse under psykisk Arbejde 77

Teoretiske Betragtninger 78

Tillæg 90

Oversigt 97

Résumé 100

EINLEITUNG

IN DIE TEORIE DER

EBENEN ELEMENTARKURVEN

DRITTER UND VIERTER ORDNUNG

VON

C. JUEL

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, 7. RÆKKE, NATURV. OG MATHEMATISK AFD. XI. 2

KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1914

EINLEITUNG

Zwischen den im projectivischen Sinne geschlossenen Jordankurven und den algebraischen Kurven liegen mehrere Klassen von mehr oder weniger spezializierten Kurven. Wir haben in dieser Arbeit mit denjenigen Kurven zu thun, welche höchstens eine endliche und im voraus gegebene Zahl von Punkten mit einer Geraden gemein haben. Die höchste und erreichbare Zahl von Schnittpunkten kann man die Realitätsordnung der Kurve nennen; in der vorliegenden Arbeit, wo von algebraischen Kurven keine Rede ist, habe ich jedoch überall die kürzere Benennung: „Ordnung der Kurve" gebraucht.

Wir setzen aber noch voraus, dass die Kurve völlig stetig ist, d. h. dass sie im jedem Punkte (von Punkten in endlicher Zahl abgesehen) eine bestimmte mit dem Berührungspunkte sich stetig ändernde Tangente haben. Für diese Kurven gelten wesentliche Teile der folgenden Satzreihe. Vollständig durchgeführt sind die Betrachtungen doch nur für die Elementarkurven, d. h. Kurven, welche aus einer endlichen Zahl von konvexen Bögen oder Elementarbögen zusammengesetzt sind.

In § 1 sammle ich — wesentlich ohne Beweis — die zwei Gruppen von Sätzen über Elementarbögen, welche die Grundlage des folgenden bilden. Die erste von diesen Gruppen ist schon 1884 von H. Brunn vollständig aufgestellt worden, jedoch ohne Beweise[1]. In einfachster Form sind diese wohl von J. Hjelmslev gegeben, der auch a. a. Orte mehrere andere Sätze über Elementarbögen und Elementarkurven aufgestellt hat[2]. Von etwas anderer Art ist die zweite Gruppe von Sätzen über die Schnittpunkte der Tangenten eines Elementarbogens mit einer Geraden oder mit einer anderen Elementarkurve. Es sind dies die Sätze, welche von A. Kneser die v. Staudt'schen Sätze genannt worden sind[3].

[1] Sitz.-berichte der Math.-Phys. Classe der k. bayr. Akad. d. Wissensch. in München Bd. XXIV 1894, S. 93: Exacte Grundlagen für eine Theorie der Ovale.

[2] Nyt Tidssk. f. Math. 1905, S. 81: Om konvexe Omraader, und ebd. 1907, S. 49: Om Grundlaget for Læren om simple Kurver.

[3] Math. Ann. Bd. 34, 1889, S. 204: Allgemeine Sätze über die scheinbaren Singularitäten beliebiger Raumkurven. Siehe auch desselben Verfassers: Einige allgemeine Sätze über die einfachsten Gestalten ebener Curven, Math. Ann. Bd. 41, 1893, S. 349.

In § 2 werden zwei Elementarbögen an einander gestellt. Es ist hier keine Rede von Berührungen verschiedener Ordnung u.d.; nur durch eine mehr begrenzende Definition des Elementarbogens würde dies einen Sinn geben. Am Schluss wird die „Abrundung eines Winkelpunktes" eingeführt, was das erste Hauptmittel der folgenden Untersuchung bildet.

In § 3 wird das eigentliche Untersuchungsobject eingeführt: die Elementarkurve endlicher Ordnung. Hieran knüpft sich das zweite, später zu benutzende Hilfmittel, nämlich das Zerlegen einer Kurve in zwei von einem Doppelpunkte ausgehende Pseudozweige; zugleich wird bewiesen, dass die Abrundung der Winkelpunkte einer Kurve die Ordnung derselben nicht erhöhen kann.

Im folgenden § 4 stelle ich das elementare Korrespondenzprinzip auf, und es ist dies das dritte wesentliche Hilfsmittel. Der Satz ist in mehr oder weniger allgemeiner Form schon mehrmals aufgestellt und benutzt worden. Es ist in der That eine directe Folge der Satzes, dass eine stetige, im Endlichen verlaufende Kurve, welche einen Punkt auf jeder Seite einer Geraden hat, dieselbe schneiden muss. Ich habe für den Satz einen — nicht von mir herrührenden — Beweis gewählt, der diesen Sachverhalt am deutlichsten zum Ausdruck bringt[1]. Wenn auch der Satz, wie gesagt, nicht neu ist, glaube ich doch durch die Formulierung denselben handlicher gemacht zu haben.

Durch die genannten Hilfmittel werden nun die für die Klassifikation wichtigsten Eigenschaften der Kurven dritter und vierter Ordnung gewonnen; Sätze, welche für die Klassifikation belanglos sind, habe ich ganz weggelassen. Die Kurven dritter Ordnung sind schon bekannt; doch finden sich hier einige neue Sätze, welche für das folgende nothwendig sind.

Die Kurven dritter Ordnung sind Elementarkurven, wenn sie völlig stetig sind. Dies gilt nicht mehr für die Kurven vierter Ordnung. Hier begrenze ich noch die Aufgabe in zweifacher Weise. Erstens betrachte ich nur die einteilige Kurve[2]. Freilich lässt sich auch etwas über mehrteilige (vollständige) Kurven vierter Ordnung sagen; eine sichere Klassifikation der einteiligen ist aber jedenfalls eine nothwendige Grundlage. Zweitens nehme ich die Zahl der Doppelpunkte als endlich an, was selbst für einteilige Elementarkurven nicht nothwendig wäre. Die Klassifikation und die Bestimmung der Art und Lage der singulären Punkte der so begrenzten Klasse von Kurven vierter Ordnung geschieht nun Schritt für Schritt ganz mit derselben Sicherkeit, als wenn man eine Gleichung als Grundlage hätte. Die Einteilung stützt sich wesentlich auf die Möglichkeit von zwei verschiedenen Arten von Doppelpunkten, wobei sich herausstellt, das eine Kurve, deren Doppel-

[1] Siehe A. K. Erlang: Lidt om det grafiske Korrespondanceprincip. Nyt Tidssk. f. Math. 1906, S. 58.

[2] Infolge dieser Begrenzung fällt die hier für Elementarkurven vierter Ordnung gelöste Aufgabe nicht ganz mit der analogen Aufgabe für algebraische Kurven zusammen, denn im letzteren Falle wird ein Hauptgewicht auf die Zahl und Verteilung der Zweige gelegt; siehe H. G. Zeuthen, Sur les différentes formes des courbes planes du quatrième ordre, Math. Ann. Bd. 7, 1874, S. 410. Es ist übrigens kaum nöthig zu bemerken, dass diese Arbeit auf die ganze Fragestellung den grössten Einfluss gehabt hat.

punkte nicht alle derselben Art sind, sich in unpaare Pseudozweige zerlegen lässt. Der Kürze wegen werden die Kurven mit Spitzen oder mit einem dreifachen Punkte etwas summarisch behandelt; dasselbe gilt auch für die Konstruktionen mittels zweier Ovale, wobei man nicht vergessen darf, dass es sich hier lediglich um Beispiele handelt.

Nachdem die Kurven vierter Ordnung klassificiert waren, lag es nahe auch die einteiligen Kurven vierter Klasse aufzuzählen, um so mehr als die verschiedenen Formen auch nur für algebraische Kurven kaum an einem Orte gesammelt worden sind. Ich thue dies in aller Kürze in § 14.

Die vorliegende Arbeit ist in gänzlicher Umarbeitung eine Zusammenstellung verschiedener Abschnitte zweier älteren Arbeiten, die in den Abh. der k. dän. Akad. d. Wissensch. erschienen sind[1]. Ich hatte ursprünglich die Absicht etwas aus der Theorie der Kurven zweiter Ordnung mitzunehmen, wobei neben gewissen Sätzen allgemeinerer Art, die besonders von BRUNN aufgestellt worden sind[2], besonders diejenigen Ovale zu betrachten wären, welche für die Konstruction von Kurven höherer Ordnung von Bedeutung sind. Es handelt sich in letzterer Beziehung teils um die cyclischen Ovale (welche von einem Kreise höchstens in vier Punkten geschnitten werden)[3], teils und besonders um die elliptisch konvexen Ovale. Es wurde dies zu weitlaüfig; ich hoffe aber durch den Schlussparagraf ein neues Beispiel für das Interesse, das sich an die zuletzt genannten Ovale knüpft, gegeben zu haben.

[1] D. K. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 6. Række, naturv. og math. Afd. X, 1. 1899: Indledning i Læren om grafiske Kurver; ebd. 7. Række, I, 6. 1906: Om Ikke-analytiske Kurver.

[2] Siehe H. BRUNN: Über Ovale und Eiflächen. Diss. München 1887, und: Curven ohne Wendepunkte, Habilitationssch. München 1889.

[3] Om cykliske Kurver, D. K. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter. 1911.

København, December 1913.

§ 1.

Der Elementarbogen.

Unter einem im Endlichen liegenden Elementarbogen AB werden wir die Punktmenge verstehen, welche mit dem endlichen Geradenstück $\overline{AB}$ zusammen die vollständige Begrenzung eines konvexen Gebietes bildet. Das Gebilde ist wie bekannt stetig und lässt sich stetig und gegenseitig eindeutig auf einem Geradenstück abbilden. Wenn nicht ausdrücklich anderes bemerkt wird, denken wir uns, dass der Bogen kein Geradenstück enthält.

Wir werden im folgenden auch Elementarbögen betrachten, welche ins unendliche gehen. Diese definieren wir einfach im projektiven Sinne als Projektionen endlicher Elementarbögen, und wir können uns deshalb bei den folgenden (projektiven) Sätzen mit dem endlichen Bogen begnügen.

(1) Ein Elementarbogen hat in jedem Punkte jedenfalls eine „nach vorn", und eine „nach hinten" gerichtete Tangente; wenn nicht anderes ausdrücklich bemerkt wird, setzen wir voraus, dass diese zwei zusammenfallen. Die Tangenten des Bogens folgen dann stetig auf einander, und eine Gerade, welche den Bogen in zwei beliebig nahe an einander liegenden Punkten schneidet, wird einer Tangente beliebig nahe liegen. Es sei M ein Punkt des Bogens, der kein Endpunkt ist, P ein von M verschiedener Punkt der Tangente in M. Verbindet man dann P mit einem Punkte M_1 des Bogens, der M beliebig nahe liegt, wird die Gerade PM_1 den Bogen in noch einem, M beliebig nahe liegenden Punkte M_2 schneiden. Von der Tangente kann man sagen, dass sie den Bogen in zwei zusammenfallenden Punkten schneidet.

(2) Aus den Eigenschaften des konvexen Gebietes folgt, dass eine Gerade höchstens zwei Punkte mit der Begrenzung desselben gemein haben kann. Eine Gerade, welche durch einen inneren Punkt des konvexen Gebietes geht, hat zwei getrennte

(3) Punkte mit der Begrenzung desselben gemein. Desshalb wird jede Gerade der Ebene, welche mit dem endlichen Geradenstück $\overline{AB}$ einen Punkt gemein hat (aber nicht mit AB zusammenfällt) einen und nur einen Punkt mit dem Bogen AB gemein haben, während eine Gerade, welche einen Punkt der Verlängerung von $\overline{AB}$ enthält, entweder 0 oder auch 2 Punkte mit dem Bogen gemein haben wird — die aber auch in einen Berührungspunkt einer Tangente zusammenfallen können.

(4) Man hat noch den wichtigen Satz, dass ein stetiger Bogen, der mit einer Geraden höchstens zwei Punkte gemein hat, nothwendigerweise ein Elementarbogen ist.

Durch einen Punkt des Inneren des konvexen Gebietes geht keine Tangente des Bogens. Aus den Eigenschaften eines konvexen Gebietes folgt aber, dass aus jedem Punkte P ausserhalb des Gebietes immer zwei „Grenzgerade“ gehen, d. h. Gerade, welche mit der Begrenzung einen und nur einen Punkt gemein haben — oder auch speciell ein Geradenstück; das letztere kann aber hier nur der Fall sein, wenn P auf der Verlängerung von $\overline{AB}$ liegt. Grenzgerade können entweder Tangenten des Bogens sein oder auch Gerade, die durch einen Endpunkt des Bogens gehen, sonst aber keinen Punkt mit diesem gemein haben. Aus dem beliebigen Punkte P der Ebene gehen also höchstens zwei Tangenten des Bogens, und schneiden von den Geraden PA und PB 0, 1 oder 2 den Bogen, dann gehen aus P 2, 1 oder 0 Tangenten an den Bogen. Durch jeden Punkt der Geraden AB, welcher nicht auf dem Geradenstück $\overline{AB}$ liegt, geht eine und nur eine Tangente des Bogens. Überschreitet P eine Endtangente des Bogens, wird demnach hier eine von P ausgehende Tangente gewonnen oder verloren. Nur durch Überschreiten einer Endtangente oder durch Überschreiten der Bogen wird die Zahl, der aus P an diesen gehenden Tangenten geändert — im letzten Falle mit 2. (5)

Ist a eine Endtangente des Bogens AB in A, kann man sagen, dass eine bestimmte Halbgerade den Bogen berührt, nämlich diejenige in a liegende von A ausgehende Halbgerade $\bar{a}$, die in derselben von AB begrenzten Halbebene $\bar{\pi}$ liegt, wie der Bogen selbst. Jede durch A gehende Halbgerade, welche in dem durch a und die Halbgerade $\bar{AB}$ begrenzten und in $\bar{\pi}$ liegenden Halbwinkelraume enthalten ist, wird einen Punkt mit dem Bogen gemein haben. (6)

Ein Elementarbogen AB hat zwei Seiten; diejenige, die von von den Punkten des zugehörigen konvexen Gebietes erreichbar ist, können wir die negative Seite des Bogens nennen, während wir die andere die positive Seite nennen. Ist CD ein Teil von AB, wird die positive Seite von CD dieselbe sein, ob sie allein oder als ein Teil von AB aufgefasst wird. (7)

Das dualistische Gebilde zu den Punkten und Tangenten eines Elementarbogens wird aus den Tangenten und Punkten eines ebensolchen Bogens gebildet. (8)

Wenn ein Punkt P der Ebene sich einem Punkte M des Bogens beliebig nähert — der jedoch kein Endpunkt ist — dann gehen, wenn P sich M hinreichend genähert hat, aus P entweder keine Tangenten oder auch zwei, die der Tangente m in M beliebig nahe liegen. Im ersten Falle liegt P auf der negativen Seite, im zweiten auf der positiven Seite der Bogens. Nur so können sich zwei durch P gehende Tangenten beliebig nähern.

Es sei α ein Elementarbogen, dessen Tangenten sämtlich einen andern Elementarbogen β schneiden; es mögen vorerst die zwei Bögen keine Tangente und keinen Punkt mit einander gemein haben. Eine Tangente m an α kann demnach nicht β in zusammenfallenden Punkten schneiden, und man kann, indem der Berührungspunkt M von m sich auf α bewegt, die Bewegung eines bestimmten Schnittpunktes N von m mit β verfolgen. Wenn M auf α sich in einem bestimmten Sinne stetig bewegt, dann wird auch N auf β sich stetig ändern, weil die Tangenten eine (9)

stetige Reihe bilden. Aber es wird auch N sich auf β in einem bestimmten Sinne bewegen, weil sonst durch einen Punkt von β zwei einander beliebig nahe liegende Tangenten an α gehen würden, was ausgeschlossen ist, wenn jeder Punkt von β in endlicher Entfernung von jedem Punkte von α liegt.

(10) Setzen wir jetzt voraus, dass α und β wieder keine Tangente, dagegen aber einen und nur einen Punkt C — der kein Endpunkt ist — mit einander gemein haben. Wenn nun M einem Teilbogen $BC = \alpha_1$ von α entlang in einem bestimmten Sinne sich stetig C beliebig nähert, dann wird auch der Schnittpunkt N sich stetig C beliebig nähern, und zwar auf einem Teilbogen β_1 von β, der auf der positiven Seite von α liegt. Wenn nun M sich in demselben Sinne auf einem Teilbogen $CB = \alpha_2$ von α weiter fortbewegt, dann wird N sich immer stetig von C aus auf β fortbewegen und wieder auf der positiven Seite von α, also wieder auf β_1. Man sieht nun, dass N beim ersten Teil der Bewegung, wo M sich auf α_1 befand, immer in demselben Sinne sich bewegt haben muss, weil sonst durch einen Punkt von β drei Tangenten an α gehen würden, was ausgeschlossen ist. Dasselbe gilt beim zweiten Teil der Bewegung, aber die zwei Sinne müssen entgegengesetzt sein, weil C im ersten Falle der Endpunkt, im zweiten der Anfangspunkt des durchlaufenen Bogens β_1 ist.

In diesen Sätzen kann man β (aber nicht α) durch eine Gerade ersetzen — oder auch durch einen Bogen, der Geradenstücke enthält.

(11) Das letzt gewonnene Resultat lässt sich auch anders ausdrücken. Es seien wieder α und β zwei Elementarbögen, die keine Tangenten aber einen Punkt C, der kein Endpunkt ist, mit einander gemein haben. Wenn ein Punkt N einen Teilbogen $AC = \beta_1$ von β, der auf der positiven Seite von α liegt, von M nach C durchläuft, dann gehen aus N, wenn β_1 hinreichend klein gewählt ist, an α zwei Tangenten m_1 und m_2, deren Berührungspunkte M_1 und M_2 in entgegengesetztem Sinne nach C konvergieren, wenn N nach C konvergiert.

Sind α und β zwei Elementarbögen, von denen man weiss, dass die gemeinsamen Punkte und Tangenten alle in endlicher Entfernung von einander liegen, dann kann man, wenn eine Tangente m von α (die keine Endtangente ist) den Bogen β schneidet, immer den Berührungspunkt M von m in einen Teilbogen α_1 von α hineinlegen, und einen entsprechenden Teilbogen β_1 von β so wählen, dass die oben genannten Sätze angewandt werden können.

(12) Auf diese Sätze kann man das Dualitätsprinzip anwenden. Ich bemerke besonders, dass, wenn eine Tangente m in einem bestimmten Sinne auf einem Elementarbogen α rollt, und dabei immer zwei Schnittpunkte N_1 und N_2 mit einem anderen, α nicht schneidenden Elementarbogen β auftreten, bis m in eine gemeinsame Tangente a von α und β hineinfallt, dann N_1 and N_2 im entgegengesetzten Sinne laufen, bis sie in dem Berührungspunkt von a mit β zusammenfallen.

§ 2.

Der aus zwei Elementarbögen zusammengesetzte Bogen.

Die im folgenden betrachteten Kurven sind aus Elementarbögen zusammengesetzt. Es sind demnach besonders diejenigen Punkte zu untersuchen, in welchen zwei Elementarbögen zusammenstossen; wir wollen uns an dieser Stelle an den Fall halten, dass diese in dem gemeinsamen Punkte dieselbe Tangente haben. Wir setzen noch voraus, dass die zwei endlichen Bögen $\beta = BA$ und $\gamma = AC$ ausser A keinen Punkt mit einander gemein haben.

Die zwei Bögen berühren in A beide eine und dieselbe Gerade α, aber es giebt die zwei Möglichkeiten, dass die zwei in A berührenden Halbgeraden a_β und a_γ entweder entgegengesetzt sind oder zusammenfallen; wir werden diese zwei Möglichkeiten bzw. mit (A) und (B) bezeichnen. Ausserdem können die zwei Bögen entweder auf derselben Seite oder auf verschiedenen Seiten von α liegen. Nennen wir die zwei letzten Möglichkeiten (1) und (2), hat man die vier Fälle $(A\,1)$, $(A\,2)$, $(B\,1)$, $(B\,2)$ zu untersuchen, und diese Distinctionen sind für unsere fernere Zwecke hinreichend.

Wir wollen zuerst den Fall $(A\,1)$ betrachten und zeigen, dass A in diesem Falle ein innerer Punkt eines neuen Elementarbogens wird. Ziehen wir die Gerade BC; wir können denn erstens annehmen, dass dieselbe nicht durch A geht, was jedenfalls durch Verkleinerung eines der Bögen erreicht werden könne. Ferner können wir annehmen, dass BC keine Punkte ausser B und C mit β und γ gemein hat. Sind nämlich B_1 und C_1 eventuelle neue Schnittpunkte, kann man β durch den Bogen AB_1 und γ durch den Bogen AC_1 ersetzen. Nachdem die ursprünglichen Bögen eventuell so verkleinert worden sind, kann man zeigen, dass $\beta + \gamma$ (wo β und γ jetzt die eventuellen neuen Bögen sind) ein Elementarbogen ist.

Es kommt nur darauf an zu zeigen, dass keine Gerade mehr denn zwei Punkte mit $\beta + \gamma$ gemein haben kann.

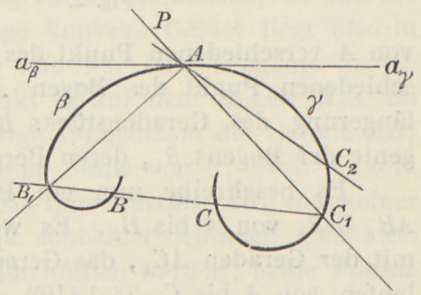


Fig. 1.

Wir zeigen erst, dass keine durch A gehende Gerade einen Punkt C_2 mit γ und zugleich einen Punkt B_2 mit β gemein haben kann. Wir nehmen an, dass B_2 auf der Strecke $\overline{AC_2}$ liegt — sonst könnte man β und γ umtauschen. Weil nun a_β und a_γ entgegengesetzt sind, liegt der Bogen β in der Nähe von A ausserhalb des durch γ und AC_1 begrenzten convexen Gebietes, und es müsste desshalb β, wenn der oben genannte Punkt B_2 vorhanden wäre, in dieses Gebiet eindringen. Weil aber β und γ keinen Punkt mit einander gemein haben, und β höchstens zwei Punkte mit der Geraden AC_1 gemein hat, würde auch B_1 in demselben Gebiete liegen müssen; dann würde aber gegen die Voraussetzung die Gerade C_1B_1 ausserhalb C_1 einen Punkt mit γ gemein haben.

Insbesondere gilt dies für AC_1 und AB_1, so dass β und γ auf verschiedenen Seiten jeder diesen Geraden liegen müssen.

Wir nehmen nun eine Gerade, welche mit der Strecke $\overline{AC_1}$ einen Punkt ausserhalb A und C_1, und zugleich mit der Strecke $\overline{AB_1}$ einen Punkt ausserhalb A und B_1 gemein hat. Dieselbe hat nach § 1 (3) einen Punkt mit jedem der Bögen β und γ gemein.

Wenn aber l einen Punkt P mit der Verlängerung von $\overline{AC_1}$ über C_1 gemein hat, kann l nicht gleichzeitig β und γ schneiden. Eventuelle Schnittpunkte mit β und γ müssen nämlich jedenfalls alle auf einer und derselben von P ausgehenden Halbstrahl l^* liegen, weil P und $\beta+\gamma$ auf verschiedenen Seiten von B_1C_1 liegen; es kann aber l^* nicht gleichzeitig Punkte mit β und mit γ gemein haben, weil diese Bögen auf verschiedenen Seiten von PA liegen. Es gilt dies wie leicht zu sehen auch, wenn P in C_1 liegt.

Ganz ebenso führt man den Beweis, wenn l einen Punkt mit der Verlängerung von $\overline{AC_1}$ über A gemein hat; man braucht im obigen nur B_1C_1 mit α umzutauschen.

Wir wollen nun den Fall ($A2$) betrachten, wo A ein Inflexionspunkt heisst. Die von A ausgehenden Halbstrahlen, welche A mit den Punkten von β und von γ verbinden, liegen hier in verschiedenen durch α begrenzten Halbebenen; weil α_β und α_γ entgegengesetzt sind, kann man also eine durch A gehende Gerade ziehen, welche β in einem Punkt B_1 und zugleich γ in einem Punkt C_1 schneidet. Es wird dann jede durch A gehende Gerade, welche einen von A verschiedenen Punkt des Bogens $B_1A = \beta_1$ enthält, auch einen von A verschiedenen Punkt des Bogen $AC_1 = \gamma_1$ enthalten. (§ 1 (6)). C_1 liegt auf der Verlängerung des Geradenstücks B_1A; aus C_1 geht desshalb eine und nur eine Tangente der Bogens β_1, deren Berührungspunkt B_2 sein möge (§ 1 (5)).

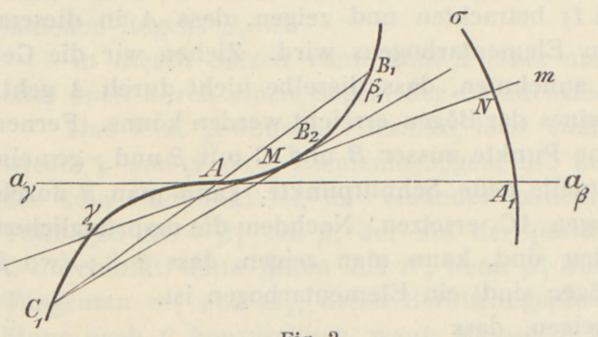


Fig. 2.

Es beschreibe nun ein Punkt M immer in demselben Sinne den Bogen $AB_2 = \beta_2$ von A bis B_2. Es wird dann der Schnittpunkt der Tangente m in M mit der Geraden AC_1, das Geradenstück AC_1 in einem bestimmten Sinne durchlaufen von A bis C_1 (§ 1 (10)). Deshalb wird jede Tangente m den Bogen γ_1 in einem und nur einem Punkte schneiden (§ 1 (2)), und den Bogen in demselben Sinne durchlaufen von A bis C_1. Man kann dies auch so ausdrücken, dass wenn ein Punkt M dem Bogen entlang in einem bestimmten Sinne gegen einen Inflexionspunkt A konvergiert, dann auch ein und nur ein Tangentialpunkt von M gegen A konvergieren wird.

Betrachten wir jetzt den Schnittpunkt N einer beweglichen Tangente m mit

einem Bogen σ, der α in einem von A verschiedenen Punkte A_1 schneidet (durch den keine andere Endtangenten der Bögen α und β geht). Weil AN, wenn N dem Punkt A_1 hinreichend nahe ist, gleichzeitig die Bögen γ und β_1 schneidet oder nicht schneidet, wird AN auch gleichzeitig bzw. nicht Grenzgerade oder Grenzgerade der durch die genannten Bögen bestimmten convexen Gebiete sein (§ 1 (5)). Desshalb wird, wenn N dem Bogen σ entlang den Punkt A_1 überschreitet, zwei durch N gehende Tangenten an $\alpha_1 + \beta_1$ gewonnen oder auch zwei verloren gehen. Fällt N in A_1, fallen in α eine Tangente an β und eine an γ zusammen; liegt N hinreichend nahe an A_1, gehen also durch N zwei α naheliegende Tangenten an $\beta + \gamma$, wenn N auf der einen Seite von A_1 liegt, keine solche Tangenten aber, wenn N auf der anderen Seite von A_1 liegt.

Wenn der Berührungspunkt M von m den Bogen AB_2 in einem bestimmten Sinne stetig durchläuft, dann wird auch N sich stetig in einem bestimmten Sinne auf σ bewegen, bis M den Inflexionspunkt überschreitet; dann wendet aber der Bewegungssinn von N sich um. Es folgt dies aus dem eben gesagten, und es wird aus dem Grunde die Tangente in einem Inflexionspunkte auch Wendetangente genannt.

Betrachten wir jetzt den Punkt A im Falle (*B1*). Dreht man die in A berührende Halbgerade α einen hinreichend kleinen Winkel um A in die β und γ enthaltende Halbebene hinein, wird sie β in einem Punkte B_1 und gleichzeitig γ in einem Punkte C_1 schneiden; es möge B_1 auf der endlichen Strecke AC_1 liegen, und es mögen die Bögen AB_1 und AC_1 β_1 und γ_1 genannt werden. Diesse zwei Bögen liegen beide auf derselben Seite von AB_1, nämlich in derjenigen von AB_1 begrenzten Halbebene, welche die Halbgerade α enthält. Das zum Bogen β_1 gehörige konvexe Gebiet liegt also in dem zum Bogen γ_1 gehörigen. Aus C_1 geht eine und nur eine Tangente an β_1. Ist der Berührungspunkt B_2, und läuft der Punkt M auf dem Bogen B_2A im demselben Sinne von B_2 nach A, wird die zugehörige Tangente m die Gerade AB_1 in einem Punkte schneiden, die in einem bestimmten Sinne von C_1 nach A läuft, und zwar durch den unendlich fernen Punkt, weil das Geradenstück AB_1 von keiner Tangente m geschnitten werden kann. Die Tangente schneidet demnach γ_1 in zwei Punkten N_1 und N_2, die in A und nur in A zusammenfallen werden; beide Punkte behalten ihren Bewegungssinn, wenn M von B_2 über einen Teilbogen von β_1 bis A läuft, und nähern sich also beide A, wenn M sich A nähert.

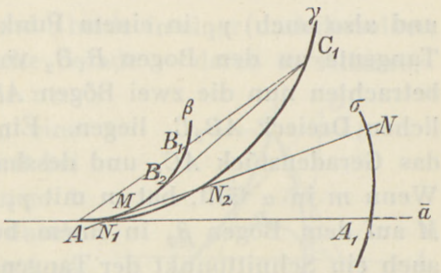


Fig. 3.

Bewegt sich ein Punkt N einem Bogen σ entlang, der α in einem von A verschiedenen Punkte A_1 schneidet, werden durch Überschreiten von A_1 zwei durch N an $\beta_1 + \gamma_1$ gehende Tangenten verloren oder gewonnen. Dies beweist man ebenso wie beim Inflexionspunkte, und daraus folgt weiter, dass die Tangente in einer „Schnabelspitze“ eine Wendetangente in dem dort genannten Sinne ist.

Wir haben noch zuletzt den Fall (*B* 2) zu betrachten, wo *A* eine Dornspitze genannt wird. Man wähle auf β einen Punkt B_1 so, dass derjenige Winkel zwischen den Halbstrahlen $\bar{a}$ und AB_1, welcher in der β enhaltenden und durch a begrenzten Halbebene liegt, kleiner als $\frac{1}{2}\pi$ ist. In analoger Weise bestimmen wir einen Punkt C_1 auf γ. Wenn dann ein Punkt M den Bogen $AB_1 = \beta_1$ durchläuft, wird keine der Geraden AM den Bogen $AC_1 = \gamma_1$ schneiden, und umgekehrt. Die Bögen γ_1 und β_1 liegen beide auf derselben Seite der Geraden AB_1, nämlich in derjenigen durch AB_1 begrenzten Halbebene, welche die Halbgerade $\bar{a}$ enthält. Dreht man die Halbgerade B_1A um B_1 einen hinreichend kleinen Winkel in die genannte Halbebene hinein, dann wird sie β_1 in einem Punkte B_2 und (AC_1 und also auch) γ_1 in einem Punkte C_2 schneiden. Aus C_2 geht eine und nur eine Tangente an den Bogen B_1B_2 von β_1, und es sei B_3 der Berührungspunkt. Wir betrachten nun die zwei Bögen $AB_3 = \beta_2$ und $AC_2 = \gamma_2$, welche beide in dem endlichen Dreieck AB_3C_2 liegen. Eine beliebige Tangente m des Bogens β_2 schneidet das Geradenstück AC_2 und desshalb den Bogen γ_2 in einem und nur einem Punkte. Wenn m in a fällt, hat m mit γ_2 nur den Punkt A gemein. Wenn also ein Punkt M auf dem Bogen β_2 in einem bestimmten Sinne nach A konvergiert, dann wird auch ein Schnittpunkt der Tangente m mit der Kurve $\gamma_2 + \beta_2$ nach A konvergieren und zwar auf dieser Kurve im entgegengesetzten Sinne von M (siehe § 1 (9)).

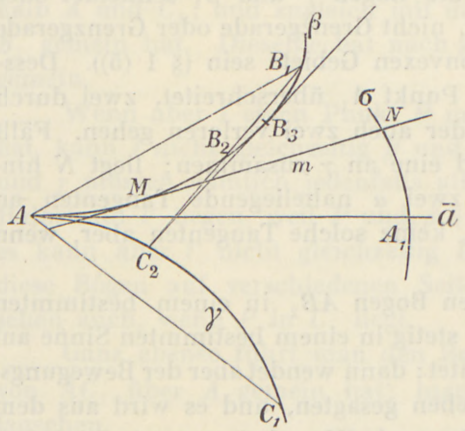


Fig. 4.

Bewegt sich ein Punkt N einem Bogen σ entlang so, dass er a in einem nicht mit A zusammenfallenden Punkte A_1 überschreitet, dann wird bei diesem Überschreiten die Zahl der aus N an $\gamma_2 + \beta_2$ gehenden Tangenten ungeändert. Es folgt dies daraus, dass beim Überschreiten ein Schnittpunkt von NA mit β verloren geht, wenn ein Schnittpunkt mit γ gewonnen wird, und umgekehrt. Schneiden die in einem bestimmten Sinne auf einander folgenden Tangenten m des Bogens $\gamma_2 + \beta_2$ einen nicht durch M gehenden Bogen σ in einem einzeln zu verfolgenden Schnittpunkte N, dann behält dieser Punkt seinen Bewegungssinn auch wenn m die Gerade a überschreitet; es folgt dies aus dem eben gesagten.

Die oben genannten Sätze zeigen offenbar, dass mittels Dualität eine Dornspitze in einen Inflexionspunkt übergeht, und umgekehrt, während eine Schnabelspitze selbstdualistisch ist.

Wir nennen an dieser Stelle nach den folgenden wichtigen Satz, wo ein Doppelpunkt im gewöhnlichen Sinne zu verstehen ist:

Ein Bogen ohne Doppelpunkte, Spitzen und Inflexionspunkte, dessen Tangenten stetig auf einander folgen und der mit seinen

Endtangenten nur deren Berührungspunkte gemein hat, ist ein Elementarbogen[1].

Der späteren Anwendungen wegen müssen wir noch die Möglichkeit in Betracht ziehen, dass die zwei Bögen $AB = \beta$ und $AC = \gamma$ in A zusammenstossen ohne da eine gemeinsame Tangente zu haben; der Bogen hat dann in A einen hervorspringenden Punkt oder kürzer einen Winkelpunkt: Die Tangenten des Bogens $\beta + \gamma$ bilden hier keine stetige Reihe; man kann dies aber durch eine „Abrundung" erreichen; eine solche erhält man durch eine gewisse Ersetzung zweier dem Punkte A naheliegenden Teilbögen von β und γ durch einen Bogen σ, der von β in einem Punkte B_1 und von γ in einem Punkte C_1 berührt wird. Es seien b und c die zwei Tangenten in A, $\bar{b}$ und $\bar{c}$ die zwei β und γ in B_1 und C_1 berührenden Halbgeraden.

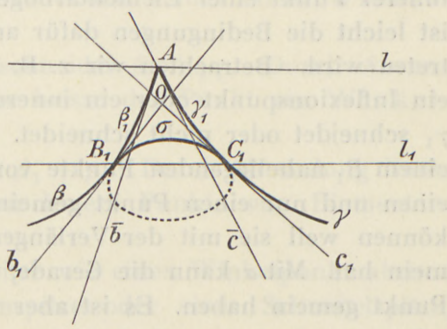


Fig. 5.

Durch A ziehe man eine Gerade l, so dass $\bar{b}$ und $\bar{c}$ beide in einer und derselben durch l begrenzten Halbebene $\bar{\pi}$ liegen. Eine solche Gerade — deren es selbstverständlich unendlich viele giebt — nennen wir eine uneigentliche Tangente in A. Man ziehe nun eine in $\bar{\pi}$ liegende mit l parallele Gerade l_1; diese wird bei hinreichender Nähe an l die Bögen β und γ in je einem A naheliegenden Punkte schneiden. Es sei $\bar{\pi}_1$ diejenige durch l_1 begrenzte Halbebene, welche A enthält. Man kann l_1 so nahe an l wählen, dass die Winkel, welche die Tangenten b_1 und c_1 in den eben genannten Schnittpunkten B_1 und C_1 mit bzw. B_1A und C_1A bilden, so klein sind, als man will. Weil aber B_1A und C_1A mit l endliche Winkel bilden, die nicht unter einen gewissen Grösse fallen, kann man davon ausgehen, dass der Schnittpunkt $O = (b_1c_1)$ in der Halbebene $\bar{\pi}_1$ liegt. Nun legen wir ein Oval, das b_1 und c_1 bzw. in B_1 und C_1 berührt, ausser diesen keinen Punkt mit den Bögen β und γ gemein hat und A nicht in seinem Inneren enthält. Durch B_1C_1 wird das Oval in zwei Bögen geteilt; einen von diesen und zwar denjenigen, der in $\bar{\pi}_1$ liegt, wählen wir als den Bogen σ, so dass wir also durch die Abrundung die Bögen $AB_1 = \beta_1$ und $AC_1 = \gamma_1$ durch σ ersetzen. β_1 und γ_1 mit $\overline{B_1C_1}$ zusammen begrenzen ein gewisses Gebiet ω; das durch σ und $\overline{B_1C_1}$ begrenzte Ge-

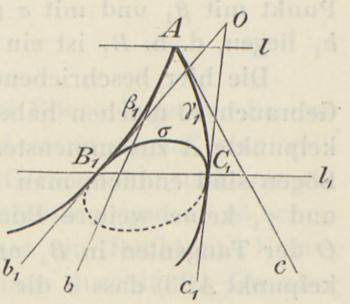


Fig. 6.

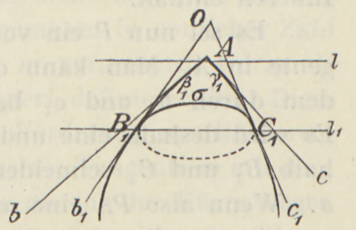


Fig. 7.

[1] Siehe: A. Kneser: Allgemeine Sätze über die scheinbaren Singularitäten beliebiger Raumcurven, Math. Annalen, Bd. 34, 1889, S. 209.

biet ω_1 ist ganz in ω enthalten. Die den Bogen B_1A und σ in B_1 berührenden Halbgeraden fallen zusammen, weil sie beide in π_1 liegen; deshalb wird den früheren Definitionen zufolge in B_1 sowie auch in C_1 durch die Abrundung entweder ein innerer Punkt einer Elementarbogens oder auch ein Inflexionspunkt entstehen: Es ist leicht die Bedingungen dafür auzugeben, als der eine oder der andere Fall eintreten wird. Betrachten wir z. B. den Punkt B_1: es wird dieser Punkt entweder ein Inflexionspunkt oder ein innerer Punkt, jenachdem die Tangente c_1 den Bogen γ_1 schneidet oder nicht schneidet. Verbindet man nämlich im ersten Falle O mit einem B_1 naheliegenden Punkte von β_1 mit einer Geraden, wird auch diese mit γ_1 einen und nur einen Punkt gemein haben, und sie wird β_1 nicht mehr schneiden können weil sie mit der Verlängerung von β_1 einen B_1 naheliegenden Punkt gemein hat. Mit σ kann die Gerade, weil sie durch O geht, jedenfalls höchstens einen Punkt gemein haben. Es ist aber aus dem Grunde unmöglich, dass sie einen Punkt mit σ gemein hat, weil sie eine paare Zahl von Punkten mit $\sigma + \beta_1 + \gamma_1$ gemein haben muss. Es liegen desshalb σ und β_1 auf verschiedenen Seiten von b_1 und also σ und die Verlängerung von β_1 über B_1 auch auf verschiedenen Seiten von b_1.

B_1 ist also auf der abgerundeten Curve ein Inflexionspunkt.

Hat aber b_1 keinen Punkt mit γ_1 gemein, dann muss eine durch O gehende und b_1 naheliegende Gerade aus den eben erwähnten Gründen gleichzeitig einen Punkt mit β_1 und mit σ gemein haben, so dass σ und β_1 auf derselben Seite von b_1 liegen, d. h. B_1 ist ein innerer Punkt eines Elementarbogens.

Die hier beschriebene Abrundung — von der wir im folgenden fortwährend Gebrauch zu machen haben — besteht also in der Ersetzung zweier in einem Winkelpunkte A zusammenstossende Bögen β_1 und γ_1 durch einen Bogen σ. Alle diese Bögen sind endlich, man hat nur dafür zu sorgen 1) dass die Gerade B_1C_1 mit β_1 und γ_1 keine weitere Punkte als B_1 und C_1 gemein hat, 2) dass der Schnittpunkt O der Tangenten in B_1 und C_1 auf derselben Seite von B_1C_1 liegt wie der Winkelpunkt A, 3) dass σ die Bögen β_1 und γ_1 bzw. in B_1 und C_1 berührt, keine weitere Punkte mit β_1 und γ_1 gemein hat, und endlich den Winkelpunkt nicht in seinem Inneren enthält.

Es sei nun P ein von A verschiedener Punkt und PA eine uneigentliche Tangente in A. Man kann dann B_1 und C_1 so nahe an A wählen, dass P nicht in dem durch b_1 und c_1 begrenzten den Bogen σ enthaltenden Winkelraume liegt. Es wird deshalb eine und nur eine der Geraden PB_1 und PC_1 den Bogen σ ausserhalb B_1 und C_1 schneiden, d. h. es geht durch P eine und nur eine Tangente an σ. Wenn also PA eine uneigentliche Tangente der ursprünglichen Kurve ist, kann man immer die Abrundung so vornehmen, dass eine PA naheliegende Gerade eine eigentliche Tangente der abgerundeten Kurve wird. Sind ferner α und β zwei Bögen, von welchen der eine in A, der andere in B einen Winkelpunkt hat, und ist die Gerade AB sowohl in A wie in B eine uneigentliche Tangente, sieht man in ähnlicher Weise, dass man die Abrundung so vornehnen kann, dass eine AB naheliegende Gerade eine gemeinsame Tangente der abgerundeten Bögen α und β wird.

In Übereinstimmung mit dem oben gesagten sind drei Arten von Winkelpunkten in Betracht zu ziehen:

1) Es kann sowohl b_1 wie c_1 den Bogen $\beta_1 + \gamma_1$ schneiden, und man erhält durch Abrundung zwei Inflexionspunkte. Ich nenne den Punkt einen Winkelpunkt erster Art.

2) Nur die eine der Tangenten b_1 und c_1 schneidet $\beta_1 + \gamma_1$. Durch Abrundung erhält man einen Inflexionspunkt, und es heisse der Punkt ein Winkelpunkt zweiter Art.

3) Keine der Tangenten b_1 und c_1 schneidet $\beta_1 + \gamma_1$. Durch Abrundung dieses Winkelpunktes dritter Art erhält man nur innere Punkte von Elementarbögen.

Ich bemerke noch, dass man auch eine Spitze wie einen Winkelpunkt abrunden kann. Durch Abrundung resp. einer Dornspitze oder einer Schnabelspitze, erhält man zwei oder einen Inflexionspunkt.

Es folgt dies ohne weiteres aus den obigen Sätzen.

---

§ 3.

Die Elementarkurve.

Die hier in Betracht kommenden in einer projectiven Ebene liegenden Kurven bilden erstens eine Punktmenge, die sich eindeutig und stetig so auf eine vollständige Gerade abbilden lassen, dass jedem Punkte der Geraden ein und nur ein Punkt der Kurve entspricht. Unsere Kurven sind also geschlossen, und er ist schon dieser Definition zufolge erlaubt davon zu sprechen, dass ein Punkt die Kurve, oder auch einen Teil der Kurve, in einem bestimmten Sinne durchläuft. Um aber Sätze von der im folgenden gegebenen Art ableiten zu können ist diese Gattung von projectivischen Jordankurven nach drei weit. Eine mehr begrenzte Gattung erhält man schon, wenn man (von eventuellen Ausnahmepunkten in endlicher Zahl abgesehen) in jedem Punkte M eine bestimmte Tangente m voraussetzt, wo m als die Grenzlage der Gerade MM_1, indem M_1 nach M konvergiert, definiert wird. Diese „einfache Kurven“ kann man noch weiter durch die Forderung spezialisieren, dass (von Ausnahmepunkten in endlicher Zahl abgesehen) die Tangente m mit dem Berührungspunkte M sich stetig ändert. Für diese Kurven, die ich der Kürze wegen „völlig stetige Kurven“ nenne, gelten noch teilweise mehrere der im folgenden zu nennenden Sätze. Der Hauptgegenstand unserer Betrachtungen werden aber die Elementarkurven sein. Diese werden durch die Forderung charakterisirt, dass sich auf beiden Seiten einen beliebigen Kurvenpunktes ein endliches Kurvenstück abgrenzen lässt, dass in M anfängt und ein Elementarbogen ist.

Man hat nun:

(1) Jede Elementarcurve lässt sich aus einer endlichen Zahl von Elementarbögen zusammensetzen[1].

Von einem bestimmten Punkte A der Kurve aus kann man nämlich in einem bestimmten Sinne einen endlichen Elementarbogen AM_1 absetzen; von M_1 in demselben Sinne einen ebensolchen M_1M_2 u. s. w. Entweder sind nun in dieser Weise alle Punkte der Kurve mittels einer endlichen Zahl von Elementarbögen erreichbar — denn ist ein Punkt B so erreichbar, dann ist auch jeder Punkt des Bogens AB erreichbar — oder auch konvergieren die Punkte M_1M_2 .. gegen einen Punkt Q, der nicht in der genannten Weise erreichbar ist; jeder Punkt des Bogens AQ ist aber erreichbar. Dies streitet aber gegen die Definition, infolge deren man immer einen Punkt R des Bogens AQ so bestimmen kann, dass RQ ein Elementarbogen ist.

Alle innere Punkte eines Elementarbogens nennen wir gewöhnliche Punkte der Kurve. Alle nicht gewöhnliche oder singuläre Punkte sind also nach § 2 entweder Spitzen oder Inflexionspunkte. Doch wollen wir auch die wie gewöhnlich definierten Doppelpunkte den singularen Punkten zurechnen. — Aus (1) folgt nun:

(2) Eine Elementarkurve kann zwar beliebig viele Spitzen und Inflexionspunkte haben, aber die Zahl dieser Punkte muss immer endlich sein.

Die Zahl der Doppelpunkte kann aber unendlich sein.

Aus (1) folgt weiter:

(3) Eine Elementarkurve kann eine beliebig grosse aber immer nur eine endliche Zahl von Punkten mit einer Geraden gemein haben.

Die grösste Zahl der Punkte, die eine Gerade mit der Kurve gemein haben kann, nennen wir die Realitätsordnung, oder kürzer die Ordnung der Kurve. Dabei setzen wir voraus, das ein Berührungspunkt, der ein gewöhnlicher Kurvenpunkt ist, zweimal als Schnittpunkt mit der Tangente mitzurechnen ist, aber dreimal, wenn der Berührungspunkt ein Inflexionspunkt oder eine Dornspitze ist, und viermals, wenn er eine Schnabelspitze ist. Der Grund dieser Verabredungen ist der, dass man in den genannten Fällen noch § 2 immer eine der Tangente naheliegende Gerade finden kann, welche in der genannten Zahl von Punkten schneidet. Aus demselben Grunde rechnen wir auch, dass jede durch eine Spitze A gehende Gerade, welche dort keine Tangente ist, mit der Kurve zwei in A zusammenfallende Punkte gemein hat.

Das reciproke Gebilde einer Elementarkurve ist wieder eine Elementarkurve. Man hat demnach:

(4) An eine Elementarkurve kann aus einem Punkte beliebig viele, aber immer nur eine endliche Zahl von Tangenten ausgehen.

Die grösste Zahl der aus einem Punkte ausgehenden Tangenten nennen wir

[1] Siehe J. Hjelmslev, Om Grundlaget for Læren om simple Kurver, Nyt Tidsk. f. Math., 1907. S. 61.

die Realitätsklasse oder kürzer die Klasse der Kurve. Wie hier zusammenfallende Tangenten zu rechnen sind, folgt aus dem vorigen.

Wird eine Elementarkurve von einer Geraden paarmal — oder unpaarmal — geschnitten, dann wird sie von jeder Geraden paarmal — oder unpaarmal — geschnitten. (5)

Dreht man nämlich eine Gerade l um einen ihrer Punkte, der aber weder auf der Kurve noch auf einer Tangente zu einem singulären Kurvenpunkte liegt, können Schnittpunkte von l mit der Kurve nur dann verschwinden oder neu auftreten, wenn l entweder eine Tangente der Kurve oder eine Spitze derselben überschreitet. Bei jedem solchen Übergange wird aber die Zahl der Schnittpunkte um $+2$ oder -2 geändert. Mittels der genannten Drehung kann man jede Gerade in jede andere allgemeiner Lage überführen. Besonders sind nur die Tangenten und die durch eine Spitze gehenden Geraden zu betrachten. Hier sieht man aber leicht, dass die oben in § 2 gemachten Verabredungen den Satz allgemein gültig machen (auch wenn die Kurve Winkelpunkte in endlicher Zahl enthält).

Die Zahl der Wendetangenten einer Elementarkurve ist paar oder unpaar je nachdem die Ordnung der Kurve paar oder unpaar ist. (6) In diesem Satze rechnen wir die Tangente in einer Schnabelspitze den Wendetangenten zu.

Es durchlaufe ein Punkt P eine vollständige Gerade l von einer Anfangsstellung P_0 aus; wir wählen die Gerade so, dass sie durch keinen Berührungspunkt einer Wendetangente geht. Die Zahl der aus P gehenden Tangenten der Kurve kann sich nur ändern, wenn entweder die Curve oder auch eine Wendetangente von P überschritten wird und dann jedesmal um 2. Weil aber, wenn P wieder in P_0 angelangt ist, die Zahl der Tangenten die ursprüngliche wird, muss die Zahl der Punkte, in welchen l von der Kurve und von den Wendetangenten geschnitten wird, immer paar sein, woraus der Satz folgt.

Dualistisch hat man:

Die Zahl der Spitzen einer Kurve ist paar oder unpaar je nachdem die Klasse der Kurve paar oder unpaar ist. (7)

Zwei Elementarkurven können beliebig viele, auch unendlich viele Punkte mit einander gemein haben. Man hat aber den v. Staudt'schen Satz:

Haben zwei Elementarkurven, von denen wenigstens die eine paarer Ordnung ist, eine unpaare Zahl von Punkten mit einander gemein, dann müssen sie wenigstens noch einen Punkt mit einander gemein haben. (8)

Man beweist diesen Satz wie den vorigen. Es seien die Kurven α und β, α paarer Ordnung. Es gehe durch einen fest gewählten Punkt P_0 auf β t Tangenten an α. Man lässt nun einen Punkt P die ganze Kurve β durchlaufen, und benutzt, dass die Zahl der durch P_0 gehenden Tangenten am Ende wieder t sein muss. Die Kurve α hat nun eine endliche Zahl s von Wendetangenten (im obigen Sinne), und es mögen beim Überschreiten dieser Geraden s_1 Mal zwei Tangenten

an α gewonnen, und s_2 Mal zwei Tangenten verloren werden. Ebenso möge beim Überschreiten der Curven α q_1 Mal zwei Tangenten an α gewonnen und q_2 Mal zwei Tangenten verloren werden. Man hat dann:

$$2s_1 - 2s_2 + 2q_1 - 2q_2 = 0$$

oder $s_1 - s_2 = q_2 - q_1$.

Weil nun nach (6) $s_1 + s_2$ eine paare Zahl ist, ist diese Gleichung unmöglich, wenn $q_1 + q_2$ unpaar ist.

Ganz ebenso beweist man:

(9) Wenn zwei Elementarkurven unpaarer Ordnung eine paare Zahl von Punkten mit einander gemein haben, dann müssen sie wenigstens noch einen Punkt mit einander gemein haben.

Beim Beweise ist vorausgesetzt, dass die Kurven einander nicht berühren und dass ein singulärer Punkt kein gemeinsamer Punkt ist. Es ist leicht die früher gemachten Verabredungen so zu erweitern dass der Satz auch in diesem Falle gilt; ich unterlasse dies, indem ich den Satz im folgenden so spärlich wie möglich benutzen werde[1].

(10) Wenn eine völlig stetige Kurve von jeder Tangente ausser in dem Berührungspunkte und von jeder durch eine Spitze gehenden Geraden ausser in diesem höchstens in n Punkten geschnitten wird, dann ist die Ordnung der Kurve höchstens $n + 2$.

Wenn nämlich eine Gerade ihre Lage in der Ebene stetig ändert z. B. durch einen festen Punkt gehend, dann kann eine Änderung in der Zahl der Schnittpunkte mit der gegebenen Kurve nur dann eintreten, wenn die Gerade die Kurve berührt, oder auch wenn sie durch eine Spitze geht. Er gilt der Satz selbstverständlich auch, wenn die Kurve Winkelpunkte hat; man braucht dann nur auch die durch einem Winkelpunkte gehenden uneigentlichen Tangenten mitzunehmen.

Ebenso sieht man ferner, dass die Zahl der Punkte, die eine der im obigen Satze hervorgehobenen Geraden mit der Kurve gemein hat, nur dann sich ändern kann, wenn sie nochmal berührt oder nochmal durch eine Spitze (oder einen Winkelpunkt als uneigentliche Tangente) geht[2].

Wir wollen noch auf die in § 2 besprochene Abrundung Bezug nehmen und beweisen:

[1] Merkwürdigerweise sind die v. Staudt'schen Schnittpunktssätze ihrer Tragweite nach — soweit mir bekannt — noch gar nicht untersucht worden. Die obige Formulierung ist ganz speciell; übrigens sieht man leicht, dass man in dem gegebenen Beweise die eine der Kurven durch eine geschlossene projektive Jordankurve endlicher Ordnung ersetzen kann, aber auch dies ist von der allgemeinsten Form des Satzes weit entfernt. Ich bemerke noch, dass man aus einem solchen Satze leicht herleiten könnte, dass eine beliebige geschlossene projective Jordankurve paarer Ordnung ohne Doppelpunkte die projektive Ebene in zwei Gebiete trennt, was aber die Kurve unpaarer Ordnen nicht thut. (Siehe: Indledning i Læren om de grafiske Kurver, K. D. Vidensk. Selsk. Skr. 1899, S. 28.

[2] Wenn also eine in der Ebene beliebig gezeichnete Kurve (Elementarkurve) vorliegt, kann man immer die Ordnung der Kurve mittels einer endlichen Zahl von Proben bestimmen.

Durch eine Abrundung kann die Ordnung der Kurve niemals er (11)
erhöht werden.

Durch eine Abrundung werden zwei Bögen $AB = \beta$ und $AC = \gamma$ durch einen Elementarbogen σ ersetzt. Es kommt also darauf an zu zeigen, dass jede Gerade l, welche einen oder auch zwei Punkte mit σ gemein hat, bzw. wenigstens einen oder auch zwei Punkte mit $\beta + \gamma$ gemein haben muss. Wenn aber l einen und nur einen Punkt mit σ gemein hat, dann hat sie einen Punkt mit der endlichen Strecke $\overline{BC}$ gemein und also auch einen mit dem einem oder dem anderen der Strecken AB und AC. Die Gerade hat also entweder mit β oder mit γ einen Punkt gemein, mit dem anderen 0 oder 2 Punkte.

Wenn aber l den Bogen σ in zwei Punkten schneidet, dann geht sie durch einen inneren Punkt des durch α, β und σ begrenzten Gebietes und schneidet jede der endlichen Strecken $\overline{AB}$ und $\overline{AC}$, weil sie jedenfalls die Strecke $\overline{BC}$ nicht schneidet. Die Gerade l muss also in diesem Falle jeden der Bögen β und γ in einem Punkte schneiden.

Dagegen kann man im Allgemeinen nicht behaupten, dass die Ordnung einer Kurve durch Abrundung nicht vermindert werden kann[1].

Hat eine völlig stetige geschlossene Kurve einen Doppelpunkt, kann man von diesem Punkte aus die Kurve in zwei Pseudozweige teilen. Unter einen von einem Doppelpunkte O ausgehenden Pseudozweig werden wir den Teil der Kurve verstehen, den ein Punkt durchläuft, wenn dieser in O anfängt und stetig läuft, bis er das erste Mal wieder in O zurückkehrt. Der übrigbleibende Teil der Kurve ist dann auch ein Pseudozweig; solche zwei Pseudozweige, die zusammen die ganze Kurve ausmachen, nennen wir komplementäre.

Wir wollen nun annehmen, dass die Tangenten in O getrennt sind, und dass O auf keinem der durch O gehenden Kurvenbögen BOB' und COC' ein Inflexionspunkt ist; B und C mögen demselben Pseudozweig angehören. Ist nun auf diesem Pseudozweige O ein Winkelpunkt erster Art, dann bedeutet dies den Ausführungen in § 2 zufolge, dass B und C so nahe an O gewählt werden können, dass die Tangente in B den Bogen OC und die Tangente in C den Bogen OB je in einem Punkte schneidet. Weil aber BOB' und COC' Elementarbögen sind, kann man B' und C' so nahe an O wählen, dass auch die Tangente in B' den Bogen OC und also nicht den Bogen OC', und ebenso die Tangente in C' nicht den Bogen OB' schneidet. Es wird desshalb den Definitionen in § 2 zufolge O auf dem komplementären Pseudozweig ein Winkelpunkt dritter Art sein.

Ganz in derselben Weise sieht man, dass O gleichzeitig auf beiden komplementären Zweigen ein Winkelpunkt zweiter Art sein wird, ɔ:

Ein Doppelpunkt O mit getrennten Tangenten von denen keine (12)
eine Wendetangente ist, wird entweder auf dem einen von O ausgehenden Pseudozweig ein Winkelpunkt erster Art, und zugleich auf

[1] Bei den im folgenden vorkommenden Beispielen von Abrundungen ist es jedoch errichtlich, dass die Ordnung der Kurve durch die Abrundung auch nicht vermindert wird.

dem komplementären ein Winkelpunkt dritter Art sein, oder auch wird er auf beiden Zweigen zugleich ein Winkelpunkt zweiter Art sein.

Wir wollen noch den Fall in Betracht ziehen, dass O auf dem Bogen BOB' aber nicht auf COC' ein Inflexionspunkt ist (Fig. 8 u. 9). Denken wir uns, dass BOC ein Winkelpunkt zweiter Art ist; dies bedeutet, dass entweder die Tangente in B den Bogen OC oder auch die Tangente in C den Bogen OB schneidet. Im ersten Fall wird die Tangente in B' nicht den Bogen OC und also OC' schneiden, und zugleich die Tangente in C' den Bogen OB nicht schneiden, aber den Bogen OB'. Der „komplementäre Winkelpunkt" $B'OC'$ ist also erster Art. In ganz ähnlicher Weise sieht man, das im zweiten Falle der komplementäre Winkelpunkt dritter Art wird. Man hat also:

(13) Schneiden sich zwei Bögen in einem Punkt O, der auf einem (aber nur auf einem) der Bögen ein Inflexionspunkt ist, dann sind von zwei komplementären Winkelpunkten der eine immer zweiter Art, während der andere erster oder dritter Art sein kann.

Erinnern wir uns, dass durch eine Abrundung zwei, ein oder keine Inflexionspunkte hervortreten je nachdem der Winkelpunkt erster, zweiter oder dritter Art ist, dann sieht man, dass Abrundung zweier komplementärer Winkelpunkte immer zwei neue Inflexionspunkte auftreten, wenn keine Tangente in O eine Wendetangente ist, dagegen ein oder drei, wenn der eine Tangente in O eine Wendetangente ist.

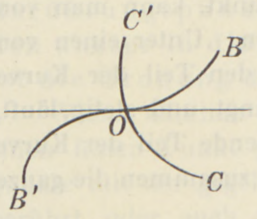


Fig. 8.

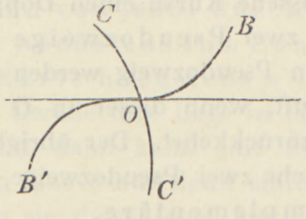


Fig. 9.

Wir wollen noch das Auftreten von neuen Inflexionspunkten untersuchen, sowohl wenn man die Winkelpunkte BOC und $B'OC'$, sowie auch wenn man die Winkelpunkte BOC' und $B'OC$ abrundet. Wir nennen dies die zwei komplementären Abrundungen der durch einen Doppelpunkt gehenden Bögen einer Elemencurve. Wenn O kein Inflexionspunkt ist, haben wir schon gesehen, dass beide Abrundungen zwei neue Inflexionspunkte geben.

Nehmen wir nun den Fall, dass die Gerade, welche BOB' in O berührt, eine Wendetangente ist. Dann wird einer der Winkelpunkte BOC oder $B'OC'$ sowie auch einer der Winkelpunkte BOC' oder $B'OC$ zweiter Art sein. Denken wir uns z. B., dass BOC zweiter Art ist, während $B'OC'$ erster Art ist. Dann ist den früheren Definitionen zufolge COB' ein Winkelpunkt zweiter Art und BOC' dritter Art. Daraus folgt, dass man, wenn man von der einen komplementären Abrundung zur anderen übergeht, dabei entweder zwei O naheliegende Inflexionspunkte gewinnen oder verlieren wird.

Späterer Anwendungen wegen, — die jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht hervortreten, — bemerke ich noch folgendes:

Liegt ein Bogen α einer Elementarkurve einem anderen Bogen α_1 derart nahe, dass die Tangenten in nahe liegenden Punkten auch nahe an einander liegen, dann kann man sagen, dass die zwei Bögen völlig nahe an einander liegen. Einer Wendetangente von α wird dann auch eine Wendetangente von α_1 nahe liegen und umgekehrt.

Betrachten wir nun wie in Fig. 8 u. 9 zwei Bögen BOB' und COC', welche einander in O schneiden, und nehmen wir die zwei komplementären Abrundungen vor. Es entstehen dabei zwei Paare von völlig stetigen Bögen (von Elementarkurven) α und β durch die eine, α_1 und β_1 durch die andere Abrundung. Liegen nun den Bögen α, β, γ, δ vier andere ebensolche Bögen α_1, β_1, γ_1, δ_1 völlig nahe an, dann werden α_1 und β_1 zusammen zwei O nahe liegende Inflexionspunkte mehr oder weniger haben, als der Bögen γ_1 und δ_1 zusammen.

Wir wollen noch den altbekannten Satz nennen:

Eine völlig stetige geschlossene Kurve ohne Spitzen und Inflexionspunkte sowie ohne Doppelpunkte und Doppeltangenten ist eine Kurve zweiter Ordnung. (14)

Der einfachste von den von diesem Möbius'schen Satz gegebenen Beweisen rührt meine Wissens von J. Hjelmslev her![1] Aus dessen Beweis folgt aber, dass es unnöthig ist die Nichtexistens von Doppeltangenten ausdrücklich zu postulieren, so dass man hat:

Eine völlig stetige geschlossene Kurve ohne Spitzen, Inflexionspunkte und Doppelpunkte ist eine Kurve zweiter Ordnung. (15)

Man könnte versuchen auch andere Singularitäten in dem Aussage des Satzes auszulassen. Im Allgemeinen wird das freilich nicht möglich sein, wir werden aber einen spezielleren — uns später nützlichen — Satz aufstellen, der in dieser Richtung geht. Erst beweisen wir:

Eine völlig stetige geschlossene Kurve ohne Spitzen, Doppelpunkte und Doppeltangenten, aber mit s Inflexionspunkten ist aus s Elementarbögen zusammengesetzt. (16)

Die Bögen müssen in den Inflexionspunkten $W_1, W_2, W_3 \ldots$ zusammenstossen, welche Punkte in der genannte Ordnung auf der Kurve liegen mögen. Er sei α_1 derjenige Bogen $W_1\ W_2$, der W_3 nicht enthält, α_2 der analog bestimmte Bogen $W_2\ W_3$ u. s. w. Weil die Kurve keine Spitzen und keine Doppeltangenten hat, schneidet jede Tangente ausserhalb dem Berührungspunkte M die Kurve in gleichvielen Punkten $P_1, P_2, P_3 \ldots P_r$, und weil von diesen Punkten keine zwei zusammenfallen können, bleibt die Folge dieser Punkte unverändert, wenn M seine Lage auf der Kurve ändert; diese Folge sei in einem bestimmten Sinne die angegebene, wobei noch vorausgesetzt werde, dass in einem bestimmten Augenblick M zwischen P_1 und P_r liegt. Es sei M als ein beliebiger Punkt des Bogens $W_1 W_r = \alpha_r$ angenommen. Wenn nun P_1 auf dem Bogen MW_1 von α_r läge, dann müssten M und P_1 sich in demselben Sinne bewegen, weil sonst auf dem Bogen $P_1 M$ von α_r ein

[1] Siehe: Nyt Tidsskrift f. Math., 1907, S. 64.

neuer Inflexionspunkt auftreten würde[1]. Aber es ist auch nicht möglich, dass M und P_1 sich in demselben Sinne bewegen, denn in der unmittelbaren Nähe von W_1 ist dieses nicht der Fall. Ebenso kann die Tangente m in M auch nicht den Bogen MW_r von α_r schneiden. Weil also keine Tangente von α_r diesen Bogen schneiden kann, ist α_r ein Elementarbogen (siehe Seite 12). Dasselbe gilt den übrigen Bögen α.

(17) Wir können nun beweisen:

Eine völlig stetige und geschlossene Kurve ohne Doppelpunkte, Doppeltangenten und Spitzen kann nicht eine paare Zahl von Inflexionspunkten haben.

Es habe die Kurve s Inflexionspunkte $W_1, W_2 \ldots W_s$. Dem obigen zufolge ist die Kurve aus s Elementarbögen zusammengesetzt. Wir gebrauchen dieselben Bezeichnungen wie im Beweise des vorigen Satzes, so dass $M, P_1, P_2 \ldots P_r$ auf den Kurve eine Folge bilden. Wenn nun M sich auf α_r gegen W_1 in einem bestimmten Sinne bewegt, dann muss — weil zwischen M und W_1 kein Inflexionspunkt liegt — auch P_1 sich in einem bestimmten Sinne bewegen, und dieser muss dem Sinne von M entgegengesetzt sein, weil das in der unmittelbaren Nähe an W_1 der Fall ist. Wenn M durch W_1 auf den Bogen α_1 übergeht, dann bleibt der Bewegungssinn von M unverändert, während der Sinn jedes Punktes P wechselt. Man sieht nun ganz wie oben, dass jetzt d. h. wenn M sich auf α_1 von W_1 nach W_2 bewegt, dann M und P_2 sich in entgegengesetzten Sinne bewegen müssen. Daraus folgt aber, dass beim ersten Teil der Bewegung, d. h. während M sich auf α_r von W_r nach W_1 bewegte, dann M und P_2 sich in entgegengesetzten Sinnen bewegen müssen. Die Fortsetzung der Schlüsse zeigt, dass $P_1, P_3, P_5 \ldots$ sich alle in entgegengesetzten Sinne von M, während $P_2, P_4, P_6 \ldots$ sich alle in demselben Sinne wie M bewegen müssen. Wenn also s paar ist, dann wird M und P_s sich in demselben Sinne bewegen. Das ist aber eben dem obigen zufolge unmöglich, denn M und P_s folgen ebensowohl auf einander wie M und P_1 (wenn man den positiven Sinn der Kurve mit dem entgegengesetzten umtauscht). Es kann also s nicht paar sein.

Hieraus folgt endlich:

(18) Eine geschlossene und völlig stetige Kurve paarer Ordnung ohne Doppeltangenten, Doppelpunkte und Spitzen kann nur eine Kurve zweiter Ordnung sein.

Eine paare Kurve kann nicht eine unpaare Zahl von Inflexionspunkten haben. Wenn man also im Voraus weiss, dass die Kurve paar ist, dann braucht man das Nichtvorhandensein von Inflexionspunkten in dem Möbius'schen Satze nicht ausdrücklich zu postulieren.

[1] Hier gebrauchen wir freilich den einfachen Korrespondenzsatz, den wir erst als (A) in § 4, Seite 23 formulieren.

§ 4.

Das elementare Korrespondenzprinzip.

Um die reelle Eksistenz gewisser Punkte fest zu stellen benutzen wir durchgehend den folgenden Satz:

A. Entspricht jedem Punkt X eines endlichen oder unendlichen Stückes MN einer Geraden ein und nur ein Punkt eines Stückes PQ derselben Geraden, und durchlaufen korrespondierende Punkte X und Y gleichzeitig stetig die Stücke MN und PQ, die Endpunkte mitgerechnet, in entgegengesetzten Richtungen, dann giebt es, wenn MN und PQ einander trennen, auf MN (und auf PQ) ein und nur ein Punkt, wo X und Y zusammenfallen.

Dieser Satz, die einfachste Form des „elementaren Korrespondenzsatzes, ist nichts anders als eine geometrische Formulierung eines Hauptsatzes über stetige Funktionen.

Weil MN und PQ einander trennen, kann man nämlich immer einen Punkt der Geraden finden, der weder auf MN noch auf PQ liegt. Man kann deshalb — jedenfalls nach Ausführung einer Kollineation — davon ausgehen, dass die Stücke MN und PQ beide endlich sind. Es seien nun x und y die Abscissen von X und Y, und es sei der positive Sinn so gewählt, dass x wächst, wenn X von M nach N geht. Es seien x_1, y_1, x_2, y_2 die Abscissen von bzw. M, P, N, Q. Man hat dann $x_1 < x_2$, $y_1 > y_2$, sowie auch $x_1 < y_1$, $x_2 > y_2$. Wir nehmen nun x, y als Koordinaten in einem rechtwinkligen System an; $(x; y)$ bewegt sich dann, wenn X von M nach N geht, auf einem stetigen Bogen von $(x_1; y_1)$ nach $(x_2; y_2)$. Diese zwei Punkte liegen aber auf verschiedenen Seiten der Geraden $y = x$, und der Bogen wird deshalb dieselbe in einem und — weil $y = f(x)$ eine abnehmende oder wenigstens nirgends wachsende Funktion ist — nur in einem Punkte schneiden.

Für uns im folgenden ist nun die nachstehende Erweiterung von (A) von wesentlicher Bedeutung.

B. Es seien auf einer im projectiven Sinne geschlossenen Curve, die sich ein-eindeutig auf einem Kreis abbilden lässt, Punkte X und Y so überall stetig von einander abhängig, dass jedem Punkte der Kurve als ein Punkt X — oder Y — aufgefasst p — oder q — getrennte Punkt Y — oder X — entsprechen; es bewege sich ferner überall ein Punkt X — oder Y — innerhalb eines endlichen wenn auch noch so kleinen Gebietes in einem bestimmten Sinne, wenn der entsprechende es thut. Setzt man nun noch voraus, dass in irgend einer Stellung ein Punkt X mit irgend einem seiner entsprechenden ungleichsinnig läuft, dann giebt es $p+q$ Punkte in welchen ein Punkt X mit einem entsprechenden Punkte Y zusammenfallen wird.

Wir wollen erstens zeigen, dass jeder Punkt Y, der einem in einem bestimmten Sinne laufenden Punkt X entspricht, in einem bestimmten Sinne laufen muss. Es

ist dies eine Voraussetzung, wenn X sich innerhalb eines hinreichend kleinen Gebietes befindet. Aber auch, wenn X immer in demselben Sinne laufend aus diesem Gebiete heraustritt, kann keiner der entsprechenden Punkte Y z. B. Y_2 seinen Bewegungssinn ändern. Jedem Punkte Y entsprechen nämlich q und nur q Punkte X; wenn nun Y_2 in einem Punkt Z_2 den Sinn änderte, würde er in einen Punkt Z gelangen, den er früher innegehabt hatte, und es würde dann diesem Punkte, als ein Punkt Y aufgefasst, wenigstens $q+1$ Punkte X entsprechen, jedenfalls wenn Z hinreichend nahe an Z_2 gewählt wird.

Wir wissen ferner nach unseren Voraussetzungen, dass X_1 und einer der entsprechenden Punkte z. B. Y_1 in entgegengesetzten Sinne laufen. Daraus folgt aber, dass auch jeder der entsprechenden z. B. Y_2 in entgegengesetzten Sinne von X_1 laufen muss. Mann kann nämlich den Punkt Y_1 die ganze Kurve durchlaufen lassen, wodurch auch X_1 entweder einen Teil der Kurve oder auch die ganze Kurve einmal oder mehrmal durchläuft. Wenn nun während dieser Bewegung Y_1 und Y_2 sich in entgegengesetzten Sinne bewegt hätten, dann müssten Y_1 und Y_2 wenigstens einmal mit einander zusammenfallen, was gegen die Voraussetzungen streitet.

Die Bedingung, dass die Kurve sich ein-eindeutig auf einen Kreis abbilden lässt, ist jedenfalls erfüllt, wenn die Kurve eine Elementarkurve ist. Dasselbe gillt aber auch im weiteren Umfange, so besonders wenn die Kurve rektifizierbar ist, indem man dann offenbar die Kurve auf einen Kreis mit demselben Umfang wie diese abbilden kann. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn die Kurve — mit Ausnahme einzelner Punkte — überall völlig stetig ist. Freilich setzt man hier fürs erste voraus, dass die Kurve ganz im endlichen liegt. Stellt man aber noch die Forderung, dass die Kurve endlicher Ordnung sei, dann hat sie auch nur eine endliche Zahl von Bögen, welche ins unendliche gehen. Diese kann man durch Kollineationen in endliche Bögen transformieren und dann die Bogenlängen im Bilde ablesen[1].

Indem wir nun alle Punkte auf einem Kreise liegend annehmen, seien s_1 und s_2 die von einem bestimmten Nulpunkte A aus in einem bestimmten Sinne gemessenen Bögen AX und AY. Die kleinsten positiven Reste von s_1 und s_1 mit dem ganzen Kreisumfange p als Divisor, wählen wir als Koordinaten ξ und η in einem rechtwinkligen Koordinatsysteme. In Übereinstimmung mit der Abhängigkeit von s_1 und s_2, wird dann innerhalb einer Kvadrate mit den Seiten p Bögen läufen, deren jeder in einem Punkte des Umfange des Kvadrates seinen Anfang nimmt und auch da endet. Auf dem Umfange werden sich $p+q+p+q$ Endpunkte vorfinden, also wird die Zahl des Bögen $p+q$ sein. Jeder Bogen, der in einem Punkte von $\xi = o$ seinen Anfang nimmt, muss entweder in einem Punkte von $\eta = o$ oder auch in einem Punkte von $\xi = p$ endigen, und jeder Bogen, der in $\eta = p$ seinen Anfang nimmt, muss in $\eta = o$ oder $\xi = p$ endigen. Weil nun den Voraussetzungen zufolge

[1] Ich benutze im folgenden den Beweis, der von A. K. Erlung gegeben worden ist, siehe: Lidt om det grafiske Korrespondanceprincip, Nyt Tidsskr. f. Math., 1906, S. 58.

η mit wachsende ξ immer abnimmt, wird jeder Bogen von der Geraden $\xi = \eta$ in einem und nur einem Punkte geschnitten, und hiermit ist der Satz bewiesen.

Es ist aus dem Beweise ersichtlich, dass der Satz auch noch giltig ist, wenn einer der Punkte Y, die einem Punkte X entsprechen, entweder beständig oder auch nur für ein gewisses Intervall von X ein festliegender Punkt ist; es kommt nur darauf an, dass η mit wachsenden ξ niemals wächst.

Es ist noch zu bemerken, dass die Bedingung, dass die einem Punkt X entsprechenden Punkte Y nicht zusammenfallen dürfen, nur dazu benutzt wurde um aus der Ungleichläufigkeit des Punktes X und eines der ersprechenden Punkte Y die Ungleichläufigkeit von X and allen entsprechenden Y schliessen zu können. Wenn man also das letztere im Voraus weiss, dann behält der Satz noch seine Giltigkeit, auch wenn die einem und demselben X entsprechenden Punkte Y für bestimmte X zusammenfallen. Es kann in solchen Fällen auch geschehen, dass einer der gefundenen Punkten mit einer gewissen Multiplicität zu rechnen ist; für die Bestimmung derselben giebt der obige Beweis in jedem einzelnen Fall die nöthigen Anhaltspunkte. Die im Satze erstgenannte Forderung, nämlich dass Y (oder X) sich innerhalb eines endlichen Gebietes in einem bestimmten Sinne bewegen soll, wenn X (oder Y) es thut, ist nach § 1 erfüllt, wenn X einen Elementarbogen durchläuft und Y ein zu X gehöriger Tangentialpunkt ist, oder auch wenn X und Y Schnittpunkte eines Elementarbogens mit einer beweglichen Tangente eines zweiten Elementarbogens sind.

Wir wollen nun den Satz auf einige für uns im folgenden wichtige Beispiele anwenden.

Erstes Beispiel:

Es werde eine Elementarkurve β weder von einer anderen Elementarkurve α noch von deren Wendetangenten oder Doppeltangenten geschnitten, und es habe jede Tangente von α, die überhaupt β schneidet, n Punkte mit derselben gemein. Die zwei Kurven haben dann entweder keine oder auch $2k(n-1)$ Tangenten mit einander gemein, wenn aus irgend einem Punkte von β k Tangenten an α gehen.

Aus den Voraussetzungen folgt, dass aus jedem Punkte X der Kurve β k Tangenten an α gehen, und dass jede solche Tangente die Kurve β nochmals in $(n-1)$ Punkten Y schneidet. Man hat also ein $(k(n-1); k(n-1))$ Abhängigkeit in X und Y, und es können zwei Punkte Y, welche demselben Punkte X entsprechen, nicht zusammenfallen. Wenn aber t eine gemeinsame Tangente von α und β ist, welche β in B berührt, dann werden die t naheliegenden Tangenten von α, die überhaupt β schneiden, dieselbe in Punkten schneiden, von welchen diejenigen, welche nahe an B liegen in entgegengesetzten Sinne laufen. Wenn also wenigstens eine Tangente α und β gemein ist, dann werden die Kurven $2k(n-1)$ Tangenten mit einander gemein haben.

Insbesondere haben zwei Kurven zweiter Ordnung, welche keinen Punkt mit

einander gemein haben, entweder keine oder auch vier Tangenten mit einander gemein[1].

Zweites Beispiel:

Hat eine völlig stetige Kurve n-ter Ordnung einen $(n-2)$-fachen Punkt O, dann gehen aus diesem Punkte entweder keine oder auch zwei Tangenten, welche ausserhalb O berühren.

Es ist dieser Satz eine unmittelbare Folge des Korrespondenzsatzes. Ich bemerke nur, dass man um den Satz auch in dem Falle aufrechthalten zu können, wo O ein Inflexionspunkt ist, die zugehörige Wendetangente als eine in einem Nachbarpunkte zu O, aber nicht in O berührende Tangente auffassen soll. Ferner sei bemerkt, dass in diesem Satze jede durch eine Spitze gehende Gerade als eine Tangente betrachtet werden soll. Man erhält so beiläufig den Satz:

Eine völlig stetige Kurve n-ter Ordnung mit einem $(n-2)$-fachen Punkte kann höchstens zwei Spitzen haben.

Drittes Beispiel:

Es habe eine völlig stetige Kurve n-ter Ordnung ohne Spitzen einen $(n-2)$-fachen Punkt A, durch den zwei Tangenten gehen, die ausserhalb A berühren, und einen einfachen Doppelpunkt B, durch den keine ausserhalb B berührende Tangente geht; die Kurve wird dann noch $n-3$ einfache Doppelpunkte haben.

Jede durch B gehende Gerade schneidet nämlich die Kurve in gleich vielen und also in $n-2$ Punkten (wobei ein Nachbarpunkt von A als von A verschieden betrachtet wird); alle diese Punkte müssen in demselben Sinne laufen, weil sie nicht zusammenfallen können. Sind nun zwei Kurvenpunkte X und Y so verbunden, dass die Geraden AX und BY sich in einem Kurvenpunkte Z schneiden, bilden die Paare (X, Y) eine $(n-3, n-3)$ Korrespondenz, auf welche man das Prinzip anwenden kann. X und Y können nur in einem neuen Doppelpunkte zusammenfallen, aber fallen in jedem von diesen zweimal zusammen; die Kurve hat also $n-3$ neue Doppelpunkte.

Denkt man sich die Kurve algebraisch, muss sie also unter den gegebenen Bedingungen unikursal sein[2].

---

§ 5.

Die Kurve dritter Ordnung.

Wir betrachten eine geschlossene völlig stetige Kurve dritter Ordnung, die also von jeder Geraden entweder in einem oder in drei getrennten oder in vorher

[1] Haben die zwei Kurven zweiter Ordnung p Punkten mit einander gemein, wo p von 0 oder 4 verschieden ist, dann wird die Zahl der gemeinsamen Tangenten auch p sein (siehe: Indledning i Læren om grafiske Kurver, Kgl. danske Vidensk. Selsk. Skr., 6. R. X. 1899, S. 19).

[2] Für algebraische Kurven habe ich den Satz als Aufgabe gestellt in „Archiv f. Math. und Physik", Aufg. Nr. 176.

besprochener Weise zusammenfallenden Punkten geschnitten wird. Findet sich eine Gerade, die mehr als drei Punkte mit der Kurve gemein hat, soll jeder Punkt der Geraden der Kurve angehören, und die übrigen Punkte derselben müssen dann eine Kurve zweiter Ordnung bilden. Bis weiter setzen wir voraus, dass die Kurve keinen Doppelpunkt hat.

Die Zahl der Tangenten, die aus einem Punkte P der Kurven ausgehen und ausserhalb P berühren, kann sich nicht ändern, wenn P seine Lage auf der Kurve ändert, weil die Kurve weder sich selbst noch eine seiner Wendetangenten schneidet. Ist nun P ein beliebiger Punkt der Kurve, folgt schon aus dem Korrespondenzsatz — siehe zweites Beispiel S. 26, dass aus P entweder 0 oder 2 Tangenten gehen, die ausserhalb P berühren. Hier wird es aber sicher zwei Tangenten geben, weil man P als den Tangentialpunkt irgend eines Kurvenpunktes wählen kann, d. h.:

Aus jedem Punkte der Kurve dritter Ordnung ohne Doppelpunkte oder Spitzen gehen immer zwei Tangenten, die ausserhalb P berühren. (1)

Die Kurve hat wenigstens einen Inflexionspunkt; es folgt dies schon daraus, dass eine überall völlig stetige Kurve ohne Doppelpunkte, Spitzen und Inflexionspunkte eine ebensolche Kurve zweiter Ordnung sein muss. Um die Zahl der Inflexionspunkte zu bestimmen braucht man nur die (2—1) Korrespondenz zu betrachten, die einen Punkt R der Kurve mit seinem Tangentialpunkt P verbindet. Es können hier die zwei Punkte R, welche einem Punkte P entsprechen, nicht zusammenfallen; man braucht also nur an irgend einer Stelle den Lauf von R und P zu untersuchen. Man weiss aber nach § 2, Seite 10 dass P und R in der Nähe eines Inflexionspunktes in entgegengesetztem Sinne laufen. Man hat also:

Eine Elementarkurve dritter Ordnung ohne Doppelpunkte oder Spitzen hat immer drei Inflexionspunkte. (2)

Um die Formen der Kurve etwas näher charachterisieren zu können, stellen wir den folgenden einfachen Satz auf (der elementare Carnot'sche Satz):

Das zusammenhängende Produkt der Verhältnisse, in denen die Seiten eines Polygons durch die Schnittpunkte mit einer beliebigen geschlossenen Elementarcurve geteilt werden, ist immer positiv. (3)

Es genügt ein Dreieck ABC zu betrachten. Wir wählen dieses so, dass keine Winkelspitze auf der Kurve liegt, und so klein, dass sämtliche Schnittpunkte mit der Kurve auf den Verlängerungen der Seiten liegen; es ist in dieser Lage der Satz selbstverständlich. Drehen wir nun eine Dreiecksseite z. B. AB um A, wird ein Verhältniss auf AB nur dann sein Vorzeichen ändern können, wenn die veränderliche Dreiecksseite durch einen Schnittpunkt der Kurve mit der gegenüberliegenden Seite BC hindurchgeht. Es wird dann aber auch ein Verhältniss auf eben dieser Seite sein Vorzeichen ändern, so dass das Produkt der Verhältnisse wieder positiv wird. Hiermit ist der Satz offenbar bewiesen; die speziellen Fälle, wo entweder eine Seite die Kurve berührt oder wo eine Winkelspitze auf der Kurve liegt, erledigen sich ganz ebenso wie bei den algebraischen Kurven.

Aus diesem Satze folgt, dass die Kurve dritter Ordnung immer so projiciert werden kann, dass die drei Inflexionspunkte alle auf den Verlängerungen der Seiten der Wendepunktsdreiecks liegen. Ein Bogen der Kurve, der durch zwei der Inflexionspunkte begrenzt ist und nicht den dritten enthält, ist ein Elementarbogen (siehe § 3, Satz 16, Seite 16).

Wir können also sagen:

(4) Eine völlig stetige Kurve dritter Ordnung ist aus drei Elementarbögen zusammengesetzt und liegt in drei von den vier Dreiecken, in welche die Ebene durch die drei Wendetangenten geteilt wird.

Hierbei ist freilich verausgesetzt, dass die drei Wendetangenten nicht durch demselben Punkte gehen; diesen leicht zu behandelden Spezialfall lasse ich hier liegen.

Nachdem durch den vorigen Satz das Aussehen der Kurve wesentlich karakterisirt ist, wende ich mich zur Bestimmung der Klasse der Kurve. Aus einem Punkte P der Kurve gehen zwei Tangenten, die ausserhalb P berühren; aus einem in der Nähe der Kurve liegenden Punkte gehen also entweder zwei oder auch vier Tangenten. Die grösst mögliche Zahl von Tangenten ist aber 6, weil die Kurve aus drei Elementarbögen zusammengesetzt ist; dass die Zahl 6 erreichbar ist, weiss man schon aus der Teori der algebraischen Kurven.

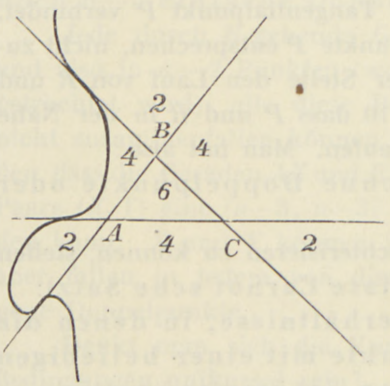


Fig. 10.

Weiter kann man gelangen, wenn man den Begriff einer vollständigen Kurve dritter Ordnung einführt Eine ein- oder mehrteilige Kurve dritter Ordnung heissen wir aber vollständig, wenn man der Kurve nicht noch andere Zweige hinzufügen kann ohne die Ordnung zu erhöhen. Eine Kurve dritter Ordnung kann nun offenbar höchstens zweiteilig sein, und von seinen eventuellen Zweigen muss der eine dritter, der andere zweiter Ordnung sein; aber man kann nicht jedem geschlossenen Zweige dritter Ordnung ein projektives Oval hinzufügen ohne die Ordnung zu erhöhen.

Um dies näher zu untersuchen denken wir uns die einteilige Kurve so projiciert, dass sie nicht in das endlichen Wendepunktsdreieck ABC hineinricht. Es möge einem (von Wendetangenten und Kurvenbögen begrenzten) Gebiete, aus dessen Punkten r Tangenten ausgehen, der Index r zugeschrieben werden. Eine Winkelspitze z. B. A wird dann, wie leicht zu sehen, von vier Gebieten umgeben, dessen Indices in der Ordnung, in der sie auf einander folgen, entweder 0, 2, 4, 2 oder auch 2, 4, 6, 4 sein müssen. Da man einer Wendetangente entlang von einer Winkelspitze ohne die Kurve zu überschreiben zu jeder anderen Winkelspitze gelangen kann, wird die Indicesbezeichnung bei allen Winkelspitzen dieselbe sein. Da aber die Kurve die Gebiete mit dem Index 2 von denjenigen mit dem Index 4 trennen muss, wird dass endliche Dreiecksgebiet entwe-

der den Index 0 oder den Index 6 haben. Ein Oval, das man dem Zweige dritter Ordnung hinzufügen kann, kann nur in einem Gebiete liegen, dessen Index 0 ist, denn eine durch einen inneren Punkt des Ovales gehende Tangente, würde sonst 5 Punkte mit der Kurve gemein haben. Aber umgekehrt kann man auch immer in ein Gebiet, dessen Index 0 ist, ein Oval hineinlegen ohne die Ordnung der Gesammtkurven zu erhöhen. Ist nämlich P ein Punkt durch den keine Tangente geht, dann wird jede durch P gehende Gerade die Kurve in gleichvielen Punkten schneiden; diese Zahl muss aber 1 sein, was man am besten sieht, wenn man P mit einer Winkelspitze des Dreiecks verbindet. Man sieht also, dass der Fall, wo die Klasse der Kurve vier ist, eben derselbe ist, wo man dem Kurvenzweig dritter Ordnung ein Oval hinzufügen kann, ohne die Ordnung der Gesammtkurve zu erhöhen. Da ein projektives Oval zweiter Klasse ist, hat man also:

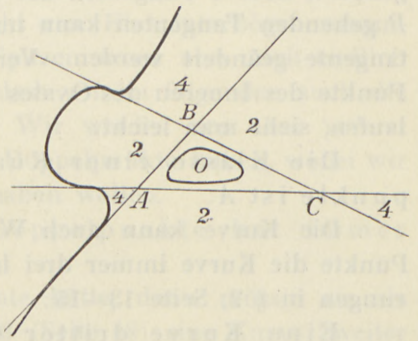


Fig. 11.

Die Klasse einer vollständigen ein- oder zweiteiligen Kurve dritter Ordnung ist immer 6. (5)

Ein geschlossener Kurvenzweig dritter Ordnung, dessen Wendetangenten durch denselben Punkt gehen, ist vollständig. (Aus O gehen nach unseren früheren Verabredungen 6 Tangenten).

Wir gehen jetzt zur Betrachtung der Kurven dritter Ordnung mit einem Doppelpunkte O über. Von O aus kann man die Kurve in zwei Pseudozweige zerlegen; die eine von diesen β^3 muss dritter Ordnung, die andere α^2 zweiter Ordnung sein; die letztere nennen wir die Schleife der Kurve. Jeder von den Zweigen hat in O einen Winkelpunkt; eine Kurve zweiter Ordnung kann aber nur einen Winkelpunkt dritter Art haben; auf β^3 muss desshalb O ein Winkelpunkt erster Art sein (siehe § 3 (12), Seite 19). Wenn wir nun diesen Punkt in der in § 2 beschriebenen Weise abrunden, treten in O zwei Inflexionspunkte auf, und der abgerundete Zweig β^3 kann ausser diesen nur einen Inflexionspunkt haben. Bei Aufhebung der Abrundung bleibt also ein Inflexionspunkt übrig.

Weil auf α^2 kein solcher liegen kann, hat man also:

Eine Kurve dritter Ordnung mit einem Doppelpunkte hat einen und nur einen Inflexionspunkt. (6)

Eine Kurve dritter Ordnung mit einem Doppelpunkte ist vollständig im früheren Sinne, weil jede Gerade, die durch einen Punkt im Inneren der Schleife geht, die Kurve $\alpha^2 + \beta^3$ in drei Punkten schneiden muss. Ebenso sieht man, dass aus einem Punkte M der Schleife keine Tangente gehen kann, die ausserhalb M berührt. Aus einem Punkte M_1 des Pseudozweiges β^3 gehen aber zwei Tangenten, die ausserhalb M_1 berühren; man sieht dies genau ebenso wie den entsprechenden Satz bei den Kurven ohne Doppelpunkt. Von den Berührungspunkten muss der

eine auf der Schleife liegen, während der andere auf β^3 liegen muss; M_1O ist nämlich eine uneigentliche Tangente der Schleife.

Aus einem Punkte in der Nähe von β_3 — aber nicht in der Nähe von O — gehen 2 oder 4 Tangenten der Kurve. Die Zahl der durch einen beliebigen Punkt P gehenden Tangenten kann nur durch Überschreiten der Kurve oder der Wendetangente geändert werden. Verbindet man nun P durch eine Gerade mit einem Punkte des Inneren des Ovales und lässt man einen Punkt die ganze Gerade durchlaufen, sieht man leicht:

(7) Die Klasse einer Kurve dritter Ordnung mit einem Doppelpunkte ist A.

Die Kurve kann auch Winkelpunkte haben. Weil nach Abrundung dieser Punkte die Kurve immer drei Inflexionspunkte haben wird, folgt aus den Erörterungen in § 2, Seite 13—15:

(8) Eine Kurve dritter Ordnung kann höchstens einen Winkelpunkt erster Art und höchstens drei Winkelpunkte zweiter Art haben.

Dagegen ist eine beliebige Zahl von Winkelpunkten dritter Art möglich. Die Kurve kann auch einen Winkelpunkt erster Art und zugleich einen zweiter Art haben.

In derselben Weise sieht man noch:

(9) Eine Kurve dritter Ordnung mit einem Winkelpunkte hat 1, 2 oder 3 Inflexionspunkte, jenachdem der Winkelpunkt erster, zweiter oder dritter Art ist.

Aus den Sätzen über die verschiedenen Arten von Winkelpunkten folgt endlich:

(10) Von den Tangenten in einem Winkelpunkte O einer Kurve dritter Ordnung werden entweder beide, nur die eine oder auch keine die Kurve ausserhalb O schneiden, jenachdem der Punkt dritter, zweiter oder auch erster Art ist.

---

§ 6.

Die Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte.

Wir werden uns an dieser Stelle an der einteiligen Kurven vierter Ordnung halten. Man kann freilich auch mehrere Sätze über mehrteilige Kurven aufstellen aber wir begnügen uns hier mit der Bemerkung, dass die Zahl der getrennten Zweige beliebig — auch unendlich — gross sein kann. Man braucht nur zwei Kurven zweiter Ordnung α und β zu nehmen, die eine beliebige Zahl von Punkten mit einander gemein haben; mittels einer leicht verständlichen Abrundung einer

durch einen Bogen von α und einen Bogen von β gebildeten Kurve erhält man offenbar (durch genügend oft wiederholte Abrundungen) eine Kurve vierter Ordnung, die aus beliebig vielen Zweigen zusammengesetzt ist.

Den einzelnen Zweig, den wir betrachten, denken wir uns ferner als eine Elementarkurve d. h. als aus einer endlichen Zahl von Elementarbögen zusammengesetzt. Die Zahl der Inflexionspunkte und Spitzen muss also auch endlich sein. Dagegen ist es eine neue Voraussetzung, dass wir im folgenden auch die Zahl der Doppelpunkte als endlich voraussetzen. Wir werden uns aber vorerst nur mit denjenigen Kurven beschäftigen, die keine Doppelpunkte haben, wobei wir zugleich die Kurven mit Spitzen ausgeschlossen haben wollen.

Eine Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte hat immer wenigstens eine Doppeltangente. (1)

Wenn die Kurve nämlich keine Doppeltangente hätte, dann müsste sie als eine paare Elementarkurve infolge Satz (17) in § 3 (Seite 18) eine Kurve zweiter Ordnung sein.

In der Nähe einer Doppeltangente liegen immer Gerade, welche keine Punkte mit der Kurve gemein haben. Man sieht hierdurch:

Man kann immer durch eine Centralprojection erreichen, dass eine Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte ganz im Endlichen liegt. (2)

Wir denken uns im folgenden durchgehend, dass dies erreicht werden ist.

Sind T, R, S drei auf einander folgende Inflexionspunkte der Kurve, wird der eine aber auch nur der eine der Bögen TR und RS Berührungspunkte mit Doppeltangenten enthalten. (3)

Es sei A ein Berührungspunkt einer Doppeltangente mit dem Elementarbogen TR, und es liege auf den Bogen AR von TR kein weiterer solcher Punkt. Bewegt sich M stetig auf den Bogen AR von A bis R, müssen dabei zwei Tangentialpunkte N_1 und N_2 auftreten, welche sich in entgegengesetzten Sinnen bewegen, denn wenn M in R gelangt, existieren sicher zwei Tangentialpunkte. Geht M in demselben Sinne laufend auf den Bogen RS über, dann laufen jetzt die zwei Tangentialpunkte in demselben Sinne, und sie können desshalb nicht zusammenfallen, ehe M den Punkt S erreicht hat. Geht M weiter über S auf den nächsten von zwei Inflexionspunkten S und U begrenzten Elementarbogen über, werden die zwei Tangentialpunkte N_1 und N_2 anfangs in entgegengesetzten Sinne laufen, und es sei N_1 der Punkt, der sich in S mit M vereinigt. Enthält nun der Bogen SU keinen Berührungspunkt mit einer Doppeltangente, existieren N_1 und N_2 und behalten ihren Bewegungssinn, bis M in U gelangt. Hier müsste nun wieder M mit N_1 zusammenfallen, aber das ist unmöglich, weil N_1 und N_2 immer existierend einander nicht treffen können. Es muss also eine Doppeltangente den Bogen SU berühren.

Weil man nach (1) immer von einem Bogen ausgehen kann, der von einer Doppeltangente berührt wird, ist hiermit der Satz bewiesen.

Die Berührungspunkt A und B einer Doppeltangente sind die gemeinsamen

Endepunkte zweier Bögen σ_1 und σ_2 der Kurve. Diese zwei Bögen mit dem endlichen Geradenstück $\overline{AB}$ zusammen begrenzen zwei Gebiete (σ_1) und (σ_2). Von diesen wird das eine, sagen wir (σ_2), in dem anderen enthalten sein, denn die Gebiete, sind endlich, liegen auf derselben Seite von $AB = t$, und die Bögen σ_1 und σ_2 haben ausser A und B keinen Punkt mit einander gemein. Wir nennen σ_1 den äusseren, σ_2 den inneren Bogen. Jede Gerade, die einem Punkt von (σ_2) enthält, muss jedenfalls einen Punkt mit σ_1 gemein haben, denn höchstens ein Schnittpunkt mit der Begrenzung von (σ_1) kann auf AB fallen. Es kann desshalb σ_2 keine Doppeltangenten haben; man hat aber auch noch:

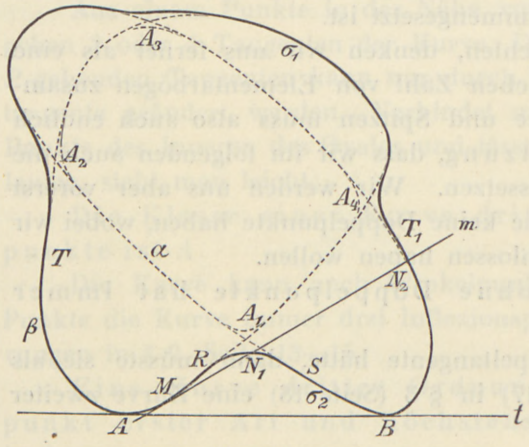


Fig. 12.

(4) Ein innerer und der zugehörige äussere Bogen können keine Tangente mit einander gemein haben.

Weil eine gemeinsame Tangente m jedenfalls keine Wendetangente sein kann, muss der Teil von m, der nahe am Berührungspunkte M mit σ_1 liegt, auf einer bestimmten Seite von σ_1 liegen, entweder innerhalb des Gebietes (σ_1) oder ausserhalb desselben. Im ersten Falle müsste m mit der Begrenzung von (σ_1) zwei von M verschiedene Punkte gemein haben, also jedenfalls einen solchen mit σ_1, was unmöglich ist. Dasselbe gilt aber auch im zweiten Falle, denn m enthält immer einen Punkt des Inneren von (σ_1), nämlich der Berührungspunkt mit σ_2.

(5) Ein innerer Bogen enthält immer zwei und nur zwei Inflexionspunkte.

Es sei M ein A naheliegender Punkt von σ_2 und m die Tangente in M. Diese muss, weil sie der Dobbeltangente $AB = t$ naheliegend ist, entweder (ausserhalb M) keinen Punkt mit der Kurve gemein haben oder auch dieselbe in zwei B naheliegenden Punkten schneiden. Es muss aber das letztere hier der Fall sein, weil m den in (σ_1) liegenden Punkt M enthält. Wenn nun M den Bogen σ_2 von A bis B durchläuft, bleiben die zwei Tangentialpunkte N_1 und N_2 von einander getrennt (infolge (4)), bis M in B gelangt. Wenn nun N_1 derjenige Tangentialpunkt ist, der anfangs sich auf σ_2 befindet, werden M und N_1 sich anfangs in entgegengesetzten Sinne bewegen — M von A nach B, N_1 von B nach A. Dieses Verhältniss kann sich nicht ändern, wenn man voraussetzt, dass auf σ_2 kein Inflexionspunkt liegt. Wenn aber M von A aus in B gelangt ist, muss N_1 entweder gleichzeitig in A gelangen oder aber es muss N_1 schon früher den Punkt A überschritten haben um auf σ_1 überzugehen. In jedem Falle müssten M und N_1 auf σ_2 zusammengetroffen sein, was doch unmöglich ist, wenn sich auf σ_2 kein Inflexionspunkt befindet. Dass sich nun auf σ_2 nur ein einzelner Inflexionspunkt R befindet, ist un-

möglich, denn sind T, R, S drei auf einander folgende Inflexionspunkte der ganzen Kurve, müsste jedenfalls nach (3) einer der Bögen TR und RS von Berührungspunkten mit Doppeltangenten frei sein — während doch A auf dem einen und B auf dem anderen dieser Bögen liegt. Wenn die Kurve nur zwei Inflexionspunkte, speziell S und R hätte, kann nur der eine der Bögen RS Berührungspunkte mit einer Doppeltangente enthalten (es folgt dies sogleich aus dem Beweise von (3)).

Drei Inflexionspunkte auf σ_2 sind aber auch unmöglich, weil dann infolge (3) aber in Streit mit (4) auf σ_2 ein Berührungspunkt mit einer Doppeltangente liegen würde.

Es finden sich also auf σ_2 zwei und nur zwei Inflexionspunkte und wir wollen im folgenden sagen, dass diese ein Inflexionspaar bilden; jeder Doppeltangente einer Kurve ohne Doppelpunkte entspricht ein solches Paar.

Man hat nun endlich den Hauptsatz:

(6) Alle Inflexionspunkte einer Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte ordnen sich in Inflexionspaare.

Der Satz ist nach (5) selbstverständlich, wenn nur zwei Inflexionspunkte vorhanden sind. Im allgemeinen Fall seien R, S, T_1 drei auf einander folgende Inflexionspunkte und es sei RS ein Bogen auf den kein Berührungspunkt mit einer Doppeltangente liegt. Es laufe nun ein Punkt M von S nach T_1 (nicht über R), und es sei B der erste Berührungspunkt einer Doppeltangente t, den er trifft. Weil die Tangente m in M die Kurve ausserhalb M schneiden muss, bis M in B gelangt ist, muss der durchlaufene Bogen SB auf einem zu t gehörigen inneren Bogen liegen, und dieser muss dann R und S enthalten. Geht M über B weiter, muss er, ehe er T_1 erreicht, noch einen Berührungspunkt A_1 einer Doppeltangente t_1 überschreiten. Dem t_1 entsprechenden Inflexionspaar gehört T_1 an, und so kann man weiter gehen.

Die Form der Kurve ist nun unzweifelhaft. Man kann sie leicht konstruktiv aus zwei Ovalen α und β erhalten; es mögen diese einander in den auf einander folgenden Punkten $A_1 A_2 A_3 \dots A_{2n}$ schneiden, und es mögen die Bögen A_1A_2, A_3A_4, ... von α innerhalb β liegen. Geht man dann von A_1 nach A_2 längs β, von A_2 nach A_3 längs α, von A_3 nach A_4 längs β u.s.w., hat man eine Kurve durchgelaufen, welche nach Abrundung der Winkelpunkte $A_1\, A_2\, A_3 \dots A_{2n}$ eine Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte sein wird.

Die Restkurve ist zweiter Ordnung und macht die erste Kurve vollständig. Ich übergehe aber, was man hier und im folgenden über vollständigen — aus mehreren Zweigen zusammengesetzten — Kurven sagen kann.

§ 7.

Einteilung der Kurven vierter Ordnung mit Doppelpunkten in drei Gattungen.

Es sei O ein Doppelpunkt der Kurve. Nach § 4 Beispiel 2 S. 26 hat man gleich:

(1) Aus jedem Doppelpunkte O gehen zwei oder auch keine Tangenten, welche ausserhalb O berühren.

Wenn aus O keine Tangente geht, heisst O ein Doppelpunkt erster Art; sonst ist er zweiter Art. Man hat nun den Hauptsatz:

(2) Wenn die Doppelpunkte einer völlig stetigen Kurve vierter Ordnung nicht alle derselben Art sind, muss die Kurve drei Doppelpunkte haben.

Wir können davon ausgehen, dass die Kurve keine Spitzen hat, sonst würden alle Doppelpunkte der zweiten Art hinzuzurechnen sein. Es folgt dann der Satz aus Beispiel 3 in § 4 S. 26 für $n = 4$. Es wäre hiernach naheliegend als Einteilungsprinzip die Art der Doppelpunkte zu wählen, und Kurven mit drei Doppelpunkten als eine besondere Art auszuheben. Man würde aber hierdurch Kurven mit sehr verschiedenen Eigenschaften als einer Gattung angehörig nehmen. Es empfiehlt sich noch auf die von jedem Doppelpunkte ausgehenden Pseudozweige Rücksicht zu nehmen. Es ist hier jeder Pseudozweig entweder 2ter, 3ter oder 4ter Ordnung. Besonderes Interesse hat es, ob die Ordnung paar oder unpaar ist, wobei man nicht vergessen muss, dass die Verhältnisse bei den verschiedenen Doppelpunkten verschieden sein können. Wir wollen nun als einer bestimmten Gattung angehörig diejenigen Kurven betrachten, von denen wenigstens ein Pseudozweig — und also auch der komplementäre — unpaar ist. Wir werden übrigens durch die folgenden Sätze sehen, dass die zwei genannten Einteilungsgründe nicht von einander unabhängig sind.

(3) Hat eine völlig stetige Kurve vierter Ordnung einen Doppelpunkt A erster Art, und sind alle Pseudozweige paar, dann werden alle diese, mit eventueller Ausnahme der von A ausgehenden, ohne Doppelpunkte sein.

Es sei B ein anderer Doppelpunkt gleichviel ob erster oder zweiter Art. Wir zerlegen die Kurve in die zwei von B ausgehenden Pseudozweige β_1 und β_2, und zeigen erstens, dass A kein Doppelpunkt auf β_1 oder β_2, sagen wir auf β_1, sein kann. Nehmen wir nämlich an, A sei ein Doppelpunkt auf β_1; der andere Zweig β_2 geht dann nicht durch A. Weil durch A keine Tangente an β_2 geht, schneidet jede durch A gehende Gerade β_2 in derselben Zahl von Punkten. Freilich wäre es möglich, dass bei der Drehung der Gerade um A zwei Schnittpunkte mit β_2 in B verloren oder gewonnen werden könnten, wenn nämlich die Gerade AB in B eine uneigentliche Tangente von β_2 wäre. Das ist aber nicht möglich, weil eine einmalige Änderung um ± 2 bei der ganzen Drehung um A unstatthaft ist. Jede

durch A gehende Gerade müsste also β_2 in zwei Punkten schneiden. Eine Tangente in A an β_1 schneidet aber β_1 in drei (zusammenfallenden) Punkten, und würde also $\beta_1 + \beta_2$ in mindestens 5 Punkten schneiden. Weil dies unstatthaft ist, muss demnach A ein Schnittpunkt von β_1 und β_2 sein. Es kann aber ferner β_1 keinen neuen Doppelpunkt C haben. Die Gerade AC würde nämlich, weil A ein einfacher Schnittpunkt sowohl mit β_1 als mit β_2 ist, diese beiden Zweige wenigstens in einem von A und C verschieden Punkte schneidenen müssen, und also $\beta_1 + \beta_2$ in wenigstens 6 Punkten.

Eine völlig stetige Kurve vierter Ordnung, deren Doppelpunkte nicht alle derselben Art sind, lässt sich immer in zwei komplementäre unpaare Pseudozweige zerlegen. (4)

Es sei A ein Doppelpunkt erster Art, B ein ebensolcher zweiter Art. Nach (2) hat die Kurve ausser A und B noch einen Doppelpunkt C. Von diesem letzteren aus zerlegen wir die Kurve in zwei Pseudozweige γ_1 und γ_2. Wären nun alle Pseudozweige paar, dann würde nach (3) sowohl A als auch B ein Schnittpunkt von γ_1 mit γ_2 sein. Aus B gehen aber zwei Tangenten, welche $\gamma_1 + \gamma_2$ ausserhalb B berühren; und es sei t eine solche die z. B. γ_1 berühren mag. Diese Gerade t würde γ_1 in vier, γ_2 in wenigstens zwei Punkten schneiden, was nicht angeht.

Wenn wir also aus der Gesammtheit aller Kurven vierter Ordnung mit Doppelpunkten diejenigen herausheben, welche Pseudozweige unpaarer Ordnung haben, bleiben nur Kurven zurück, deren Doppelpunkte sämtlich derselben Art sind.

Wir teilen deshalb die Kurven vierter Ordnung in die Gattungen II, III, IV ein — wobei die Kurven ohne Doppelpunkte als einer Gattung I angehörig betrachtet werden mögen:

II. Kurven mit unpaaren Pseudozweigen.
III. Kurven, deren Pseudozweige alle paar, und deren Doppelpunkte alle erster Art sind.
IV. Kurven, deren Pseudozweige alle paar, und deren Doppelpunkte alle zweiter Art sind.

---

§ 8.

Kurven vierter Ordnung mit unpaaren Pseudozweigen.

Wir wollen bis weiter voraussetzen, dass die Tangenten in einem Doppelpunkte nicht zusammenfallen.

Es sei nun O ein Doppelpunkt von dem aus die Kurve sich in zwei Pseudozweige γ_1 und γ_2 unpaarer und also dritter Ordnung zerlegen lässt. Weil jede Gerade sowohl γ_1 wie γ_2 schneiden müss, wird jede Gerade zwei oder vier Punkte mit der Kurve gemein haben. Es ist also nicht möglich die Kurve ins Endliche zu projicieren.

Es können die Zweige γ_1 und γ_2 keine Tangente mit einander gemein haben, denn eine solche würde die Kurve in 6 Punkten schneiden. Man hat also:

(1) Eine Kurve vierter Ordnung zweiter Gattung hat keine Doppeltangenten.

Wir werden im folgenden sehen, dass alle andere Kurven vierter Ordnung als diejenigen zweiter Gattung Doppeltangenten haben.

Rundet man die in O auftretenden Winkelpunkte in der früher genannten Weise ab, haben γ_1 und γ_2 jetzt nicht mehr O gemein, und sie werden sich deshalb in wenigstens einem von O verschiedenen Punkte schneiden. Mehr als einen Schnittpunkt können die abgerundeten Pseudozweige aber nicht haben, denn die Verbindungsgerade dieser Punkte würde 6 Punkte mit γ_1 und γ_2 gemein haben.

Die eine der Pseudozweige kann einen Doppelpunkt haben, nicht aber beide, denn die Verbindungsgerade zweier Doppelpunkte würde wieder 6 Punkte mit der ganzen Kurve gemein haben, ɔ:

(2) Eine Kurve vierter Ordnung zweiter Gattung hat entweder zwei oder auch drei Doppelpunkte.

Wir betrachten zuerst den Fall, dass die Kurve zwei Doppelpunkte hat. Wenn nun O kein Inflexionspunkt der Kurve ist, wird er entweder auf γ_1 sowie auch auf γ_2 ein Winkelpunkt zweiter Art sein, oder auch wird er auf γ_1 (oder γ_2) ein Winkelpunkt erster Art, auf γ_2 (oder γ_1) dritter Art sein. Aus dem Satze (9) § 5 folgt also, dass die Kurve $2+2$ oder auch $1+3$, also in beiden Fällen vier Inflexionspunkte haben wird. Dies bleibt auch noch richtig, wenn Inflexionspunkte in O fallen. Ist nämlich O auf einem und nur einem der durch O gehenden Bögen ein Inflexionspunkt, dann wird eine und nur eine in O berührende Tangente keine Punkte ausserhalb O mit der Kurve gemein haben. O muss deshalb nach (10) § 5 S. 30 auf γ_1 (oder auf γ_2) ein Winkelpunkt erster Art, auf γ_2 (oder γ_1) aber zweiter Art sein. Ist aber O ein Inflexionspunkt auf den beiden durch O gehenden Bogen, dann wird keine der Tangenten in O nochmals schneiden, und O wird auf beiden Pseudozweigen ein Winkelpunkt erster Art sein. Man hat also nach (9) § 5 S. 30 in allen Fällen:

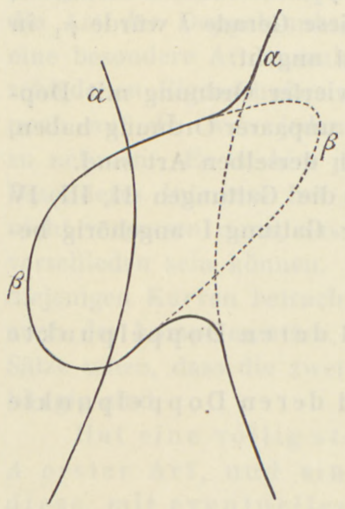


Fig. 13.

(3) Eine Kurve vierter Ordnung zweiter Gattung mit zwei Doppelpunkten hat vier Wendetangenten.

Eine Kurve dieser Art findet sich sicher auch unter den nicht analytischen Kurven. Man braucht nur zwei Kurven zweiter Ordnung zu nehmen, von welchen die eine α ins Unendliche geht, während die andere β endlich ist. Schneidet dann β sowohl den einen wie den anderen der zwei Bögen, in welche α durch die unendlich fernen Punkte zerlegt wird, dann haben α und β vier Punkte, aber keine Tangenten mit einander gemein[1]. Durch passend gewählte Auslassung von Bögen

[1] Der Beweis ist leicht zu führen. Siehe: Om Ikke-analytiske Kurver, S. 58. (Kgl. d. V. S. Skr. 1906).

und entsprechende Abrundung von Winkelpunkten erhält man eine Kurve der gewünschten Art. Es möge dies mit einem Hinweis auf Fig. 13 abgemacht sein.

Wir gehen jetzt zu den Kurven mit drei Doppelpunkten über. Es habe von den zwei von O ausgehenden Pseudozweigen γ_1 und γ_2 der eine, sagen wir γ_1 einen Doppelpunkt O_2. Zu O_2 gehören auf γ_1 zwei Pseudozweige γ_1' und γ_1'', von welchen der eine γ_1'' zweiter Ordnung ist. Man hat nun die zwei Möglichkeiten, dass O entweder auf dem unpaaren Zweig γ_1' oder auf γ_1'' liegt. Im ersten Falle ist O auf γ_1 entweder ein Winkelpunkt zweiter oder dritter Art, denn O kann nicht erster Art sein, weil sonst γ_1' zwei Winkelpunkte erster Art erhalten würde, was unmöglich ist. (Siehe (8) § 5 S. 30). Wenn nun kein Inflexionspunkt in O liegt, dann wird O auf γ_2, bzw. entweder ein Winkelpunkt zweiter oder auch erster Art sein. Es giebt demnach auf $\gamma_2 + \gamma_1'$ also auch auf $\gamma_2 + \gamma_1$, entweder $2 + 0$ oder auch $1 + 1$ Inflexionspunkte. Dieselbe Zahl von Inflexionspunkten erhält man aber auch, wenn O auf γ_1'' liegt; in diesem Falle muss nämlich O auf γ_1'' ein Winkelpunkt dritter Art und zugleich auf γ_2 erster Art sein. Dasselbe gilt wie leicht zu sehen auch noch, wenn Inflexionspunkte in O fallen. Man hat also:

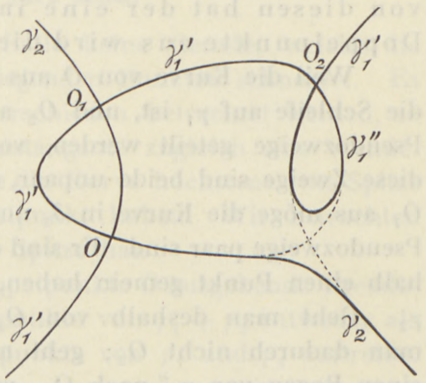


Fig. 14.

Eine Kurve vierter Ordnung zweiter Gattung mit drei Doppelpunkten hat immer zwei Wendetangenten. (4)

Es gibt dem obigen zufolge zwei verschiedene Arten von Kurven zweiter Gattung mit drei Doppelpunkten jenachdem — mit den obigen Benennungen — O auf dem unpaaren Zweig γ_1' oder auf dem Ovale eines zu O_2 gehörigen Pseudozweiges liegt.

Im ersten Falle sieht man leicht, dass die Kurve auch aus dem dritten Doppelpunkte O_1 in zwei unpaare Pseudozweige geteilt wird. Rundet man nämlich die Winkelpunkte in O_1 ab, erhält man zwei Kurven, die nur den Punkt O mit einander gemein haben, und also nicht paar sein können.

Die Form dieser Kurve ist nun unzweifelhaft, weil man alle mögliche Formen von Kurven dritter Ordnung im Voraus kennt. Die einfachste Konstruktion erhält man mittels den schon betrachteten zwei Kurven α und β zweiter Ordnung. Es möge genügen auf die Figur 14 hinzuweisen.

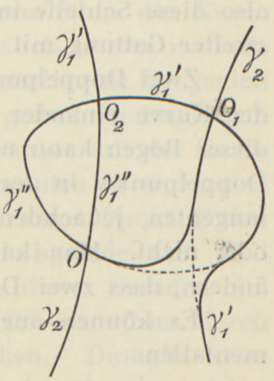


Fig. 15.

Um die Gestalt der Kurve in dem Falle festzulegen, wo O auf einer Schleife γ_1'' von γ_1 liegt, können wir für diese Kurve den folgenden Satz aufstellen:

(5) Wird die Kurve von O aus in Pseudozweige dritter Ordnung zerlegt, von welchen der eine in O_2 einen Doppelpunkt hat, dann wird sie auch von O_2 aus in Pseudozweige dritter Ordnung zerlegt, und von diesen hat der eine in O einen Doppelpunkt. Von dem dritten Doppelpunkte aus wird die Kurve in paare Pseudozweige zerlegt.

Weil die Kurve von O aus in γ_2 und $\gamma_1' + \gamma_1''$ zerlegt wird, wo γ_1'' wie oben die Schleife auf γ_1 ist, und O_2 auf γ_1'' liegt, muss die Kurve von O_2 aus in zwei Pseudozweige geteilt werden, von welchen der eine γ_1', der andere $\gamma_1'' + \gamma_2$ ist; diese Zweige sind beide unpaar, und der letztere hat einen Doppelpunkt in O. Von O_1 aus möge die Kurve in δ_1 und δ_2 zerlegt werden; wir wollen zeigen, dass diese Pseudozweige paar sind. Er sind die Zweige γ_1' und γ_2 beide unpaar und müssen deshalb einen Punkt gemein haben, der O_1 sein muss; O_1 liegt also auf γ_1' und auf γ_2. Geht man deshalb von O_1 auf einem Bogen von γ_2 nach O, überschreitet man dadurch nicht O_2; geht man der Kurve entlang weiter, kommt man über einen Bogen von γ_1'' nach O_2, von da kommt man über einen Bogen von γ_1' nach O_1 zurück ohne dabei denselben Punkt zweimal überschritten zu haben. Es hat also δ_1 keinen Doppelpunkt, und schneidet δ_2 in den zwei Punkten O und O_2; δ_1 und δ_2 sind deshalb beide paar.

Eine Kurve der letztgenannten Art, kann man wieder durch zwei Kurven α und β ähnlich wie früher konstruiren. (Siehe Figur 15).

Wir haben bisher die Kurven mit solchen Doppelpunkten ausgeschlossen, dessen Tangenten zusammenfallen. Hat man eine Kurve mit einer Spitze A, kann man aber die A naheliegenden Bögen so ein wenig ändern, dass man dadurch eine kleine Schleife erhält. Hierdurch wird weder Ordnung noch Gattung der Kurve geändert. Weil nämlich aus A keine Tangente an die Kurve geht, erhält man durch die Änderung keine neue Doppeltangenten. Die einzige Kurve zweiter Gattung mit einer Schleife ist nun von der in Figur 14 dargestellten Typus. Zieht man also diese Schleife in eine Spitze zusammen, erhält man die einzig mögliche Kurve zweiter Gattung mit einer Spitze. Die Kurve hat zwei Wendetangenten.

Zwei Doppelpunktstangenten können auch zusammenfallen, wenn zwei Bögen der Kurve einander in einem Punkte B berühren. Durch eine kleine Änderung dieser Bögen kann man offenbar eine Kurve derselben Gattung erhalten, wo zwei Doppelpunkte in der Nähe von B auftreten. Die Kurve hat zwei oder vier Wendetangenten, jenachdem sich auf der Kurve ausser B noch ein Doppelpunkt findet oder nicht. Man kann leicht die in Figur 13, 14, 15 dargestellten Kurven so abändern, dass zwei Doppelpunkte in einen Selbstberührungspunkt zusammenfallen.

Es können auch alle drei Doppelpunkte in einen dreifachen Punkt zusammenfallen.

§ 9.

Kurven vierter Ordnung, deren Pseudozweige alle paar und deren Doppelpunkte alle erster Art sind.

Aus einem Doppelpunkte O geht in diesem Falle keine Gerade, welche die Kurve in zwei zusammenfallenden ausserhalb O liegenden Punkten schneidet. Es soll dabei ein Nachbarpunkt von O als von O verschieden betrachtet werden, so dass es ausgeschlossen ist, dass eine Doppelpunktstangente zugleich eine Wendetangente ist. Es kann ferner der Definition zufolge die Kurve höchstens eine Spitze und in diesem Falle keinen eigentlichen Doppelpunkt haben. Wir betrachten zuerst den allgemeinen Fall, dass die Kurve keine Spitze hat.

Zerlegt man die Kurve in zwei von einem Doppelpunkte O ausgehende Pseudozweige γ_1 und γ_2, können allgemein gesagt Doppelpunkte von $\gamma_1 + \gamma_2$ entweder als solche auf γ_1 oder auf γ_2 oder auch als Schnittpunkte von γ_1 und γ_2 auftreten. Hier hat man aber sogleich nach (3) § 7 S. 34:

Bei den Kurven dritter Gattung kann kein Pseudozweig Doppelpunkte haben. (1)

Man hat ferner:

Die Zahl der Doppelpunkte einer Kurve dritter Gattung ist unpaar. (2)

Trennt man nämlich die zu einem Doppelpunkte O gehörigen Pseudozweige von einander durch einen Schnitt in O, und rundet man die zwei in O auftretenden Winkelpunkte ab, erhält man zwei einfache Kurven paarer Ordnung, die nicht in O zusammenhängen, und entweder keine oder auch eine paare Zahl von Punkten mit einander gemein haben.

Die zwei Tangenten in einem Doppelpunkte O schneiden einen und denselben zu O gehörigen Pseudozweig. (3)

Denken wir uns einen Punkt M, der immer in demselben Sinne die Kurve von O aus durchläuft. Die Halbgerade OM wird sich dann auch immer in demselben Sinne um O drehen, weil die Kurve keine Spitzen hat und keine Tangenten aus O gehen. Ferner wird die Halbgerade sich eben um 360° gedreht haben, wenn M in O zurückkehrt, weil sonst eine Gerade mehr denn vier Punkte mit der Kurve gemein haben könnte. Es seien nun t_1 und t_2 die zwei Tangenten in O, und es schneide t_1 den einen Pseudozweig γ_1 in N_1, und man lasse einen Punkt M den anderen Zweig γ_2 von O bis O zurück durchlaufen. Die Halbgerade OM wird dabei entweder t_1 und t_2 nicht überschritten haben oder jede dieser Geraden einmal, jenachdem der Drehwinkel kleiner oder grösser als 180° ist. Nur durch Überschreiten von O kann ein Punkt von γ_1 auf γ_2 übergehen. Deshalb muss derjenige Schnittpunkt X der sich drehenden Geraden OM mit der Kurve, welcher sich ursprünglich in N_1 befand, nach Beendigung der Drehung sich wieder auf γ_1 befinden; X kann nicht gleichzeitig mit M nach O konvergieren, weil die Tangente in O keine Wendetangente ist.

Derjenige Pseudozweig, der von den beiden Tangenten in O geschnitten wird, werden wir den zu O gehörigen äusseren Pseudozweig γ_a nennen; der andere Zweig ist der innere Zweig γ_i.

(4) Ein Doppelpunkt O ist ein Winkelpunkt dritter Art auf dem zum O gehörigen inneren Zweig; auf dem äusseren Zweig wird O also ein Winkelpunkt erster Art sein.

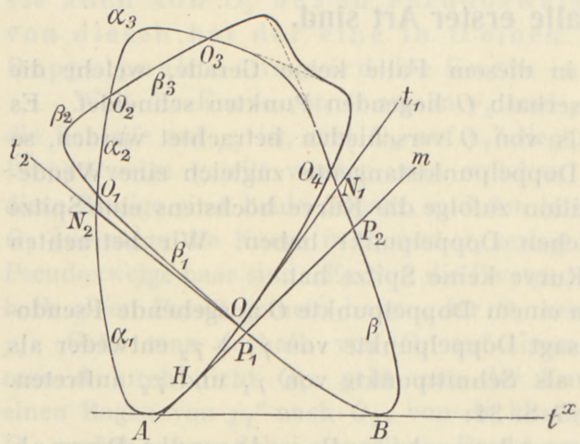


Fig. 16.

Es sei M ein O naheliegender Punkt auf γ_i, so dass OM der Tangente t_1 naheliegend ist. Die Tangente in M wird dann γ_a in einem dem obengenannten Punkte N_1 naheliegenden Punkte schneiden und muss also, weil γ_a paarer Ordnung ist, nochmals γ_a in einem Punkte schneiden. Die Tangente in M schneidet also überhaupt nicht γ_i. Weil dasselbe auch noch richtig bleibt, wenn t_1 mit t_2 vertauscht wird, ist O den Definitionen zufolge auf γ_i ein Winkelpunkt dritter Art.

Auf der Kurve treten ausser den Doppelpunkten selbverständlich im allgemeinen Inflexionspunkte auf.

Die letzteren können in Inflexionspaaren auftreten; zwei Inflexionspunkte — sagen wir — bilden ein Paar, wenn sie auf einem Bogen liegen, der von den Berührungspunkten mit einer Doppeltangente begrenzt wird, und dieser Bogen weder einen anderen singulären Punkt noch einen Berührungspunkt einer anderen Doppeltangente enthält. Die zugehörige Doppeltangente nennen wir eine Doppeltangente erster Art; ein Inflexionspunkt, der nicht Element eines Paares ist, nennen wir isoliert; eine Doppeltangente, die nicht erster Art ist, nennen wir zweiter Art. Bei den Kurven vierter Ordnung ohne Doppelpunkte haben wir gesehen, dass zwei Inflexionspunkte W_1 und W_2 immer ein Paar bilden, wenn sie Endpunkte eines Bogens sind, welcher keinen Berührungspunkt einer Doppeltangente enthält.

(5) Jedem Doppelpunkte entspricht eine Doppeltangente zweiter Art der Kurve; sonst hat dieselbe nur Doppeltangenten erster Art und sämmtliche Inflexionspunkte ordnen sich in Paaren an.

Abrunden wir nämlich den Winkelpunkt O sowohl auf γ_a wir auf γ_i, treten infolge (4) auf γ_i keine neue singulären Punkte auf, während auf γ_a zwei neue Wendepunkte W_1 und W_2 hervortreten, welche O beliebig naheliegend angenommen werden können. Weil γ_a und γ_i ohne Doppelpunkte sind, treten nach der Abrundung auf beiden nur Doppeltangenten erster Art und nur Inflexionspunkte in Paaren auf. Auf γ_a müssen aber W_1 und W_2 ein Paar bilden; weil nämlich aus

O keine Tangenten an γ_a gehen, kann auch in beliebiger Nähe an O keine Tangente an γ_a gehen, so dass auf den kleinen Bogen W_1W_2 kein Berührungspunkt einer Doppeltangente liegen kann. Den Punkten W_1 und W_2 entspricht also eine ganz bestimmte Doppeltangente t^*. Sind A und B deren Berührungspunkte, liegen auf dem Bogen AW_1W_2B ausser W_1 und W_2 kein Inflexionspunkt, und ausser A und B keine Berührungspunkte einer Doppeltangente von γ_a.

Hebt man nun die Abrundung auf, bleiben auf γ_i immer nur Inflexionen in Paaren mit den zugehörigen Doppeltangenten erster Art, während auf γ_a noch eine Dobbeltangente zweiter Art t^* übrig bleibt. Die eben genannten Eigenschaften des Bogens AW_1W_2B gehen auf den Bogen AOB über. Es kann ferner auf diesem Bogen auch kein Doppelpunkt liegen; es genügt den Bogen OA zu betrachten. Ist nämlich t_1 die Tangente des Bogens in O, wird eine t_1 naheliegende Tangente von γ_a diesen Zweig zweimal schneiden — einmal in einem dem oben genannten Punkte N_1 naheliegenden Punkte und einmal in einem O naheliegenden Punkte, weil O auf γ_a ein Winkelpunkt erster Art ist. Wenn also ein Punkt M den Bogen OA von O bis A durchläuft, wird die Tangente m in M immer γ_a zweimal schneiden, weil auf OA kein Berührungspunkt mit einer Doppeltangente von γ_a liegt. Weil also m den Zweig γ_a in zwei Punkten (ausserhalb M) schneidet, kann sie keinen Punkt mit γ_i gemein haben, so dass auf den Bogen OA kein Schnittpunkt von γ_a mit γ_i liegen kann. Die zwei Tangentialpunkte P_1 und P_2 von M behalten ihren Bewegungssinn, wenn M es thut, weil auf OA kein Inflexionspunkt liegt. Wenn aber M in der Nähe von A ist, laufen P_1 und P_2 in entgegengesetzten Sinnen, und sie werden es desshalb überall so thun, auch wenn M in der Nähe von O ist. Lassen wir nun M den Punkt O überschreiten um auf γ_i einzutreten, wird von den zwei Tangentialpunkten P_1 und P_2 der eine und nur der eine seinen Bewegungssinn ändern, so dass P_1 und P_2 anfangs in demselben Sinne auf γ_a laufen. Es kann in diesen Verhältnissen nur dann eine Änderung eintreten, wenn M einen neuen Doppelpunkt O_1 überschreitet. Auf dem Bogen OO_1 kann also kein Berührungspunkt mit einer Doppeltangente liegen — weil die Tangentialpunkte in demselben Sinne laufen — und kein Inflexionspunkt, weil jede Tangente den Zweig γ_a zweimal schneidet.

Wir haben hier vorausgesetzt, dass $OO_1 = \sigma$ ein Bogen des zu O gehörigen inneren Bogens ist. Aber σ wird auch dem inneren Zweig von O_1 angehören, denn es wird ja dem eben gesagten zufolge ein dem Doppelpunkte naheliegender Bogen eines (diesem Doppelpunkte angehörigen) inneren Zweiges eben dadurch charakterisirt, dass die entsprechenden Tangentialpunkte auf der Kurve in demselben Sinne laufen.

Betrachten wir nun endlich die ganze Kurve und bezeichnen wir die Doppelpunkte in der Ordnung, in der sie auf dem inneren Zweig γ_i auf einander folgen, mit O, O_1, $O_2 \ldots O_{2n}$. Wir schneiden nun von der Kurve alle die inneren Bögen OO_1, $O_1O_2, \ldots O_{2n}O$ ab. Man erhält so eine Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte, die $2n+1$ Winkelpunkte erster Art aber sonst ganz dieselben Doppeltangenten und Inflexionspunkte wie die ursprüngliche Kurve haben muss. Rundet

man sämtliche Winkelpunkte ab, erhält man eine Kurve vierter Ordnung mit lauter Doppeltangenten erster Art und lauter Inflexionspunkten in Paaren. Nach Aufhebung der Abrundung bleiben sämtliche Inflexionspunkte ausser denjenigen, welche $O_1 O_1 \ldots$ beliebig nahe liegen, und es werden nur diejenigen Doppeltangenten, welche den verschwundenen Inflexionspaaren entsprechen, in Doppeltangenten zweiter Art übergehen.

Es ist besonders der Fall zu betrachten, dass die Kurve nur einen Doppelpunkt hat. Hier muss dem Beweise des Satzes (5) zufolge jede Tangente des inneren Zweiges γ_i den äusseren Zweig in zwei getrennten Punkten schneiden; γ_i hat also weder Inflexionen noch Doppeltangenten und muss desshalb eine Kurve zweiter Ordnung sein, welche in O einen Winkelpunkt dritter Ordnung hat. In Verbindung mit dem obigen ist hierdurch die ganze Kurve charakterisirt.

Es ist möglich, dass das Oval zusammenschrumpft, so dass eine Spitze hervortritt. Diese muss eine Spitze erster Art sein. Die Kurve hat ausser dieser Spitze und einer Doppeltangente zweiter Art nur Inflexionen in Paaren mit den zugehörigen Doppeltangenten.

Was nun der nicht-algebraischen Existenz der hier betrachteten Gattung von Kurven anbelangt, ist dieselbe leicht fest zu stellen. Hierbei lassen wir die Kurve mit einem Doppelpunkt beiseite; wir werden dieselbe später in anderer Weise konstruiren.

Weil die Kurve jedenfalls eine Doppeltangente hat, können wir im projektiven Sinne davon ausgehen, dass die Kurve ganz im Endlichen liegt. Man nehme nun zwei Ovale α, β, die einander in den — auf α oder β — auf einander folgenden Punkten O_1, $O_2 \ldots O_{2n}$ schneiden mögen. Die zwei Ovale zusammengenommen bestimmen ein zusammenhängendes Gebiet, dessen Begrenzung abwechselnd aus einem Bogen von α und einem Bogen von β besteht. Es sei die Begrenzung: $\alpha_1 \beta_2 \alpha_3 \ldots \alpha_{2n}, \beta_{2n}$.

In einer unpaaren Zahl von Punkten O nehmen wir die Abrundung vor, indem wir in früher genannter Weise α_r und β_{r+1} — oder β_s und α_{s+1} — durch einen kleinen Bogen verbinden. Wenn wir aber z. B. α_r und β_{r+1} abrunden, runden wir auch den durch β_r und α_{r+1} bestimmten Winkelpunkt ab. Die übrigen Schnittpunkte lassen wir unberührt. Es entsteht so eine Kurve, deren Pseudozweige alle paar und deren Doppelpunkte alle erster Art sind. Man muss nur noch sehen, dass die Kurve nicht zerfällt. Wir haben aber unpaarmal abgerundet. Fängt man also den Durchlauf der Kurve von einem Doppelpunkte O aus auf einem Bogen von α an, dann kommt man auf einen Begen von β zurück, aber, wenn man O das zweite Mal erreicht, auf einem Bogen von α.

Man kann übrigens die konstruirte Kurve als die allgemeinste dieser Gattung betrachten.

§ 10.

Allgemeine Eigenschaften und Einteilung der Kurven vierter Gattung.

Bei den Kurven dritter Gattung waren alle Doppelpunkte Schnittpunkte komplementärer Pseudozweige. Hier hat man ganz im Gegenteil:

Zwei komplementäre Pseudozweige haben keinen anderen Punkt als den Doppelpunkt, von dem sie ausgehen, mit einander gemein. (1)

Es seien γ_1 und γ_2 die zwei von einem Doppelpunkte O ausgehenden Pseudozweige, und nehmen wir an, dass diese einen von O verschiedenen Punkt O_1 mit einander gemein haben. Es sei t eine durch O_1 gehende Tangente an z. B. γ_1, welche ausserhalb O_1 berührt. Diese Gerade kann nicht zugleich Tangente in O_1 sein, und dieser Punkt ist deshalb ein einfacher Schnittpunkt von t sowohl mit γ_1 als mit γ_2; die Gerade schneidet deshalb jeden der Zweige in mindestens noch einem Punkte, und $\gamma_1 + \gamma_2$ in mindestens 6 Punkten (von welchen zweimal zwei zusammenfallen), was unmöglich ist.

Sind O und O_1 zwei Doppelpunkte, und t eine von O ausgehende Tangente, welche ausserhalb O berührt, dann ist jede der Geraden O_1O und t in O eine uneigentliche Tangente der zu O gehörigen Pseudozweige γ_1 und γ_2. (2)

Wenn dies nämlich nicht der Fall wäre, würde O ein einfacher Schnittpunkt sowohl mit γ_1 als mit γ_2 sein, und eine der betrachteten Geraden würde jeden Zweig in noch einen Punkt schneiden, so dass sie wenigstens 6 Punkte (unter welchen zweimal zwei zusammenfallende) mit der Kurve gemein haben würde.

Jenachdem die Tangenten in einem Doppelpunkte O einen bestimmten der von O ausgehenden Pseudozweige ausserhalb O in 0, 1 oder 2 Punkten schneiden, werden durch O resp. 0, 1 oder 2 Tangenten an denselben Zweig gehen, welche ausserhalb O berühren. (3)

Nehmen wir erstens an, dass die beiden Tangenten t_1 und t_2 den Zweig γ_2 bzw. in N_1 und N_2 schneiden. Es seien a_1 und a_2 die bzw. t_1 und t_2 berührenden Bögen von γ_1. Durchläuft nun ein Punkt M den Zweig γ_1 von O bis O zurück, so dass er zuerst den Bogen a_1 durchläuft, dann wird die Gerade OM anfangs den Zweig γ_2 in einem Punkte schneiden, der N_1 benachbart ist. Ein Schnittpunkt kann aber nur durch den Punkt O von γ_2 auf γ_1 übergehen, und das ist hier nicht möglich, weil weder t_1 noch t_2 einen Punkt mit γ_1 gemein haben. Jede durch O gehende Gerade, welche γ_1 schneidet, wird also auch γ_2 schneiden, und desshalb kann durch O keine Tangente an γ_1 gehen.

Nehmen wir zweitens an, dass t_1 aber nicht t_2 einen Punkt N_1 mit γ_1 gemein hat. Wir lassen dann wieder M den ganzen Zweig γ_1 in einem bestimmten Sinne durchlaufen, so dass er zuerst den Bogen a_2 durchläuft. Bis M den Punkt N_1 erreicht, wird wie im ersten Fall die Gerade OM einen Punkt mit γ_2 gemein haben. Wenn M aber N_1 überschreitet, dann geht ein Schnittpunkt M' der Geraden OM mit der Kurve von γ_2 auf γ_1, und zwar durch O auf den Bogen a_1 über. M' bewegt

sich also im entgegengesetzten Sinne von M, und M und M' müssen in dem Berührungspunkte einer aus O an γ_1 gehende Tangente zusammenfallen. Aber ganz dieselben Schlüsse zeigen, dass auch wenigstens eine γ_2 berührende Tangente durch O gehen muss. Es geht demnach in diesem Falle eine und nur eine Tangente aus O an γ_1, weil aus O nur zwei Tangenten an $\gamma_1 + \gamma_2$ gehen.

In dem Falle, wo t_1 und t_2 beide γ_1 schneiden, werden keine von diesen γ_2 schneiden, und wir kommen so auf den ersten Falle zurück.

In dem Beweise haben wir vorausgesetzt, dass die Tangenten in O nicht Wendetangenten sind. Der Satz gilt aber offenbar auch in diesem Fall, wenn man nur eine solche Wendetangente sowohl den durch O gehenden und ausserhalb O schneideden Geraden als auch den durch O gehenden und ausserhalb O berührenden Geraden hinzurechnet.

(4) Zwei komplementäre Pseudozweige haben immer zwei und nur zwei Tangenten mit einander gemein.

Es seien α und β die zwei komplementären Zweige, welche von einem Doppelpunkte O ausgehen, und es seien α^* und β^* die zwei völlig stetigen Kurven, welche entstehen, wenn die zwei in O auftretenden Winkelpunkte abgerundet werden. Es sei ferner t' eine aus O an $\alpha + \beta$ gehende Tangente, die z. B. α berühren möge. Es ist t' keine Tangente an β, weil aber die Abrundung beliebig klein gemacht werden kann, wird eine t' beliebig nahe liegende Gerade infolge (2) sowohl α^* wie β^* berühren, und der Berührungspunkt mit β wird O beliebig nahe liegen. (Siehe § 2, Seite 14).

Die Kurven α^* und β^* haben keinen Punkt mit einander gemein, und eine Wendetangente der einen Kurve kann die andere nicht schneiden. Infolge Beispiel II in § 4, Seite 25, haben α^* und β^* also entweder keine Tangente oder auch vier Tangenten mit einander gemein. Hier muss aber der letztere Fall eintreten, denn wir haben dem obigen zufolge schon zwei gemeinsame Tangenten nachgewiesen, welche den zwei aus O an $\alpha + \beta$ gehenden Tangenten t' und t'' beliebig nahe liegen. Wenn wir nun die Abrundung wieder aufheben, dann bleiben ausser den in t' und t'' fallenden Geraden noch zwei übrig, welche α und β berühren.

Charakteristisch für die Kurven vierter Gattung ist, wie wir sehen werden, das Auftreten von Schleifen; Schleife nennen wir einen paaren Pseudozweig, der keinen anderen Doppelpunkt enthält, als denjenigen, von dem sie ausgeht.

(5) Aus jedem Doppelpunkte geht eine und nur eine Tangente an jede Schleife, die nicht von demselben Doppelpunkte ausgeht.

Es sei (O_1) eine von O_1 ausgehende Schleife, und es sei O ein anderer Doppelpunkt. Verbindet man O mit einem Punkte M von (O_1), wird diese Gerade von der Schleife in noch einem Punkte P geschnitten. In der Nähe von O_1 laufen M und P in entgegengesetztem Sinne, weil O_1O eine uneigentliche Tangent in O_1 ist. Es giebt deshalb ausserhalb O noch ein Punkt, wo M und P zusammenfallen, womit der Satz bewiesen ist.

(6) Eine Kurve vierter Gattung hat mindestens zwei und höchstens drei Schleifen.

Wenn die Kurve nur einen Doppelpunkt hat, sind beide von diesem ausgehende Pseudozweige Schleifen. Hat die Kurve mehrere Doppelpunkte teilen wir sie wieder aus einem Doppelpunkt O in zwei Pseudozweige γ_1 und γ_2. Wenn γ_1 keine Schleife ist, sei O_1 ein Doppelpunkt auf γ_1. Von den beiden von O_1 ausgehenden Pseudozweigen wird der eine und nur der eine O enthalten (1); der andere sei γ_2', und dieser wird mindestens einen Doppelpunkt weniger haben als γ_1 denn nach (1) sind γ_1 und γ_2 von einander völlig getrennt. Man kann so fortsetzen, bis man an einen Pseudozweig ohne Doppelpunkt d. h. eine Schleife gelangt. Ebenso sieht man, dass in γ_2 wenigstens eine Schleife enthalten ist.

Mehr als drei Schleifen — von den Doppelpunkten O_1, O_2, O_3 ausgehend — kann die Kurve aber nicht haben, denn sonst würde dem Satze (5) zufolge aus O_1 mehr denn zwei Tangenten an die Kurve ausgehen, was ausgeschlossen ist.

Zwei Schleifen, die von verschiedenen Doppelpunkten ausgehen, haben immer eine und nur eine Tangente mit einander gemein. (7)

Es mögen die Schleifen (O) und (O_1) von den Doppelpunkten O und O_1 ausgehen. Durch O geht eine und nur eine Tangente an (O_1). Wenn nun M von O aus die ganze Schleife (O) durchläuft, wird aus M immer eine und nur eine Tangente an (O_1) gehen, denn keine Doppeltangente oder Wendetangente von (O_1) oder auch noch keine Tangente in O_1 kann (O) schneiden. Es besteht also eine $(1-1)$ Korrespondenz zwischen M und dem Punkt P, wo die durch M an (O_1) gehende Tangente die Schleife (O) nochmals schneidet. Weil die aus O an (O_1) gehende Tangente in O eine uneigentliche Tangente ist (2), laufen M und P in der Nähe von O in entgegengesetzten Sinnen; es giebt aber also ausserhalb O noch einen Punkt, wo M und P zusammenfallen.

Wir wollen noch beweisen:

Auf einer Schleife, welche von einem Doppelpunkte O ausgeht, befinden sich 0, 1 oder 2 isolierte Inflexionspunkte jenachdem durch O 0,1 oder 2 Tangenten gehen, welche (O) ausserhalb O berühren. (8)

Wir haben schon oft benutzt, dass eine von O ausgehende Tangente t' an (O) eine uneigentliche Tangente in O ist. Runden wir nun den Winkelpunkt O auf (O) in gewöhnlicher Weise ab, erhält die abgerundete Kurve eine t' naheliegende Doppeltangente. Auf dem zugehörigen inneren Bogen finden sich demnach zwei Inflexionspunkte, und von diesen wird der eine in O fallen, wenn die Abrundung aufgehoben wird. Durch Aufhebung der Abrundung werden aber alle andere Inflexionspunkte unbeeinflusst als diejenige, welche in der genannten Weise in O hineinfallen.

Es findet sich also auf O ebenso viele isolierte Inflexionspunkte als Tangenten aus O an (O) gehen.

Der Satz bleibt gültig auch, wenn die Tangenten in O Wendetangenten sind. Sind sie z. B. beide Wendetangenten, gehen ausser diesen keine andere Tangenten durch O, und nur die in O fallenden Inflexionspunkte sind auf (O) isoliert.

In Verbindung mit (3) und (8) steht noch der folgende Satz, den wir im folgenden zu gebrauchen haben.

(9) Ein Doppelpunkt O ist auf der zugehörigen Schleife ein Winkelpunkt erster, zweiter oder dritter Art, jenachdem 2, 1 oder 0 der Tangenten in O die Schleife ausserhalb O schneiden.

Es schneide eine in O berührende Tangente t die Schleife (O) in einem Punkte N. Eine t benachbarte Tangente an (O) wird dann (O) in einem N benachbarten Punkte schneiden; weil aber (O) paar ist, schneidet t noch (O) in einem anderen Punkte, und dieser muss O benachbart sein, weil sonst auch t die Schleife in zwei ausserhalb O liegenden Punkten schneiden würde. Wenn aber t nicht (O), sondern den anderen zu O gehörigen Pseudozweig γ_2 schneidet, dann wird auch eine t benachbarte Tangente an (O) den Zweig γ_2 in einem O benachbarten Punkte schneiden, und könnte deshalb keinen Punkt mit (O) gemein haben. Erinnern wir uns nun die Seite 15 gegebenen Definitionen der verschiedenen Arten von Winkelpunkten, ist hiermit der Satz bewiesen.

Wir sind jetzt hinreichend ausgerüstet um die Kurven vierter Gattung klassificieren zu können. Es gibt infolge (6) zwei Unterabteilungen, jenachdem die Kurve drei oder zwei Schleifen hat.

---

§ 11.

Kurven vierter Ordnung mit drei Schleifen.

Eine Kurve vierter Ordnung mit drei Schleifen muss nothwendigerweise der vierten Gattung angehören.

Die drei Schleifen seien (O_1), (O_2) und (O_3), welche den Doppelpunkten O_1, O_2 und O_3 angehören mögen. Die Kurve kann ausser diesen keine andere Doppelpunkte haben, weil aus einem vierten Doppelpunkte drei Tangenten der Kurve gehen würden (§ 10 (5)). Sie besteht also aus den drei Schleifen und einer doppelpunktsfreien Restkurve ρ. Weil aus O_1 eine Tangente an (O_2) und eine an (O_3) geht, kann durch O_1 keine (O_1) ausserhalb O_1 berührende Tangente gehen. Eine Schleife enthält deshalb nach § 10 (8) keinen isolierten Inflexionspunkt. Aus demselben Grunde folgt noch aus § 10 (9), dass jeder Doppelpunkt ein Winkelpunkt dritter Art auf der zugehörigen Schleife ist.

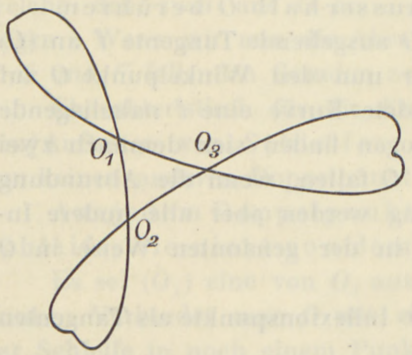


Fig. 17.

(1) Die Kurve besteht aus drei Schleifen und einer Restkurve, welche aus drei Elementarbögen zusammengesetzt ist.

Die drei Bögen, aus welchen ρ zusammengesetzt ist, sind diejenigen Bögen $O_1O_2 = \alpha$, $O_2O_3 = \beta$, $O_3O_1 = \gamma$, welche keine Schleife enthalten. Weil jeder Dop-

pelpunkt auf ρ ein Winkelpunkt erster Art ist, wird eine Tangente an α, welche einer in O_1 berührenden Tangente t_1 dieses Bogens benachbart ist, mit der Restkurve noch zwei Punkte gemein haben, nämlich ausser einem O benachbarten Punkt von γ noch einen Punkt N. Dieser Punkt muss aber auf β liegen. Wenn nämlich eine Tangente t auf α rollt, kann dabei kein Schnittpunkt mit ρ von einem der Bögen α, β, γ auf einen anderen übergehen, weil durch O_1, O_2 oder O_3 keine Tangente dieser Bögen geht. Wenn aber t in eine Nachbarstellung zu einer Tangente an α in O_2 gelangt, liegt dem obigen zufolge ein Schnittpunkt in β. Man sieht also, dass eine Tangente an ρ nur diejenige zwei Bögen schneidet, auf denen der Berührungspunkt der Tangente nicht liegt. Es müssen deshalb α, β und γ Elementarbögen sein.

Die Kurve hat keine andere Doppeltangenten zweiter Art als die drei, welche zwei Schleifen berühren, und ausser diesen nur Doppeltangenten erster Art mit den zugehörigen Inflexionspunkten. Diese liegen alle auf den Schleifen, und die Kurve hat keinen isolierten Inflexionspunkt. (2)

Die in diesem Satze aufgestellten Behauptungen sammeln nur das obige. Dass insbesondere die Restkurve keine Tangente mit einer Schleife gemein haben kann, folgt schon daraus, dass eine solche Gerade mehr denn vier Punkte mit der Kurve gemein haben würde.

Es kann jetzt kein Zweifel über das Aussehen der Kurve entstehen. Erstens kann man im projectiven Sinne die Kurve als im Endlichen liegend annehmen. Die Verbindungsgerade zweier der Doppelpunkte hat keinen weiteren Punkt mit der Kurve gemein. Eine Schleife z. B. (O_1) liegt also auf derjenigen Seite der Gerade O_1O_2, die nicht O_3 enthält, weil die Restkurve ρ durch diesen Punkt geht. Es liegt also ρ ganz innerhalb des endlichen Dreiecks $O_1O_2O_3$.

Einen direkten Existenzbeweis werden wir später geben.

Es kann eine Schleife sich so zusammenziehen, dass eine Spitze entsteht. Insbesondere können so drei Spitzen entstehen. Man erhält in der Weise die einzige Kurve vierter Ordnung mit drei Spitzen. Wenn nämlich die Kurve drei solche Punkte hat, gehen durch jeden von diesen zwei Gerade, welche die Kurve in zwei zusammenfallenden Punkten schneiden. Die Kurve wird also der vierten Gattung angehören. Man kann dann weiter der Kurve durch eine kleine Variation mit kleinen Schleifen versehen.

Man erhält so den Satz:

Wenn eine Elementarkurve vierter Ordnung drei Spitzen haben soll, müssen diese alle erster Art sein, und die Kurve wird ausser diesen keine andere Singularitäten haben, und sie wird aus drei Elementarbögen zusammengesetzt sein. (3)

Die drei Doppelpunkte können auch alle in einen dreifachen Punkt zusammenfallen. Diese Kurve und die in § 8, Seite 38, genannte sind die einzigen Elementarkurven vierter Ordnung, welche einen dreifachen Punkt haben können.

§ 12.

Kurven vierter Ordnung mit zwei Schleifen und mit lauter Doppelpunkten zweiter Art.

Von diesen Kurven betrachten wir zuerst diejenigen, welche einen und nur einen Doppelpunkt O haben. Sie sind sogleich durch den folgenden Satz charakterisiert:

(1) Eine Kurve vierter Ordnung vierter Gattung mit einem und nur einem Doppelpunkte zweiter Art ist aus zwei Schleifen zusammengesetzt. Die durch die Schleifen begrenzten Gebiete haben keinen Punkt mit einander gemein. Sie hat zwei Doppeltangenten zweiter Art und zwei isolierte Inflexionspunkte; sonst nur Doppeltangenten erster Art mit den zugehörigen Inflexionspaaren.

Die Kurve hat zwei und nur zwei Doppeltangenten zweiter Art infolge § 10 (4). Hieraus folgt schon, in Verbindung mit § 10 (1), dass die durch die Schleifen begrenzten endlichen Gebiete keinen Punkt mit einander gemein haben. Dass sie zwei und nur zwei isolierte Inflexionspunkte hat, folgt aus § 10 (8); berühren die zwei aus O ausgehenden Tangenten beide dieselbe Schleife, dann liegen beide isolierte Inflexionspunkte auf einer der Schleifen, sonst liegt ein auf je einer der Schleifen. Dass andere Inflexionspunkte nur in Paaren auftreten können, sieht man leicht in der schon oft benutzten Weise durch Abrundung des Winkelpunktes und Wiederaufhebung der Abrundung.

In O kann eine der Tangenten, oder auch beide, eine Wendetangente sein. In O fällt dann ein — oder auch zwei — isolierte Inflexionspunkte. Eine der Schleifen kann sich so zusammenziehen, dass eine Spitze entsteht.

Wir gehen nun zu den Kurven mit mehreren Doppelpunkten über. Es seien diese $O_1, O_2 \dots O_n$, wo die Schleifen den Doppelpunkten O_1 und O_n entsprechen mögen; wir werden aber diese Schleifen mit einer Änderung der früheren Bezeichnungen als (O_1) und (O_{n+1}) benennen. Schneiden wir nun (O_1) von der Kurve ab, bleibt eine Restkurve γ_1, und runden wir auf dieser den Winkelpunkt O_1 ab, wird die abgerundete Kurve ρ_1 wieder zwei Schleifen haben müssen. Die eine von diesen ist (O_{n+1}); die andere muss, weil die Kurve durch die Abrundung nur in unmittelbarer Nähe von O_1 verändert worden ist, aus zwei von O_1 ausgehenden Bögen gebildet werden, welche O_1 mit einem anderen Doppelpunkte O_2 verbinden. Hebt man die Abrundung wieder auf, sieht man, dass die ursprüngliche Kurve eine „uneigentliche Schleife“ (O_2) enthalten muss, welche aus zwei einander nicht schneidenden Bögen O_1O_2 gebildet wird, und welche zwei Winkelpunkte in O_1 und O_2 hat. Die früheren Schleifen sollen, in Gegensatze zu den jetzt eingeführten uneigentlichen Schleifen, die eigentlichen Schleifen heissen.

Durch Fortsetzung des Verfahrens sieht man nun:

(2) Hat die betrachtete Kurve n Doppelpunkte, besteht sie aus zwei eigentlichen und $n-1$ uneigentlichen Schleifen.

Man hat ferner:

Ein Winkelpunkt auf einer uneigentlichen Schleife ist immer zweiter Art, es sei denn, dass die Schleife einer eigentlichen Schleife benachbart ist, in welchem Fall er entweder erster oder auch zweiter Art sein kann. (3)

Wir betrachten erstens einen Doppelpunkt O_1, der auf einer eigentlichen Schleife (O_1) liegt. Durch O_1 geht eine Tangente an die andere eigentliche Schleife, und also entweder eine oder auch keine Tangente an (O_1). Jenachdem der eine oder der andere Fall eintritt, wird infolge § 10 (3) und (9) O_1 auf (O_1) ein Winkelpunkt zweiter oder dritter Art, also auf (O_2) entweder zweiter oder erster Art sein.

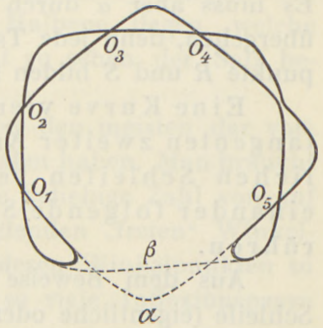


Fig. 18.

Es sei nun (O_r) eine uneigentliche Schleife wo r eine der Zahlen $2, 3, 4 \ldots n-2$ ist. Lassen wir die uneigentlichen Schleifen $(O_1)(O_2)\ldots(O_{r-1})$ weg, bleibt eine Restkurve derselben Gattung, wenn wir in O_{r-1} den Winkelpunkt abrunden. Durch O_r geht eine Tangente an (O_{n+1}); die andere durch O_r an die Restkurve gehende Tangente muss aber eine der Gerade O_rO_{r-1} benachbarte Gerade sein, denn nach § 10 (2) ist O_rO_{r-1}, in O_{r-1} eine uneigentliche Tangente der uneigentlichen Schleife (O_r). An die abgerundete Schleife (O_r) geht also durch O_r eine und nur eine (eigentliche) Tangente, welche ausserhalb O_r berührt. Nach § 10 (9) folgt daraus, dass O_r auf (O_r) ein Winkelpunkt zweiter Art ist, und es kann dies durch Aufhebung der Abrundung in O_{r-1} nicht geändert werden.

Die Kurve hat zwei und nur zwei isolierte Inflexionspunkte und diese liegen entweder auf den eigentlichen oder auf den diesen benachbarten uneigentlichen Schleifen. Keine Schleife, gleichviel ob eigentliche oder uneigentliche, kann mehr denn einen isolierten Inflexionspunkt haben. (4)

Die eigentliche Schleife (O_1) mit der uneigentlichen Nachbarschleife (O_2) zusammen bildet eine Kurve vierter Gattung, welche, wenn O_2 abgerundet wird infolge (1) zwei isolierte Inflexionspunkte hat. Hebt man die Abrundung auf, geht eine von diesen verloren, weil O_2 auf (O_2) infolge (3) ein Winkelpunkt zweiter Art ist. Es gibt also entweder auf (O_1) oder auf (O_2) ein und nur ein isolierter Inflexionspunkt. Dasselbe gilt für (O_n) und (O_{n+1}). Auf (O_r), wo $r = 3, 4, \ldots n-1$ liegt aber kein isolierter Inflexionspunkt. Rundet man nämlich die zwei auf (O_r) liegende Winkelpunkte O_{r-1} und O_r ab, erhält man aus (O_r) eine Kurve (O'_r), deren Inflexionspunkte alle nur in Paaren vorkommen. Neu hinzugekommen sind durch die Abrundung zwei Inflexionspunkte R und S; es kommt darauf an zu zeigen, dass diese, die ja durch Aufhebung der Abrundung wieder verschwinden, ein Paar bilden. Es hat aber (O'_r) eine O_rO_{r-1} beliebig naheliegende Doppeltangente t^*, weil die Gerade O_rO_{r-1} sowohl in O_{r-1} wie in O_r eine uneigentliche Tangente an (O_r)

ist, und dieser Doppeltangente gehören R und S als ein Inflexionspaar an. Es seien α und β die zwei Bögen von (O_r), welche O_{r-1} mit O_r verbinden. Man sieht dann leicht, dass wenn die Tangente in O_{r-1} an α den Bogen β schneidet, dann auch die Tangente in O_r an α den Bogen β schneiden wird (durch O_{r-1} und durch O_r gehen keine Tangenten an α oder an β). Den Ausführungen über Winkelpunkten zufolge (siehe Seite 14) sieht man hieraus, dass R und S beide auf α liegen. Es muss aber α durch die Abrundung in einen zu t^* gehörigen inneren Bogen übergehen, denn jede Tangente an α schneidet β. Die auf α liegenden Inflexionspunkte R und S bilden also ein Paar.

(5) Eine Kurve vierter Gattung mit zwei Schleifen hat als Doppeltangenten zweiter Art 1) diejenige Tangente, welche die zwei eigentlichen Schleifen berührt, 2) diejenige Tangenten, welche zwei auf einander folgende Schleifen — eigenliche oder uneigentliche — berühren.

Aus dem Beweise der vorigen Satzes folgt, dass eine Gerade, welche eine Schleife (eigentliche oder uneigentliche) zweimal berührt, einen inneren Bogen bestimmt, so dass sie eine Doppeltangente erster Art ist.

Wir betrachten nun eine eigentliche Schleife (O_1). Diese kann nach § 10 (4) nur zwei Tangenten mit den anderen Schleifen gemein haben, und die eine von diesen Tangenten berührt nach § 10 (7) die andere eigentliche Sshleife (O_{n+1}). Wir haben nur nachzuweisen, dass die zweite Doppeltangente einen Berührungspunkt auf (O_2) haben muss. Es genügt dazu die Schleifen (O_3), $(O_4) \ldots (O_{n+1})$ abzuschneiden und den Winkelpunkt in O_2 abzurunden. Die Restkurve hat dann infolge (1) zwei und nur zwei Doppeltangenten zweiter Art. Von diesen wird aber die eine, wenn die Abrundung aufgehoben wird, mit der durch O_2 an (O_1) gehenden Tangente t zusammenfallen, weil t eine uneigentliche Tangente von (O_2) in O_2 ist. Es bleibt also eine (O_1) und (O_2) berührende Tangente.

Wir schneiden nun (O_1) weg, und haben eine Restkurve derselben Gattung, für welche, wenn O_1 abgerundet wird, (O_2) eine eigentliche Schleife $(O_2)'$ wird. Hier haben $(O_2)'$ und (O_{n+1}) eine Tangente gemein, diese geht aber, sowie wir es schon oft gesehen haben, wenn die Abrundung aufgehoben wird, in die durch O_1 an (O_{n+1}) gehende Tangente über. Betrachtet man ferner die aus (O_2) und (O_3) zusammengesetzte Kurve sieht man ganz ähnlich wie oben, dass (O_2) und (O_8) eine und nur eine Tangente mit einander gemein haben.

Für die Formbestimmung einer Kurve vierter Gattung mit zwei Schleifen und mehreren Doppelpunkten gibt der folgende Satz die nöthigen Anhaltspunkte:

(6) Liegt die Kurve ganz im Endlichen — was durch Projektion immer erreicht werden kann — bilden die auf einander folgenden Doppelpunkte O_1, $O_2 \ldots O_n$ einen konvexen Polygon, und die Kurve liegt ganz in den Dreiecken, welche von einer Polygonseite $O_{r-1}O_r$ und den Verlängerungen der Nachbarseiten über O_{r-1} und O_r hinaus begrenzt sind.

Wenn nämlich $O_1 O_2 \ldots O_n$ kein konvexer Polygon wäre, könnte man eine Gerade finden, welche mit vier Polygonseiten Punkte gemein hätte. Weil von den Schnittpunkten höchstent der eine auf $O_1 O_n$ liegen könnte, würde die Gerade nach § 1 (3) 6 Punkte mit der Kurve gemein haben.

Es müssen ferner die zwei Bögen, welche zwei auf einander folgende Doppelpunkte O_{r-1} und O_r mit einander verbinden, beide auf derselben Seite von $O_{r-1}O_r$ liegen, weil diese Gerade sowohl in O_{r-1} wie in O_r eine uneigentliche Tangente ist, und sie müssen in derjenigen durch $O_{r-1}O_r$ begrenzten Halbene liegen, welche O_{r-2} — oder O_{r+1} — nicht enthält. Hiermit ist wie leicht zu sehen der Satz bewiesen.

Eine wirkliche Konstruktion kann man — wie bei den meisten der vorhergehenden Kurven – durch zwei einander schneidende Ovalen haben. Man braucht nur von den auftretenden „uneigentlichen Schleifen" eine beliebige Zahl von auf einander folgenden auszulassen und dann die zwei auftretenden „freien" Winkelpunkte abzurunden. Rundet man auch einige von den anderen Winkelpunkten so ab, dass die Kurve nicht zerfällt, kann man der Kurve so viele Inflexionspaare zuerteilen, als man will (siehe Fig. 16).

Es muss doch bemerkt werden, dass man so nur diejenige Kurven erhält, deren isolierte Inflexionspunkte auf den eigentlichen Schleifen liegen, während sie nach der Teorie auch auf den benachbarten uneigentlichen liegen können.

---

§ 13.

Über eine Relation zwischen den Singularitäten einer Elementarkurve vierter Ordnung mit Doppeltangenten.

Auf einer Elementarkurve vierter Ordnung können, wie wir gesehen haben, die Zahlen der Inflexionspunkte w, der Doppelpunkte d, und der Doppeltangenten t beliebig gross sein, nur haben wir sie immer als endlich vorausgesetzt. Die Zahl der Rückkehrspunkte ist dagegen begrenzt, es können höchstens deren drei auftreten, und in diesem Falle ist sogleich

$$t = w = d = 0.$$

Eine bestimmte Zahl der Singularitäten hat man noch, wenn die Kurve keine Doppeltangenten hat. Es ist dann entweder:

$$t = 0;\ d = 2;\ w = 4,$$

$$\text{oder: } t = 0;\ d = 3;\ w = 2.$$

Wenn aber Doppeltangenten auftreten, während keine Rückkehrspunkte vorhanden sind, hat man immer die Relation

$$w = 2\ (t - d).$$

Dass, wenn $d = 0$, $w = 2t$, folgt sogleich aus den Entwickelungen in § 6. Man kann nun den Nachweis der genannten Relation auf diesen Fall durch passende

Abrundungen zurückführen. Hierbei ist jedoch wegen der eventuel auftretenden neuen Doppeltangenten und wegen des eventuellen Zerfallen der Kurve so viele Rücksichte zu nehmen, dass ein direktes Nachzählen einfacher ist.

Er sei t_1 die Zahl der Doppeltangenten erster Art; $w_1 = 2t_1$ ist dann die Zahl, der in Paaren auftretenden Inflexionen.

Eine Kurve dritter Gattung hat ebenso viele Doppeltangenten zweiter Art als Doppelpunkte, während isolierte Inflexionen nicht auftreten. Man hat also

$$w = 2t_1;\ t = t_1 + d;$$
$$\mathfrak{d}:\ w = 2(t - d).$$

Bei den Kurven mit drei Schleifen fanden sich drei Doppeltangenten zweiter Art, nämlich diejenigen, welche zwei der Schleifen berühren, aber keine isolierte Inflexionen. Man hat also

$$w = 2t_1;\ t = t_1 + 3;\ d = 3$$
$$\mathfrak{d}:\ w = 2(t - d).$$

Bei den Kurven vierter Gattung mit zwei Schleifen fanden wir, wenn die Kurve n Doppelpunkte hat, $n+1$ Doppeltangenten zweiter Art, nämlich teils diejenigen Tangenten, welche die zwei Schleifen berühren, teils diejenigen neuen Tangenten, welche zwei auf einander folgende eigentliche oder uneigentliche Schleifen berühren.

Man hat also, indem die Kurve immer zwei isolierte Inflexionspunkte hat:

$$w = 2t_1 + 2;\ t = t_1 + n + 1;\ d = n$$
$$\mathfrak{d}:\ w = 2(t - d).$$

Bei den Kurven vierter Ordnung können auch Schnabelspitzen auftreten aber höchstens deren zwei.

---

§ 14.

Die einteilige Elementarkurve vierter Klasse.

Die reciproke Polarfigur einer Elementarkurve ist wieder eine Elementarkurve.

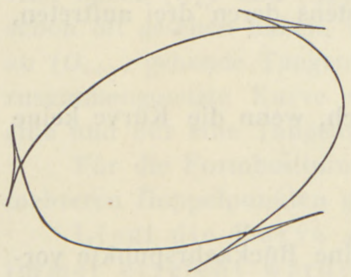


Fig. 19.

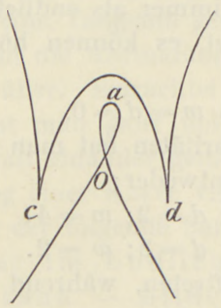


Fig. 20.

Um sämtliche einteilige Elementarkurven vierter Klasse zu erhalten braucht man also nur die Polarfiguren zu den im Vorhergehenden bestimmten Kurven vierter Ordnung zu nehmen. Man wird es übrigens für die Zeichnung einfacher finden die früheren Sätze als deren Endresultate anzuwenden; lässt man nämlich die Inflexionspaare aus, kann man direkt aus der Teorie die Zahl des Elementarbögen, aus denen die Kurve zusammengesetzt ist, ablesen.

Wir werden hier nur in aller Kürze die Hauptformen angeben, und die Kurven so zeichnen, dass möglichst wenige Punkte unendlich fern liegen.

Die Kurven dritter Klasse können als bekannt angesehen werden. Die eine Hauptform ist vierter die andere sechster Ordnung. Die vollständige ein- oder zweiteilige Kurve ist immer sechster Ordnung.

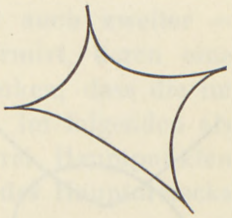


Fig. 21.

Den Inflexionspaaren einer Kurve vierter Ordnung entsprechend kann auf einer Kurve vierter Klasse eine unbegrenzte Menge von „Kuspidalpaaren“ auftreten.

Die Hauptform einer Kurve vierter Klasse ohne Doppeltangenten findet sich in Fig. 19, sie ist in leicht verständlicher Weise aus einem Oval abgeleitet. Man darf aber nicht vergessen, dass die Kurve vierter Klasse nicht immer ins Endliche projicirt werden kann, denn es ist sehr möglich, dass an eine Kurve vierter Ordnung aus jedem Punkte ihrer Ebene eine Tangente geht. So bilden in Fig. 20 *c* und *d* ein Kuspidalpaar, während *oao* das Oval ist.

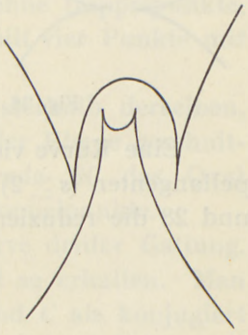


Fig. 22.

Im folgenden lassen wir durchgehend die Kuspidalpaare aus, und nennen die so auftretenden Formen reduzierte, ebenso wie die entsprechenden Kurven vierter Ordnung. Wir verteilen die Kurven vierter Klasse in Gattungen, welche den früheren Gattungen entsprechen sollen. Man wird nun leicht sehen:

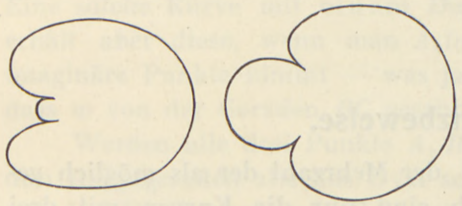


Fig. 23. Fig. 24.

Die reduzierte Form einer Kurve vierter Klasse dritter Gattung ist mit der reduzierten Form einer Kurve vierter Ordnung derselben Gattung identisch.

Es sind also nur die Kurven zweiter und vierter Gattung zu betrachten.

Die Kurven zweiter Gattung haben keine Kuspidalpaare, aber entweder zwei oder auch drei Doppeltangenten. Im ersten Falle finden sich vier isolierte Rückkehrspunkte, und man hat zwei Haupttypen: die eine kann ganz ins Endliche projiciert werden, die andere nicht; siehe Fig. 21 und 22.

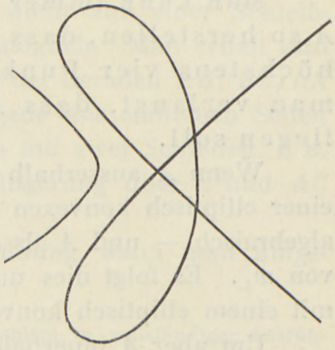


Fig. 25.

Eine Kurve dieser Gattung mit drei Doppeltangenten hat nur zwei Rückkehrspunkte und die Kurve lässt sich immer ganz ins Endliche projicieren. Den zwei früher in § 9 besprochenen Möglichkeiten entsprechend hat man die in Fig. 23 und Fig. 24 angegebenen Formen.

Einer Kurve vierter Ordnung mit drei Schleifen entspricht eine Kurve mit drei Doppeltangenten und drei Doppelpunkten. Die Kurve lässt sich nicht ins Endliche projicieren, und man hat die in Fig. 25 angegebene reducirte Form.

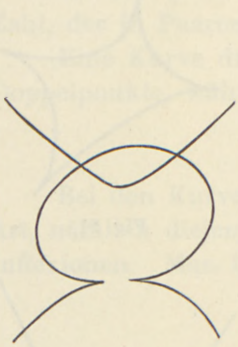


Fig. 26.

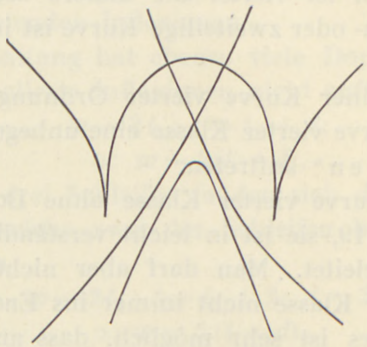


Fig. 27.

Fig. 28.

Eine Kurve vierter Klasse und vierter Gattung hat s Doppelpunkte, $s-1$ Doppeltangenten ($s \geq 2$) und zwei isolierte Rückkehrspunkte. Ich gebe in Fig. 26, 27 und 28 die reduzierten Formen für $s = 2, 3$ und 5.

---

§ 15.

Nachträgliche Existenzbeweise.

Im Vorhergehenden haben wir schon von der Mehrzahl der als möglich gefundenen Typen Beispiele gegeben. Eigentlich sind nur die Kurven mit drei Schleifen ohne konstruktive Bestimmung gelassen. Diese — und Beispiele der andern, inklusive der Kurven dritter Ordnung — erhalten wir mittels einer quadratischen Tranformation, indem wir zuerst den folgenden Satz aufstellen:

Man kann immer ein nicht algebraisches Oval w und einen Punkt A so herstellen, dass w von jedem durch A gehenden Kegelschnitt in höchstens vier Punkten geschnitten wird, und das sowohl, wenn man verlangt, dass A innerhalb, wie auch, wenn er ausserhalb w liegen soll.

Wenn A ausserhalb w liegen soll, kann man w als die Centralprojektion einer elliptisch konvexen Ovales w_1 nehmen — w_1 existirt ja jedenfalls als nicht algebraisch — und A als das Bild eines unendlich fernen Punktes in der Ebene von w_1. Es folgt dies unmittelbaar daraus, dass ein Hyperbel oder ein Parabel mit einem elliptisch konvexen Oval höchstens vier Punkte gemein haben kann.

Um aber A innerhalb w zu bekommen wende man eine duale Transformation an; man nehme z. B. w als die Polarfigur eines elliptisch konvexen Ovales w_1 in Bezug auf einem Kreis, dessen Centrum ein innerhalb w_1 liegender Punkt A ist.

Es wird dann w ein Oval sein, der mit jedem durch A gehenden Kegelschnitt höchstens vier Tangenten gemein hat, und es wird desshalb nach § 4, Seite 25, auch höchstens vier Punkte mit diesen Kegelschnitten gemein haben.

Man erhält nun eine Kurve vierter Ordnung — eventuel auch zweiter — wenn man w durch eine quadratische Transformation transformirt, deren eine Hauptpunkt A ist, wobei wir uns immer w und A so gewählt denken, dass die im obigen Satze genannten Bedingungen erfüllt sind[1]. Wir nehmen im folgenden als quadratische Transformation eine solche involutorische mit drei Hauptpunkten A, B, C, dass jedem Hauptpunkte die gegenüberliegende Seite des Hauptdreiecks ABC entspricht.

Sind nun A, B, C so gewählt, dass keine der Geraden AB, BC und CA mit w Punkte gemein hat, erhält man eine Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte, sofern nur ein beliebiger durch A, B und C gehender Kegelschnitt vier Punkte mit w gemein hat.

Wählt man A innerhalb w, B oder C oder auch beide ausserhalb derselben, erhält man eine Kurve vierter Ordnung die von jeder Geraden der Ebene geschnitten wird, und also zweiter Gattung ist. Jenachdem die Gerade BC das Oval schneidet oder nicht schneidet, hat die Kurve drei oder zwei Doppelpunkte.

Liegen A, B und C alle innerhalb w, erhält man eine Kurve dritter Gattung. Eine solche Kurve mit einem Doppelpunkte kann man nicht so erhalten. Man erhält aber diese, wenn man A innerhalb w wählt, aber B und C als konjugiert imaginäre Punkte nimmt — was ja eben so gut geht; man muss nur dafür sorgen, dass w von der Geraden BC geschnitten wird.

Werden alle drei Punkte A, B und C ausserhalb w gewählt, aber so, dass die drei Hauptgeraden alle das Oval schneiden, erhält man eine Kurve vierter Gattung mit drei Doppelpunkten. Es fragt sich nur, wann man eine Kurve mit drei und wann eine mit zwei Schleifen erhält. Um dies abzumachen betrachte man einen Doppelpunkt O, der auf einer Schleife liegt; man kann dann der Kurve — nämlich der Schleife — entlang von O ausgehen und wieder zu O zurückkehren ohne einen anderen Doppelpunkt zu überschreiten. Wenn O nicht auf einer Schleife liegt, ist das aber bei den Kurven vierter Gattung nicht möglich. Man erhält also eine Kurve mit drei Schleifen, wenn die Schnittpunktepaare der Geraden AB, BC, CA mit w einander auf w nicht trennen, alzo z. B., wenn w jede der endlichen Seiten des Dreiecks ABC schneidet. Man erhält sonst eine Kurve mit zwei Schleifen, z. B. wenn AB in der Verlängerung über B, BC in der Verlängerung über C und AC in der Verlängerung über C von w geschnitten wird.

Aus der entwickelten Teorie der Kurven vierter Ordnung, kann man umgekehrt Sätze über elliptisch konvexen Ovalen herleiten.

[1] Für algebraische Kurven ist das vorliegende Transformationsproblem in vollständiger Ausführung gelöst vor A. Brill: Über rationale Curven vierter Ordnung, Math. Ann. Bd. XII, 1887 S. 90. Denkt man sich das Oval analytisch, könnte man etwas ähnlicher für das erweiterte Problem thun.

Ich erwähne beispielsweise:

Die Aufgabe eine Parabel zu bestimmen, welche ein elliptisch konvexes Oval dreipunktig berühren, und ausserdem zwei gegebene Gerade berühren soll, von welchen wenigstens die eine das Oval schneidet, hat 4 oder zwei Lösungen, jenachdem aus dem Schnittpunkte der Geraden keine oder auch zwei Tangenten an das Oval gehen.

Die Geraden liegen selbstverständlich in der Ebene des Ovales.

INHALT

	Seite
Einleitung	113
§ 1. Der Elementarbogen	116
§ 2. Der aus zwei Elementarbögen zusammengesetzte Bogen	119
§ 3. Die Elementarkurve	125
§ 4. Das elementare Korrespondenzprinzip	133
§ 5. Die Kurve dritter Ordnung	136
§ 6. Die Kurve vierter Ordnung ohne Doppelpunkte	140
§ 7. Einteilung der Kurven vierter Ordnung mit Doppelpunkten in drei Gattungen	144
§ 8. Kurven vierter Ordnung mit unpaaren Pseudozweigen	145
§ 9. Kurven vierter Ordnung, deren Pseudozweige alle paar und deren Doppelpunkte alle erster Art sind	149
§ 10. Allgemeine Eigenschaften und Einteilung der Kurven vierter Gattung	153
§ 11. Kurven vierter Ordnung mit drei Schleifen	156
§ 12. Kurven vierter Ordnung mit zwei Schleifen und mit lauter Doppelpunkten zweiter Art	158
§ 13. Über eine Relation zwischen den Singularitäten einer Elementarkurve vierter Ordnung mit Doppeltangenten	161
§ 14. Die einteilige Elementarkurve vierter Klasse	162
§ 15. Nachträgliche Existenzbeweise	164

DRUCKFEHLER

S. 134_7: einer Kvadrate, lies: eines Kvadrates.
- 134_6: des Umfange, lies: des Umfanges.
- 140^{10}: ist A, lies: ist 4.
- 165 Fussnote: ähnlicher, lies: ähnliches.

MERIDIANBEOBACHTUNGEN

VON 304 B- UND M-STERNEN

VON

JOHANNES BRAAE

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, 7. RÆKKE, NATURV. OG MATHEMATISK AFD. XI. 3

KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1914

In der Zeit von März 1912 bis März 1913 habe ich am Pistor-Martinschen Meridiankreis der Kopenhagener Sternwarte (188 cm Brennweite, 12.2 cm Öffnung) 1257 Rektaszensions- und 1196 Deklinationsbestimmungen ausgeführt. Das Programm setzte sich aus 88 B- und 216 M-Sternen zusammen, die nicht in Boss' Preliminary general catalogue vorkommen. Die Liste ist der Kopenhagener Sternwarte von Herrn Professor E. C. Pickering gütigst zur Verfügung gestellt worden.

Die Beobachtungen sind unter strengem Anschluss an das System des Berliner Jahrbuchs reduziert worden. Die Rektaszensionen sind über 11 Fäden mit Hilfe des Peyer-Favargerschen Farbschreibechronographen und der Rieflerschen Uhr der Sternwarte, die Deklinationen durch Bisektion, beide Koordinaten gleichzeitig und mit möglichst gleichmässiger Verteilung der beiden Kreislagen, beobachtet worden. Die angewandte Vergrösserung ist gleich 130. Die Mikroskopablesungen sind alle von mir selbst ausgeführt worden. Beim Ablesen der Chronographenstreifen und bei der Reduktion wurde ich von der Rechnerin der Sternwarte, Frl. Esthrid Egede Nielsen wesentlich unterstützt. Seit Jan. 1913 geschahen die Streifenablesungen an dem neu angeschafften, ausgezeichnet funktionnierenden, Oppolzerschen Ableseapparat von Favarger & Co. in Neuchâtel. Über die sonstige Anordnung der Beobachtungen und der Reduktionsarbeit vergl. Publikationer og mindre Meddelelser fra Københavns Observatorium No. 3 und No. 10 (A. N. 4514, 4574). Der mittlere Fehler einer Einzelposition beträgt $0^s.036 \sec\delta$ in R.A. und $0''.66$ in Dekl.

Die Berechnung der Präzession auf 1925.0 habe ich mit Hilfe der Ristenpartschen Tafeln ausgeführt; die Präzessionen sind durch die auf 1875.0 bezogenen Werte der Präzessionsglieder 1ster, 2ter und 3tter Ordnung kontrolliert worden, die für die Bestimmung der Eigenbewegungen der Programmsterne im Rechenbureau der Sternwarte von Herrn Magister Fischer-Petersen gerechnet sind. Die Präzessionen werden im Zusammenhang mit den Eigenbewegungen in einer folgenden Abhandlung veröffentlicht werden.

Die A.N. 4574 veröffentlichten Positionen von B-Sternen sind in die folgende Zusammenstellung mit aufgenommen worden. — Mit Rücksicht auf die Fälle, wo

der aus den Einzelpositionen gebildete Mittelwert anscheinend in der letzten Stelle nicht stimmt, sei bemerkt, dass ich bei den Reduktionsrechnungen immer den von Thiele vorgeschlagenen, einer halben Einheit der letzten Stelle entsprechenden, Punkt angewandt, diesen Punkt aber beim Druck der Einzelpositionen nicht angegeben habe.

In der folgenden Zusammenstellung gibt die 1ste Kolumne die laufende Nummer, die zweite die B.D.-Nummer des Sterns, die 3tte und 4te die Grössenklasse (nach der Pickeringschen Liste) und das Spektrum, die 5te—10te die Position für 1912.0, die Zahl der Einzelbeobachtungen und die Beobachtungsepoche für Rektaszension, bezw. Deklination, die 11te—12te die Einzelpositionen[1]). In der zweiten Abteilung folgen dann die auf 1925.0 reduzierten Koordinaten.

[1]) Die mit Kreis Ost ausgeführten Beobachtungen sind durch einen * bezeichnet.

Kopenhagen, Universitäts-Sternwarte, Nov. 1913.

Johannes Braae.

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
1	— 0° 6	7.3	M	0 4 21.76	6	12.86	+ 0 12 8.9	7	12.86	21.80,82,75*,70,70,79	9.0* 6.4 11.5 8.8* 9.7 8.6 8.4
2	+ 36 12	6.6	B_3	0 8 15.68	7	12.61	+ 37 12 15.2	7	12.61	15.76*,64*,66*,66*,70*,68,69	14.4* 14.8* 15.6* 14.9* 15.4* 16.0 15.6
3	+ 37 58	var.	Md	0 19 22.85	4	12.93	+ 38 5 23.0	4	12.93	22.85*,77,88,90	24.2* 24.4 21.6 21.9
4	+ 23 126	6.4	Ma	0 50 31.95	2	12.90	+ 24 4 50.4	3	12.86	32.01,88	50.8 50.5 49.9
5	+ 52 262	6.3	M	1 1 54.97	3	12.74	+ 53 1 39.0	4	12.75	54.94*,96*,01	39.6* 39.5* 39.0 37.7
6	+ 14 175	6.4	M	1 5 31.42	1	12.77	+ 15 12 19.5	1	12.77		
7	+ 27 196	6.6	Ma	1 9 14.60	4	12.75	+ 28 3 53.3	4	12.75	14.57*,55*,61,66	53.3* 52.3* 53.7 54.0
8	+ 42 288	6.6	B	1 17 4.30	6	12.65	+ 43 7 25.8	6	12.65	4.30,34*,28*,36,27*,29*	26.4* 26.4* 25.3* 25.5 25.9* 25.6*
9	+ 19 226	6.0	M	1 18 39.52	3	12.88	+ 20 0 34.6	4	12.86	39.54,50,52,	33.4 36.2 33.4 35.4
10	+ 50 282	8.6	M	1 23 13.84	6	12.83	+ 51 13 25.0	6	12.83	13.88*,89*,76,92*,84*,74	25.4* 25.8* 23.4 26.1* 25.5* 23.6
11	+ 34 265	6.3	B	1 27 6.31	6	12.62	+ 34 20 48.6	5	12.78	6.31*,24*,30*,33,36,32*	49.0* 47.7* 48.9 49.5 48.2*
12	+ 44 354	6.5	Ma	1 37 54.78	2	12.88	+ 44 52 43.6	2	12.88	54.78,78	45.1 42.0
13	+ 49 445	7.8	M	1 38 16.86	4	12.83	+ 50 10 13.9	4	12.87	16.88*,78,91*,88	14.6* 14.2* 13.4* 13.4
15	+ 69 123	8.0	M	1 49 28.48	2	12.74	+ 69 46 20.4	2	12.74	28.52*,44	20.7* 20.0
14	+ 8 292	7.0	M	1 49 43.36	3	12.87	+ 8 20 53.4	3	12.87	43.38,39*,31	53.4 53.7* 53.2
16	+ 27 310	6.0	Ma	1 52 42.64	1	12.97	+ 27 22 33.8	1	12.97		
17	+ 54 444	7.9	M	1 57 14.80	4	12.83	+ 54 48 30.4	4	12.83	14.86*,70,84*,78	30.8* 29.6 30.6* 30.4
18	+ 12 271	6.3	Mb	1 57 50.77	2	12.87	+ 13 3 9.7	2	12.87	50.78,76	9.9 9.6
19	+ 7 324	6.7	Mb	2 1 33.34	2	12.94	+ 7 49 41.1	2	12.94	33.33*,35	41.3* 40.8

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
20	+ 25° 349	6.0	B_8	2 1 49.73	2	12.84	+ 25 17 5.6	2	12.84	49.75,71	5.6 5.6
21	+ 65 241	8.7	M	2 7 57.68	1	12.76	+ 66 5 15.3	1	12.76		
22	+ 43 461[a]	var.	Md	2 11 59.34	4	12.93	+ 43 53 50.6	4	12.93	59.43*,33*,32,30	52.2* 51.0* 50.5 48.9
23	— 0 361[a]	var.	M	2 21 32.34	3	12.92	— 0 34 30.5	3	12.92	32.35*,45*,21	31.0* 31.2* 29.3
24	+ 33 470	var.	Md	2 31 42.10	3	12.75	+ 33 52 53.6	3	12.75	42.09*,05,14	53.5* 54.0 53.2
25	+ 11 365	7.3	M	2 32 59.32	2	12.92	+ 11 53 16.0	2	12.92	59.32*,31	16.6* 15.3
26	+ 2 406	7.2	M	2 34 1.88	2	12.99	+ 3 3 45.9	2	12.99	1.90*,88	45.7* 46.2
27	+ 5 377	8.0	M	2 36 29.62	2	12.92	+ 5 41 41.6	2	12.92	29.62,62*	41.6 41.5*
28	+ 44 591	7.8	M	2 45 54.10	4	12.87	+ 44 41 48.0	4	12.87	54.08*,11*,10*,08	48.7* 48.4* 47.8* 47.1
29	+ 15 397	8.3	M	2 46 58.74	2	12.92	+ 16 8 9.9	2	12.92	58.74,74	9.6 10.1
30	+ 19 432	6.8	M	2 49 17.37	1	13.08	+ 20 12 27.5	1	13.08		
31	+ 3 410	6.3	Mb	2 52 27.86	4	12.88	+ 4 8 46.1	4	12.88	27.86,87*,89*,84	45.4 46.4* 45.6* 47.0
32	— 1 419	7.5	M	2 52 41.28	2	13.08	— 0 55 44.5	2	13.08	41.27,30*	43.8 45.2*
33	+ 37 675	5.9	B	2 54 37.21	3	12.86	+ 37 46 55.2	3	12.86	37.24*,22,18*	55.5* 55.5 54.6*
34	— 3 478	6.8	M	2 56 24.82	5	12.89	— 3 13 39.1	5	12.89	24.84,81*,82*,81,79	39.8 38.6* 39.9* 39.3 38.0
35	+ 41 631	6.0	B	3 6 20.56	5	12.84	+ 42 2 38.6	5	12.84	20.52,56,56*,62*,56*	38.7 39.0 38.6* 38.9* 38.1*
36	+ 28 526	7.0	B	3 19 29.08	3	12.87	+ 28 20 33.2	3	12.87	29.05,10*,11	34.5 33.0* 32.1
37	+ 71 201	6.5	M	3 21 10.56	1	12.76	+ 71 33 30.2	1	12.76		
38	— 0 546	7.3	M	3 22 18.85	3	13.04	— 0 16 52.6	3	13.04	18.80,86,89*	52.4 52.0 53.3*
39	+ 43 732	7.2	B	3 22 35.30	1	13.08	+ 43 26 52.6	2	13.09		52.5 52.7*
40	+ 47 846	6.8	B_8	3 25 20.52	5	12.84	+ 47 33 44.0	5	12.84	20.46,49,55*,54*,52	44.3 43.2 44.6* 43.6* 44.2
41	+ 44 734	6.3	B	3 26 36.36	1	13.08	+ 44 33 25.1	2	13.09		25.1 25.1*
42	+ 46 773	6.8	B_8	3 29 47.06	3	12.87	+ 46 47 52.9	3	12.87	47.03,03,12	53.9 53.3 51.6
43	+ 18 507	7.0	M	3 30 15.96	4	12.91	+ 18 36 38.4	4	12.91	15.99*,94*,94,95	38.7* 38.3* 38.1 38.6
44	+ 14 598	8.8	M	3 37 16.70	4	12.97	+ 14 30 38.9	3	12.90	16.68,75*,66,73*	37.2* 40.2* 39.2*
45	+ 53 698	8.0	M	3 39 23.40	1	12.76	+ 53 37 44.1	2	12.93		44.2 44.0*

46	+ 33	717	6.4	B_8	3 42 17.57	3	13.04	+ 33 19 40.1	3	13.04	17.58,61,52*	40.4 39.4 40.4*
47	+ 23	563	6.1	B_8	3 44 30.05	4	12.90	+ 23 26 39.8	5	12.94	30.06,00*,06,08*	38.8 40.0* 41.0 39.0* 39.8*
48	+ 1	685	7.4	M	3 53 48.54	4	12.97	+ 1 11 36.7	5	13.00	48.56,48,58*,50*	37.0 38.6 36.3* 36.4* 35.2*
49	+ 9	543	6.5	M	4 3 53.58	4	13.04	+ 9 52 1.2	4	13.04	53 [1]).46*,62,58*,60*	2.3*[1]) 1.3 0.8* 1.0* [1]) Gew. ½
50	+ 15	630	8.7	M	4 23 18.56	3	12.86	+ 16 6 20.9	3	12.86	18.56,61*,52	19.4 21.5* 21.8
51	+ 16	625	7.0	M	4 29 58.40	4	12.90	+ 17 1 7.9	4	12.90	58.41,44*,36,36	7.4 8.2* 8.4 7.6
52	+ 40	1032	6.1	B_8	4 38 7.28	5	13.14	+ 40 37 18.7	6	13.11	7.28*,33*,26*,28,25	18.7* 18.6* 19.0* 18.3* 17.9 19.5
53	+ 0	834	7.3	B	4 40 11.06	6	12.94	+ 0 24 21.4	6	12.94	11.08,11*,08*,05,06,00*	22.1 21.0* 20.4* 22.3 21.7 21.0*
54	+ 51	980	8.5	M	4 44 11.68	3	13.15	+ 52 5 6.8	4	13.14	11.77*,66,62	7.4* 7.0* 6.1 6.6
55	+ 51	996	8.0	B	4 48 43.88	3	13.15	+ 51 41 31.0	4	13.14	44.00*,80,82	31.9* 31.3* 30.6 30.3
56	+ 35	930	6.2	Bsp	4 50 27.49	2	12.96	+ 36 1 41.5	2	12.96	27.46,52	41.8 41.2
57	+ 1	886	6.2	B_5	4 57 26.56	4	12.90	+ 1 28 51.8	4	12.90	26.54,61*,55,58	50.9 50.9* 53.8 51.7
58	+ 46	979	7.6	B	5 7 16.32	4	12.94	+ 46 52 18.0	4	12.94	16.28,38*,27,36*	18.4 17.5* 17.2 18.7*
59	— 0	890	7.0	M	5 10 7.70	4	13.10	— 0 39 50.8	5	13.10	7.66,69*,73*,72	49.2 51.7* 51.6* 50.4* 51.2
60	+ 33	1002	6.1	B_9	5 12 31.40	6	12.96	+ 33 40 23.8	6	12.96	31.38,40*,39*,38,42*,38	23.5 23.1* 23.5* 24.6 24.1* 24.2
61	— 1	859	6.4	B_8	5 15 7.79	6	13.06	— 1 30 9.5	7	13.06	7.80,77,79,78*,75*,84*	8.4 8.4 7.8 10.9* 10.8* 10.6* 9.6
62	+ 3	857	6.4	B_3	5 16 40.86	4	12.94	+ 3 55 30.2	4	12.94	40.89,84*,81,90	29.6 31.0* 30.0 30.2
63	+ 2	947	6.3	B_3	5 20 0.98	3	13.05	+ 2 16 23.0	3	13.05	0.94,02,00*	23.0 23.5 22.5*
64	+ 0	1056	6.0	B	5 21 15.64	4	13.13	+ 0 26 32.9	4	13.13	15.61*,66*,64*,64	32.8* 32.7* 33.1* 33.0
65	+ 3	903	6.6	B	5 22 30.12	4	12.86	+ 3 46 50.0	4	12.86	30.17,10*,10*,08	48.2 50.5* 50.0* 51.4
66	— 2	1250	6.6	B	5 22 33.64	2	13.16	— 2 26 8.0	2	13.16	33.58,68	8.0 8.1
67	— 7	1092	6.5	B	5 25 9.86	4	13.03	— 7 19 49.0	4	13.03	9.84,79,93,86*	48.0 48.4 49.0 50.7*
68	— 7	1099	6.2	B	5 26 5.62	4	13.13	— 7 30 9.0	5	13.12	5.64*,68*,62*,55	10.3* 9.4* 8.8* 8.4* 8.2
69	— 1	939	6.5	B_3	5 28 40.47	2	13.16	— 1 46 44.6	2	13.16	40.46,48	44.4 44.8
70	— 1	949	6.2	B_3	5 29 35.62	3	12.89	— 1 5 43.4	3	12.89	35.62*,59*,64	42.8* 44.4* 42.8
71	— 4	1171	8.0	B	5 30 11.28	3	13.12	— 4 32 46.8	3	13.12	11.28*,32*,23*	45.8* 47.3* 47.3*
72	— 4	1179	8.0	B	5 30 43.97	1	13.01	— 4 47 21.1	1	13.01		
73	— 4	1183	6.5	B	5 31 0.72	1	13.15	— 4 34 4.0	1	13.15		

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
74	— 4° 1190	7.1	B	5 31 44.88	1	13.08	— 4° 28′ 53.″2	1	13.08		
75	— 4 1196	6.3	B_1	5 33 32.82	2	12.98	— 4 51 56.2	2	12.98	32.87,78	55.″6 57.″0
76	— 1 987	6.7	B	5 33 45.80	3	12.89	— 1 13 13.7	3	12.89	45.91*,72*,77	14.0* 13.8* 13.4
77	— 6 1275	5.9	B	5 34 21.05	2	13.16	— 6 37 26.2	2	13.16	21.02,08*	26.1 26.4
78	+ 31 1049	6.7	Ma	5 34 58.73	2	13.08	+ 31 52 23.4	2	13.08	58.78,68*	22.8 23.9*
79	+ 2 1040	6.6	B	5 37 42.43	3	13.12	+ 2 19 27.3	3	13.12	42.42*,46*,41*	27.6* 27.3* 27.1*
80	+ 23 1015	6.1	B	5 37 58.86	4	12.96	+ 23 9 48.4	4	12.96	58.90*,82*,90,80	48.7* 48.3* 48.4 47.9
81	+ 18 950	7.5	M	5 40 1.45	6	13.08	+ 18 40 2.8	6	13.08	1.51,41 46 41*,47,45	3.7 4.1 2.6 1.5* 2.4 2.2
82	+ 3 1041	7.5	M	5 43 36.88	5	13.00	+ 3 52 14.1	5	13.00	36.98*,88*,82,84,88	13.9* 14.0* 16.2 12.5 13.8
83	+ 32 1109	6.4	Ma	5 45 41.58	4	13.04	+ 32 6 0.8	4	13.04	41.59,56,60 58*	1.0 2.2 58.9 0.9*
84	+ 33 1179	6.4	Ma	5 46 50.58	6	13.14	+ 33 53 43.2	6	13.14	50.58*,60*,59*,56,54,58	43.0* 42.4* 43.0* 42.7 43.8 44.3
85	+ 3 1071	6.3	M	5 49 38.37	3	12.89	+ 3 12 34.6	3	12.89	38.38*,33*,40	34.8* 35.1* 33.8
86	— 1 1059	8.2	M	5 49 54.34	5	13.06	— 1 5 35.8	5	13.06	54.34,34,33,28*,38	35.6 36.4 35.4 35.4* 36.5
87	— 4 1281	6.4	B	5 50 12.62	5	13.14	— 4 4 51.1	5	13.14	12.64*,57*,59*,66,61	52.5* 49.8* 51.3* 51.5 50.5
88	+ 18 1040	7.5	M	5 53 44.24	5	13.14	+ 18 48 45.8	4	13.14	44.24*,28*,20*,24,25	46.1* 44.7* 46.2 46.0
89	— 1 1081	8.4	M	5 54 28.53	5	13.06	— 1 7 4.2	5	13.06	28.58,50,61,40*,55	2.9 4.2 4.2 5.2* 4.2
91	+ 29 1112	6.3	Ma	6 0 45.38	6	13.12	+ 29 31 12.3	6	13.12	45.42,38*,43*,36,35,38	12.5 12.2* 11.4* 12.4 12.9 12.2
90	+ 0 1270	7.0	M	6 0 50.98	5	13.00	+ 0 37 11.6	5	13.00	50.98*,96,99,02*,95*	10.7* 13.4 12.1 11.5* 10.5*
92	+ 18 1129	6.2	B	6 8 23.05	6	12.97	+ 18 42 15.7	6	12.97	23.01*,00*,11,12,00,06	15.0* 15.6* 14.8 16.7 16.4 15.7
93	+ 4 1181	6.4	B	6 11 7.78	6	13.11	+ 4 18 45.0	6	13.11	7.77,76*,82*,80*,74*,82	44.7 45.0* 44.7* 45.7* 45.6* 44.0
94	+ 29 1170	6.9	B	6 13 0.11	7	13.00	+ 29 48 58.4	7	13.00	0.16*,09*,11,10,14,12,04	58.0* 58.2* 57.6 59.2 57.8 59.0 59.0
95	+ 3 1218	7.8	M	6 18 17.40	5	13.09	+ 3 48 17.2	5	13.09	17.38*,36*,49,37,43	17.8* 17.2* 17.0 17.2 16.9
96	+ 3 1221	6.2	B_3	6 18 40.28	5	13.04	+ 3 48 34.5	5	13.04	40.27,27,34,19*,30*	36.2 34.6 35.3 33.6* 32.8*
97	— 4 1510	6.0	B_3	6 22 13.41	2	13.18	— 4 32 41.4	2	13.18	13.41,40	40.9 41.9
98	+ 11 1193	6.4	B	6 24 6.99	4	12.91	+ 11 4 35.2	5	12.93	6.98*,06*,91,00	34.6* 35.4* 35.2 34.8 35.9
99	+ 2 1253	6.4	Ma	6 24 38.92	4	13.11	+ 2 42 15.9	4	13.11	38.86*,93*,94*,94	14.3* 17.0* 16.8* 15.5

100	+ 4 1414	5.8	B	6 39 0.13	4	12.92	+ 4 1 14.2	4	12.92	0.12*,10*,13,18	15.5* 14.0* 13.1 14.3
101	+ 1 1531	6.1	B	6 44 31.12	4	12.92	+ 1 6 5.8	4	12.92	31.08*,20*,07,11	4.3* 5.0* 7.7 6.1
102	+ 17 1479	6.2	M	6 57 18.48	2	12.22	+ 17 55 17.2	2	12.22	18.48*,48*	17.4* 17.1
103	+ 16 1363	6.0	M	6 57 28.80	3	13.16	+ 16 48 5.4	3	13.16	28.82*,78,81	5.8* 5.3 5.0
104	— 3 1804	6.1	Ma	7 9 48.11	3	13.16	— 3 45 0.8	3	13.16	48.14*,08,11	0.7* 1.3 0.4
105	— 10 1933	6.0	B_1	7 10 17.94	1	13.23	— 10 10 1.3	1	13.23		
106	+ 22 1620	7.2	M	7 10 18.08	3	13.01	+ 22 7 13.2	3	13.01	18.07*,09,09	12.6* 14.4 12.6
107	+ 8 1712	6.0	M	7 10 53.06	6	13.13	+ 8 7 54.0	6	13.13	53.00*,10*,08*,99*,10,08	54.4* 54.2* 54.9* 53.8* 53.6 52.8
108	+ 3 1649	6.8	B	7 16 6.24	5	13.06	+ 3 44 46.5	5	13.06	6.23*,27,20*,24,24	45.3* 47.6 46.9* 46.2 46.4
109	+ 15 1564	6.4	B	7 19 26.48	5	13.16	+ 15 41 19.5	5	13.16	26.39*,52,48,47,54	19.0* 18.3 19.0 21.3 19.8
110	— 9 2069	6.6	B	7 24 23.18	5	13.13	— 9 51 47.4	5	13.13	23.18*,20*,16*,14,24	48.4* 47.0* 47.4* 47.8 46.2
111	— 4 1979	6.4	Ma	7 26 30.56	3	13.21	— 5 2 29.2	3	13.21	30.56,62,50	28.6 29.0 29.8
112	+ 8 1800	var.	M	7 27 56.70	2	13.13	+ 8 30 23.4	2	13.13	56.75*,66	23.2* 23.7
113	+ 3 1724	8.0	M	7 30 16.25	2	12.94	+ 3 32 5.9	2	12.94	16.26*,24	5.0* 6.8
114	+ 13 1737	6.1	M	7 36 55.86	5	12.96	+ 13 41 12.5	5	12.96	55.84*,90*,89,85,81*	12.2* 12.4* 13.6 13.0 11.4*
115	— 10 2171	8.6	M	7 38 7.70	2	13.17	— 10 40 19.9	2	13.17	7.70*,71	21.2* 18.6
116	+ 3 1824	6.6	Mb	7 47 30.33	8	13.05	+ 3 30 18.0	8	13.05	30.36*,40*,32,30,24*,33,34,36	16.7* 17.1* 19.0 19.1 16.8* 18.4 18.8 17.8
117	+ 43 1754	7.0	B	7 52 26.38	5	13.02	+ 43 44 26.4	5	13.02	26.40*,40,38,41*,34	26.4* 25.2 26.6 27.3* 26.6
118	+ 13 1811	6.2	Ma	7 54 40.40	5	12.61	+ 13 28 55.7	5	12.61	40.38*,46*,39*,46,32	57,1* 55.9* 55.2* 55.3 55.2
119	— 2 2379	6.2	B	7 56 18.68	5	13.14	— 2 38 23.0	5	13.14	18.70*,70*,68*,66,69	22.6* 22.7* 23.7* 23.2 22.9
120	+ 33 1636	6.6	B	7 58 31.82	4	13.01	+ 33 16 41.8	4	13.01	31.86*,82,80,80	40.8* 41.2 42.2 42.9
121	+ 17 1778	7.5	M	8 4 59.76	8	12.73	+ 17 16 31.9	8	12.73	59.85*,81*,76*,70*,73,74,74,76	31.9* 30.8* 31.6* 31.6* 33.0 32.4 31.8 32.1
122	+ 9 1927	7.1	B_5	8 13 37.15	4	13.02	+ 9 25 30.7	4	13.02	37.12*,14,14,20	31.6* 31.5 29.3 30.4
123	+ 2 1948	7.5	M	8 17 37.26	5	12.51	+ 2 25 58.0	6	12.59	37.25*,31*,23*,32*,20	58.4* 56.7* 57.6* 57.5* 59.7 58.1
124	— 7 2452	6.1	Ma	8 18 36.24	6	13.12	— 7 15 38.4	6	13.12	36.20*,30*,26*,18,24,24	40.8* 38.0* 38.0* 38.6 37.9 37.5
125	+ 13 1995	8.2	M	8 43 54.75	6	13.15	+ 12 55 17.5	6	13.15	54.55*,78*,76*,82,77,83	17.6* 18.4* 17.7* 16.5 17.5 17.4
126	+ 3 2035	var.	M	8 48 58.72	5	13.18	+ 3 24 4.4	5	13.18	58.69*,73,73,74,69	4.2* 4.8 4.9 4.3 4.0

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
127	+ 39° 2193	7.0	M	8 58 10.00	8	12.74	+ 39 5 26.4	7	12.82	10.00*,90*,05*,14*,97,96,99,00	26.1* 27.1* 26.2* 26.0 27.0 25.9 26.6
128	+ 2 2145	6.8	M	9 2 27.28	7	13.12	+ 1 48 59.4	7	13.12	27.23*,38*,24*,31*,28,22,30	60.4* 58.8* 60.0* 59.6* 58.8 59.5 59.1
129	+ 31 1946	var.	M	9 5 20.00	6	12.67	+ 31 19 19.8	6	12.67	19.93*,93*,06*,00,02,03	19.5* 18.7* 19.6 20.7 19.4 20.8
130	+ 57 1214	6.0	M	9 15 16.20	4	13.16	+ 57 4 21.8	4	13.16	16.24*,19,19,17	22.8* 22.1 21.4 21.0
131	+ 0 2499	7.5	M	9 16 5.75	5	12.49	+ 0 33 18.8	4	12.54	5.77*,72*,74,74*,78	18.8* 19.7 17.1* 19.4
132	+ 6 2224	6.3	Ma	9 49 5.75	6	12.78	+ 6 22 23.2	6	12.78	5.67*,83*,70,74,77,79	23.8* 21.8* 24.0* 23.8 23.6 22.3
133	+ 10 2116	7.5	M	10 4 51.62	8	12.67	+ 10 1 28.6	7	12.71	51.51*,60*,69*,71*,62*,58,57,67	28.7* 26.9* 29.0* 28.1 29.2 29.1 29.0
134	+ 42 2108	6.8	M	10 12 1.44	10	12.68	+ 41 54 25.2	7	12.85	1.35*,44*,47*,50*,48*,44*,44,40 .49,45	25.4* 24.5* 24.8* 25.3 25.0 25.8 25.3
135	+ 34 2124	7.4	M	10 19 18.31	10	12.68	+ 34 37 20.8	8	12.77	18.20*,31*,29*,38*,37*,28*,36,29* .36,26	20.6* 19.9* 20.3* 19.9 21.4 20.6* 21.3 22.5
136	— 3 2929	6.1	B	10 24 16.40	5	13.13	— 3 17 31.0	5	13.13	16.41*,37*,40,42,40	31.6* 31.6* 30.5 30.7 30.8
137	+ 42 2131	7.1	M	10 29 58.42	6	12.49	+ 42 21 49.8	3	12.71	58.46*,40*,44*,40*,38*,40	50.6* 49.8* 48.8
138	— 12 3218	5.4	M	10 33 12.54	5	12.81	— 12 55 34.6	4	12.67	12.52*,54*,54,55,56	34.8* 34.3 33.8 35.2
139	+ 43 2045	7.5	M	10 41 48.15	5	12.61	+ 43 29 23.3	2	13.08	48.17*,15*,22*,14,10	23.0 23.6
140	+ 38 2179	6.9	B	10 43 24.16	5	13.13	+ 38 2 5.3	5	13.13	24.16*,18*,14,20,14	5.3* 4.8* 5.8 4.4 6.1
141	— 1 2446	6.2	M	10 44 11.42	4	12.27	— 1 29 40.4	3	12.25	11.32*,49*,41*,46*	40.2* 40.4* 40.5*
142	+ 70 641	7.1	M	10 53 0.89	3	12.30	+ 70 27 35.2	2	12.30	0.83*,85*,00*	35.6* 34.9*
143	+ 37 2162	5.9	M	11 4 28.98	5	12.82	+ 36 47 12.0	4	12.85	28.97*,02*,07*,90,94	12.0* 11.7* 11.6 12.6
144	+ 43 2083	6.0	Mb	11 4 43.18	4	13.10	+ 43 41 5.6	4	13.10	43.16*,17*,20,19	5.8* 5.6* 5.2 5.8
145	+ 9 2494	7.0	M	11 21 44.79	6	12.72	+ 9 8 37.6	5	12.81	44.87*,76*,81*,78*,76,76	38.4* 36.4* 38.2* 37.6 37.7
146	+ 37 2230	6.5	Mb	11 50 41.38	6	12.72	+ 37 14 50.0	5	12.81	41.39*,43*,41*,35*,32,37	50.2* 49.9* 50.2* 50.1 49.7
147	+ 20 2664	6.9	M	11 55 34.48	7	12.78	+ 19 54 36.0	6	12.86	34.56*,48*,48*,47*,45,43,46	35.3* 34.6* 37.6* 36.4 36.2 36.3
148	+ 69 641	8.2	M	12 1 7.70	3	12.30	+ 69 15 13.4	1	12.31	7.70*,71*,68*	
149	— 11 3238	6.7	B	12 2 17.04	4	13.15	— 11 45 1.8	4	13.15	17.06*,02,98,09	1.5* 2.0 1.0 2.5

150	+ 60 1406	var.	M	12 32 23.46	3	12.30	+ 59 58 17.6	2	12.31	23.39,49,51	17.6 17.6	
151	+ 61 1313	var.	M	12 40 5.76	3	12.30	+ 61 34 30.0	2	12.31	5.76,74,79	30.2 29.9	
152	+ 6 2664	var.	M	12 46 38.00	3	12.30	+ 6 1 54.7	4	12.34	38.00,03,96	55.4 54.4 54.6 54.3	
153	+ 47 2003	6.0	Mb	12 50 55.56	1	13.20	+ 47 40 24.9	1	13.20			
154	+ 12 2529	7.3	M	12 51 5.65	4	13.15	+ 11 58 23.4	4	13.15	5.68,58,63,72	24.4 22.6 24.1 22.4	
155	+ 38 2407	6.1	Ma	13 5 35.37	6	12.61	+ 37 53 30.6	6	12.65	35.34,46,34,34,36,38	30.4 30.5 30.2 30.9 30.5 31.0	
156	— 0 2668	7.3	M	13 8 14.63	8	12.64	— 1 17 27.1	3	13.16	14.73,68,66,62,66,60,56,56	27.4 26,9 27.0	
157	+ 37 2404	6.4	Ma	13 19 54.69	9	12.69	+ 37 29 35.2	8	12.80	54.74,72,76,64,64,66,70,66 .70	35.3 34.6 35.0 34.9 35.2 35.3 35.2 36.2	
158	— 6 3837	var.	M	13 28 24.30	3	13.15	— 6 44 32.6	3	13.15	24.35,23,32	33.0 32.4 31.4	
159	+ 9 2785	7.3	M	13 31 28.92	4	12.53	+ 8 44 31.5	4	12.55	28.90,91,96,91	31.9 31.1 32.2 30.9	
160	+ 25 2652	5.9	M	13 32 50.71	9	12.75	+ 25 3 42.6	4	13.15	50.79,70,69,71,71,76,68,67 .69	43.2 42.9 41.8 42.7	
161	+ 16 2564	4.2	M	13 45 14.00	9	12.75	+ 16 14 2.8	7	12.80	14.04,98,06,97,02,00,97,94 .07	2.6 1.9 3.2 3.8 2.5 2.6 2.9	
162	+ 41 2434	6.7	M	13 49 25.04	9	12.75	+ 40 46 18.2	7	12.80	25.09,97,08,08,04,04,06,00 .02	18.7 18.0 17.6 18.6 16.8 18.4 19.4	
163	+ 0 3118	7.5	M	13 55 14.51	7	12.57	+ 0 28 35.2	5	12.67	14.58,52,52,51,51,44,50	33.8 35.2 34.0 36.4 36.7	
164	+ 17 2702	6.9	M	14 2 17.98	9	12.75	+ 17 23 22.0	8	12.75	18.01 96,01,95,95,02,95,95 .97	22.5 21.2 22.2 20.9 22.7 22.2 21.8 22.2	
165	+ 4 2841	6.6	Mb	14 10 26.87	8	12.63	+ 3 44 47.4	7	12.68	26.94,84,88,88,90,86,84,83	47.0 47.2 47.4 46.6 47.8 48.1 48.0	
166	+ 26 2563	8.0	M	14 20 14.29	8	12.77	+ 26 6 13.0	8	12.77	14.35,30,28,26,26,30,29,28	12.6 12.8 12.4 12.8 12.0 13.0 12.9 15.2	
167	— 6 4025	7.8	M	14 28 42.27	4	12.96	— 6 32 54.0	3	13.18	42.34,25,22,28	55.1 54.2 53.0	
168	+ 27 2400	var.	M	14 33 18.78	5	12.33	+ 27 7			18.77,75,79,84,78		
169	+ 38 2578	7.0	M	14 36 28.45	8	12.65	+ 38 29 17.0	5	12.83	28.42,40,49,50,46,46,42,46	16.8 16.9 16.7 16.5 18.4	
170	— 0 2867	6.0	M	14 40 39.97	5	12.64	— 1 2 46.4	2	13.16	40.04,95,99,90,98	46.6 46.1	
171	+ 15 2758	6.0	M	14 41 57.16	4	12.57	+ 15 30 4.5	1	13.23	57.10,19,21,16		
172	+ 7 2865	7.5	M	14 51 2.27	5	12.64	+ 7 8 29.1	5	12.64	2.36,29,24,24,23	28.3 29.3 28.8 29.3 29.9	
173	+ 14 2812	7.0	M	14 54 6.68	5	12.33	+ 14 23 21.6	1	12.35	6.68,68,61,71,72		
174	+ 5 2954	6.2	M	14 54 59.47	3	13.17	+ 4 55 6.1	3	13.17	59.46,47,48	5.9 5.6 6.8	

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
175	+ 2°2915	7.1	M	15 2 40.21	8	12.65	+ 2 42 6.8	5	12.84	40.22*,26*,20*,24*,26,15,17,19	7.1* 5.6* 7.7 6.8 7.2
176	+ 66 890	6.5	M	15 7 1.64	5	12.33	+ 66 7 21.8	1	12.31	1.62*,58*,63*,68*,72	
177	— 1 3041	8.0	M	15 10 23.89	4	12.51	— 2 5 14.4	3	12.62	23.88*,97*,90*,82	14.4* 15.1* 13.8
178	+ 31 2725	var.	M	15 17 48.83	3	12.32	+ 31 40 59.7	3	12.34	48.80*,79*,90*	60.0* 59.3* 59.8*
179	+ 9 3031	7.5	M	15 19 44.15	7	12.65	+ 9 13 2.1	3	13.17	44.15*,16*,13*,19*,22,13,10	2.3 1.9 2.1
180	+ 24 2901	7.4	M	15 34 30.02	4	12.51	+ 24 48 34 3	4	12.52	30.02*,02*,04*,98	34.6* 36.0* 32.8 34.8
181	+ 47 2255	6.7	M	15 36 11.34	5	12.86	+ 47 12 43.8	3	13.20	11.40*,34,30,37,30	43.2 43.0 45.3
182	— 0 3011	7.5	M	15 44 21.22	8	12.65	— 0 43 54.6	5	12.84	21.26*,27*,16*,23*,29,14,18,18	55.7* 55.1* 54.5 54.0 53.4
183	+ 15 2918	var.	M	15 46 38.33	5	12.33	+ 15 22 59.3	1	12.39	38.35*,36*,29*,30,36	
184	+ 9 3153	7.5	M	16 4 22.08	1	13.16	+ 8 50 47.6	3	12.63		47.8* 47.1 47.9
185	+ 19 3072	6.8	M	16 8 57.70	3	12.58	+ 19 19 34.0	2	12.77	57.76*,69*,65	33.2 34.9
186	+ 19 3077	7.2	M	16 13 3.24	5	12.66	+ 19 3 46.0	2	13.20	3.25*,29*,22*,24,24	46.3 45.6
187	+ 3 3199	6.8	M	16 23 7.40	5	12.87	+ 3 4 3.7	5	12.87	7.33*,45,36,45,38	3.9* 3.2 4.2 3.4 3.8
188	+ 49 2530	7.3	M	16 36 8.45	3	12.66	+ 49 2 8.0	3	12.66	8.52*,43,39	9.0* 6.9 8.2
189	+ 42 2749	6.1	M	16 44 30.82	3	12.66	+ 42 23 42.0	4	12.60	30.86*,84,76	42.6* 39.9 42.0 43.4
190	+ 1 3408	5.8	B	17 12 3.82	3	12.42	+ 1 18 27.9	3	12.35	3.86*,91,68	28.1* 28.9 26.6
191	+ 2 3296	7.0	M	17 15 20.40	2	12.37	+ 2 14 43.8	1	12.48	20.41*,39	
192	+ 16 3163	6.6	Ma	17 17 37.92	4	12.45	+ 16 49 2.8	4	12.35	37.97*,90,92*,91	3.5* 2.8 2.2 2.5
193	+ 17 3241	6.3	M	17 21 59.38	4	12.44	+ 16 59 38.8	3	12.50	59.51*,36,29*,37*	38.4 38.2* 39.7*
194	+ 8 3418	7.3	M	17 23 30.87	5	12.47	+ 8 30 58.2	5	12.45	30.99*,93,84*,78,82	59.1* 58.0 59.5* 58.0 56.4
195	+ 19 3338	6.5	M	17 27 29.76	4	12.53	+ 19 35 18.4	4	12.53	29.78*,76,73,76	17.9 17.3* 19.4 19.1
196	+ 14 3279	6.7	M	17 29 43.18	4	12.44	+ 14 54 13.8	4	12.44	43.23*,18*,18*,15*	13 7* 12.4 14.9* 14.4*
197	— 2 4425	6.4	Ma	17 35 37.19	4	12.44	— 2 6 17.6	5	12.45	37.24*,30,10*,19*	17.9* 18.4 18.2 17.4* 16.2*
198	+ 31 3075	6.5	M	17 36 38.09	5	12.53	+ 31 14 54.1	5	12.53	38.11*,08*,10*,06,12	53.8* 53.7* 54.2* 54.2 54.7
199	+ 20 3578	7.2	M	17 45 48.16	2	12.37	+ 20 39 49.9	3	12.41	48.21*,12	50.7* 49.4 49.6

200	— 1 3413	7.8	M	17 47 48.98	3	12.53	— 1 24 31.7	3	12.53	48.96,99,99		31.1 31.4 32.6
201	+ 0 3820	8.7	M	17 52 50.59	2	12.54	+ 0 12 21.9	2	12.54	50.54,68* [1]	[1] Gewicht ½	22.1 21.6*
202	— 1 3426	8.4	M	17 53 12.36	3	12.53	— 1 45 20.0	3	12.53	12.38,31,39		19.9 19.8 20.5
203	+ 14 3387	7.3	M	17 57 6.34	2	12.54	+ 14 7 18.6	2	12.54	6.26,42*		18.5 18.8*
204	+ 19 3509	7.0	M	17 59 31.80	2	12.53	+ 19 33 10.2	2	12.53	31.86,74		10.4 10.1
205	+ 43 2890	8.0	M	18 4 8.64	3	12.53	+ 43 26 26.0	3	12.53	8.64,70,58		25.8 25.6 26.6
206	+ 2 3547	6.3	M	18 11 39.99	3	12.52	+ 2 20 54.4	4	12.48	39.94*,02*,01*		55.3 54.8 54.2* 53.3*
207	+ 23 3299	6.7	Ma	18 14 27.64	6	12.54	+ 23 15 45.2	5	12.54	27.63*,66,61,64,66*,62*		45.4 44.6 45.6 45.5* 44.6*
208	— 14 5099	5.8	M	18 27 41.83	3	12.53	— 14 55 47.4	4	12.52	41,84*,83,82		47.8 49.3* 46.0 46.4
209	+ 30 3227	6.4	B_8	18 30 2.16	6	12.53	+ 30 49 27.9	6	12.53	2.24*,12*,20*,18,07,16		29.1* 28.6* 27.8* 26.8 27.1 28.2
210	+ 8 3780	var.	Md	18 34 8.60	2	12.53	+ 8 45 23.2	2	12.53	8.60,60		22.6 23.8
211	+ 39 3476	6.5	M	18 35 12.12	3	12.51	+ 39 35 24.6	4	12.50	12.10*,18*,08*		25.3 24.6* 24.6* 23.8*
212	— 1 3544	8.2	M	18 37 56.66	4	12.54	— 1 23 29.5	4	12.54	56.62,64,63,74*		28.8 29.8 28.8 30.5*
213	+ 40 3512	6.8	M	18 50 27.57	5	12.52	+ 40 53 4.5	5	12.52	27.61*,55*,60*,55,54		5.4* 3.8* 4.8* 3.8 4.8
214	+ 40 3544	6.9	M	18 55 53.87	6	12.52	+ 40 33 28.5	3	12.50	53.92*,87*,84*,86*,89,83		29.7* 28.1* 27.6
215	+ 22 3549	6.4	M	18 56 15.44	4	12.54	+ 22 41 29.2	4	12.54	15.38*,48,47*,44*		28.5* 30.8 29.1* 28.4*
216	+ 40 3555	6.8	Ma_5	18 57 26.14	6	12.53	+ 40 33 35.3	5	12.52	26.15*,17*,11,20,16,07		34.7* 35.5* 35.7 35.2 35.2
217	+ 29 3472	6.6	Ma	19 2 21.51	2	12.58	+ 29 47 11.6	2	12.58	21.52*,50		11.6* 11.5
218	+ 1 3899	7.5	M	19 3 45.71	4	12.53	+ 1 9 35.4	4	12.53	45.72*,72*,71,70		36.3* 35.1* 35.0 35.1
219	+ 18 4011	6.3	M	19 11 40.16	5	12.53	+ 18 21 41.8	5	12.53	40.17*,16*,18*,14,18		40.9* 42.0* 42.0* 42.0 42.2
220	— 1 3702	8.6	M	19 13 29.92	5	12.54	— 1 10 3.9	5	12.54	29.87,87,92,04*,91*		4.4 4.8 3.3 4.0* 3.0*
221	+ 2 3904	6.9	M	19 25 45.37	3	12.53	+ 2 43 13.5	3	12.53	45.34*,38,38		13.6* 13.3 13.7
222	+ 3 4043	6.3	B	19 26 8.99	1	12.67	+ 3 15 37.0	1	12.67			
223	+ 29 3628	8.1	M	19 28 28.51	4	12.57	+ 29 59 59.4	4	12.57	28.53,52*,54*,45		60.2 59.4* 59.5* 58.6
224	+ 4 4152	7.2	M	19 28 46.66	2	12.54	+ 4 50 24.5	2	12.54	46.68,64		24.5 24.5
225	+ 48 2914	6.5	M	19 31 16.28	3	12.53	+ 49 4 11.5	3	12.53	16.15*,31,37		12.3* 10.7 11.4
226	+ 13 4098	5.8	B_3	19 37 1.10	5	12.52	+ 13 36 39.0	5	12.52	1.16*,10* 11* 09,05		39.2* 38.8* 38.4* 39.1 39.6
227	+ 42 3419	6.4	Ma	19 37 50.15	4	12.56	+ 42 52 19.2	4	12.56	50.16*,14,16,14		19.2* 18.1 19.4 20.2

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
228	+ 4° 4210	7.5	M	19 40 10.17	3	12.55	+ 4 46 3.4	3	12.55	10.15,20*,15*	3.6 3.2* 3.3*
229	+ 34 3691	6.8	Ma	19 41 20.00	1	12.52	+ 34 12 4.7	1	12.52		
230	+ 40 3866	6.4	M	19 41 49.87	5	12.53	+ 40 30 13.6	4	12.53	49.84*,90*,89*,83,89	14.2* 13.4* 13.6 13.4
231	+ 26 3674	var.	M	19 44 47.37	2	12.54	+ 27 4 0.7	2	12.54	47.42,32*	0.2 1.2*
232	+ 33 3602	6.3	B_5	19 45 29.14	2	11.62	+ 33 12 59.2	4	11.63	29.13*,15*	59.6* 59.9* 58.9* 58.4*
233	+ 7 4252	6.4	B_8	19 46 1.32	2	12.52	+ 7 40 48.2	2	12.52	1.30*,34*	48.9* 47.5*
234	+ 37 3636	6.4	Ma	19 47 37.18	5	12.57	+ 37 36 4.6	5	12.57	37.22*,14*,22*,16,15	4.0* 4.4* 4.0 5.0 4.9
235	+ 35 3878	6.0	B_3	19 53 28.93	7	11.78	+ 36 0 52.5	6	11.78	28.86*,97*,92*,96*,88*,93*,96*	52.0* 51.8* 52.8* 52.6* 51.8* 53.8*
236	+ 37 3703	6.3	B_5	19 55 23.92	3	11.68	+ 37 51 57.9	5	11.69	23.92*,96*,89*	59.0* 56.4* 58.4* 57.6* 58.1*
237	+ 17 4185	7.5	M	19 56 10.04	3	12.51	+ 17 22 9.2	3	12.51	10.06*,04*,02*	9.6* 8.8* 9.4*
238	+ 36 3820	6.4	B_8	19 58 1.27	4	11.63	+ 37 51 11.3	4	11.63	1.21*,34*,26*,27*	11.6* 11.6* 11.4* 10.7*
239	+ 15 4040	6.6	Map	20 1 23.63	5	12.58	+ 15 14 55.6	5	12.58	23.60*,66*,59*,66,65	55.1* 55.7* 54.5* 56.8 56.2
240	+ 67 1226	6.6	M	20 4 30.76	1	12.75	+ 67 46 25.2	1	12.75		
241	+ 21 4088	6.1	B	20 7 30.18	7	11.94	+ 21 36 46.7	6	11.99	30.18*,20*,12*,18*,20*,20,16	47.3* 46.9* 47.0* 45.9* 46.5 46.5
242	+ 42 3670	6.5	M	20 14 28.23	2	12.52	+ 42 26 53.0	2	12.52	28.21*,25*	53.4* 52.7*
243	+ 33 3846	7.8	M	20 14 29.60	5	12.57	+ 33 48 57.8	5	12.57	29.64*,57*,56*,64,62	58.0* 57.7* 57.7* 58.4 57.3
244	+ 72 945	7.0	M	20 15 34.76	3	12.73	+ 72 19 56.5	3	12.73	34.72*,86*,70*	56.2* 57.0* 56.4*
245	+ 45 3139	6.3	B_8	20 16 0.45	2	11.69	+ 46 2 44.2	2	11.66	0.48*,41*	44.4* 44.0*
246	— 0 3991	7.3	M	20 18 47.77	2	12.62	— 0 44 7.2	2	12.62	47.76*,78	6.7* 7.7
247	+ 9 4526	6.5	M	20 21 30.14	1	12.67	+ 9 46 9.7	1	12.67		
248	+ 18 4525	7.4	M	20 28 8.60	5	12.53	+ 18 19 45.5	5	12.53	8.58*,64*,61,61,54	46.2* 45.5* 44.5 45.8 45.8
249	+ 20 4629	6.3	B	20 30 14.72	8	11.90	+ 20 40 59.7	8	11.90	14.72*,73*,63*,69*,73*,75*,74,73	59.6* 60.2* 60.0* 59.6* 59.2* 59.4* 59.8 59.6
250	+ 16 4315	7.0	M	20 32 12.87	4	12.54	+ 16 30 32.5	4	12.54	12.90,90,87*,82*	31.8 32.4 33.0* 32.7*
251	+ 0 4558	8.3	M	20 33 47.31	3	12.62	+ 0 42 28.8	3	12.62	47.34*,26,33	28.2* 29.3 28.8
252	+ 17 4370	6.3	M	20 33 53.91	5	12.53	+ 17 57 32.6	5	12.53	53.86*,94*,94,92,88	33.5* 32.1* 31.0 33.5 33.1

253	+ 34 4127	6.5	B	20 38 55.48	7	12.46	+ 35 8 25.3	7	12.46	55.51,40,53,46,45,53,43	25.8 24.1 24.8 26.4 24.4 26.5 25.3
254	+ 56 2477	6.4	B_3	20 41 0.64	2	11.72	+ 56 47 44.3	3	11.71	0.68,60	44.8 43.6 44.4
255	+ 17 4401	var.	Md	20 41 26.46	5	12.54	+ 17 46 11.3	5	12.54	26.50,48,43,39,52	11.2 11.8 11.5 11.4 10.9
256	+ 55 2462	6.2	Ma	20 42 5.14	3	12.73	+ 56 10 5.5	3	12.73	5.16,19,07	5.4 5.8 5.3
257	+ 25 4375	7.0	B	20 44 0.28	4	12.70	+ 25 51 12.5	4	12.70	0.24,30,32,25	12.7 13.4 12.2 11.8
258	— 1 4057	6.8	M	20 44 45.83	5	12.56	— 0 53 20.7	5	12.56	45.79,86,84,84,84	21.4 20.6 21.1 20.9 19.4
259	+ 40 4354	6.5	B_8	20 51 5.03	6	11.95	+ 40 22 3.4	6	11.95	5.01,02,95,07,08,04	3.5 2.2 3.6 4.3 2.8 3.8
260	+ 50 3232	6.3	B_8	20 53 26.86	4	12.74	+ 50 44 11.1	4	12.74	26.78,90,89,89	10.9 11.0 11.7 10.8
261	— 1 4095	6.3	B_8	20 58 27.54	4	12.33	— 1 16 20.6	5	12.21	27.56,56,51,52	20.5 22.2 20.4 20.5 19.5
262	+ 15 4317	6.9	M	20 58 40.18	5	12.62	+ 15 37 11.2	5	12.62	40.26,14,20,16,16	11.4 11.1 12.2 10.5 10.8
263	+ 44 3679	6.8	M	20 59 15.56	3	12.73	+ 44 26 35.4	3	12.73	15.51,60,59	35.0 35.3 35.8
264	+ 45 3374	6.2	B_8	20 59 42.86	4	11.81	+ 45 30 0.6	4	11.81	42.92,82,84,84	60.0 61.4 60.8 60.2
265	— 0 4163	7.2	M	21 3 1.98	1	12.77	— 0 31 2.2	1	12.77		
266	+ 6 4754	6.4	M	21 4 7.36	5	12.54	+ 6 38 0.1	6	12.54	7.29,37,40,41,36	0.0 59.7 0.0 0.0 0.1 0.8
267	+ 67 1291	var.	M	21 8 22.68	2	12.76	+ 68 7 56.0	2	12.76	22.68,68	55.7 56.2
268	+ 47 3348	6.3	B_5	21 12 32.59	5	11.77	+ 47 36 23.9	3	11.80	32.56,60,62,62,56	23.1 24.6 24.0
269	+ 17 4546	7.3	M	21 14 18.93	6	12.65	+ 17 21 2.6	6	12.65	18.91,90,94,88,01,94	2.8 3.8 1.6 1.6 2.1 3.4
270	+ 48 3348	8.2	M	21 17 16.34	3	12.75	+ 48 58 43.0	3	12.75	16.37,26,39	42.9 42.8 43.2
271	+ 7 4696	6.7	Ma	21 24 4.60	5	12.57	+ 7 48 44.7	5	12.57	4.64,60,60,60,54	45.1 44.4 44.9 44.7 44.4
273	+ 21 4555	6.2	M	21 24 58.48	5	12.71	+ 21 47 40.3	5	12.71	58.46,54,40,48,53	39.5 39.8 40.0 40.1 42.1
272	+ 59 2383	6.4	M	21 24 59.51	3	12.74	+ 59 22 0.1	3	12.74	59.57,54,41	1.0 59.8 59.6
274	+ 44 3877	var.	Mc	21 32 41.74	5	12.71	+ 44 58 48.7	5	12.71	41.69,76,71,72,83	48.0 48.8 49.2 49.0 48.4
275	+ 19 4793	6.2	B	21 45 20.10	10	12.17	+ 20 3 7.5	10	12.17	20.08,14,03,11,14,12,11,18	7.6 8.0 5.4 6.8 7.5 9.1
										.12,08	7.6 7.8 7.4 7.4
276	+ 20 5027	7.0	Ma	21 48 11.90	3	12.63	+ 20 51 32.3	3	12.63	11.89,90,92	32.6 32.2 32.1
277	+ 23 4442	7.5	M	21 55 45.50	4	12.62	+ 23 31 9.8	4	12.62	45.50,50,44,56	10.1 9.3 9.9 9.8
278	+ 62 2010	6.2	Mb	21 56 17.83	4	12.74	+ 62 16 32.8	4	12.74	17.87,83,82,79	33.2 32.7 33.4 32.0
279	+ 61 2233	6.5	B	21 58 1.27	1	11.70	+ 62 3 51.2	2	11.70		51.2 51.2

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1912.0	n	Ep. 1900+	δ 1912.0	n	Ep. 1900+	Einzelwerte α	Einzelwerte δ
				h m s			° ′ ″			s	″
280	+ 4° 4791	7.3	M	21 58 59.60	3	12.73	+ 5° 0′ 54.8″	3	12.73	59.60,64,55	54.2 54.8 55.4
281	+ 46 3574	6.3	Ma	22 1 46.64	4	12.74	+ 46 19 1.5	4	12.74	46.58,67,72,60	1.4 1.4 2.0 1.3
282	+ 17 4693	6.4	M	22 3 17.42	5	12.69	+ 17 34 17.9	5	12.69	17.42,40,42,43,42	16.8 19.3 18.6 17.2 17.8
283	— 0 4322	7.4	M	22 8 49.65	6	12.71	— 0 11 36.7	6	12.71	49.58,60,68,63,71,68	36.8 36.2 36.8 37.6 37.2 35.8
284	+ 62 2048	6.1	Ma	22 9 37.95	4	12.74	+ 62 51 20.5	4	12.74	37.98,08,86,89	20.7 20.0 21.3 20.1
285	+ 4 4837	7.8	M	22 13 3.75	5	12.68	+ 4 42 16.4	5	12.68	3.76,72,72,78,76	16.2 15.1 17.4 15.7 17.4
286	+ 14 4786	6.6	B	22 17 48.35	8	12.46	+ 15 12 28.3	8	12.46	48.41,32,34,36,37,30,38,35	27.8 28.3 27.8 27.8 29.6 28.6 28.4 28.0
287	— 0 4383	7.5	M	22 30 5.90	4	12.70	+ 0 8 32.9	4	12.70	5.86,88,90,94	32.8 34.0 31.5 33.4
288	+ 34 4729	6.5	Ma	22 32 48.60	4	12.75	+ 35 11 44.8	5	12.75	48.55,60,67,60	45.3 44.8 43.9 44.6 45.7
289	+ 16 4833	6.5	Mb	22 50 15.30	6	12.73	+ 16 28 23.8	7	12.73	15.23,31,30,32,30,35	22.5 24.7 24.0 23.7 24.0 24.6 23.2
290	+ 0 4955	8.5	M	22 56 46.39	4	12.77	+ 0 36 43.5	4	12.77	46.37,43,38,39	43.0 42.1 44.9 43.9
291	+ 59 2629	6.8	B_2	22 58 46.08	4	12.74	+ 59 22 45.5	4	12.74	46.10,24,08,90	46.4 45.2 45.7 44.6
292	+ 58 2546	6.3	B_2	23 3 27.14	5	12.34	+ 59 15 4.7	6	12.40	27.25,17,22,10,98	5.1 4.6 4.8 4.6 4.8 4.3
293	+ 4 4975	7.1	M	23 6 45.71	7	12.75	+ 4 31 35.5	7	12.75	45.64,65,72,81,73,76,69	36.2 35.8 36.0 34.1 35.6 35.6 35.2
294	+ 60 2521	6.7	B	23 16 8.70	6	12.40	+ 60 40 5.2	6	12.40	8.71,76,72,80,62,59	4.9 5.3 5.0 5.4 5.1 5.5
295	— 0 4509	6.7	M	23 19 1.09	4	12.88	— 0 11 31.0	4	12.88	1.06,11,08,09	30.4 31.3 30.8 31.6
296	+ 40 5065	6.5	M	23 19 55.50	1	12.63	+ 41 7 47.8	1	12.63		
297	+ 20 5352	6.3	M	23 29 30.48	2	12.78	+ 20 21 18.2	3	12.78	30.52,45	18.0 19.0 17.5
298	+ 63 2038	6.8	Ma	23 38 11.25	4	12.74	+ 64 1 38.4	5	12.75	11.20,32,22,27	39.4 38.2 38.4 38.6 37.5
299	+ 65 1943	5.9	B_3	23 42 24.48	4	12.74	+ 66 17 36.4	5	12.75	24.35,54,55,50	36.9 36.0 35.9 37.0 36.3
300	+ 56 3115	6.0	Bp	23 51 8.75	6	12.40	+ 56 55 20.5	6	12.22	8.80,74,78,86,68,63	20.8 20.3 20.4 20.8 20.3 20.5
301	+ 14 5074	7.2	M	23 51 24.58	4	12.83	+ 14 44 26.3	5	12.82	24.62,66,50,56	26.4 25.1 27.5 26.2 26.2
302	+ 31 5012	6.4	B	23 54 19.86	2	12.20	+ 31 53 30.3	2	12.25	19.93,79	31.0 29.6
303	— 1 4515	7.3	M	23 55 40.82	3	12.80	— 0 51 0.2	4	12.80	40.82,80,84	0.8 0.9 59.0 0.4
304	+ 59 2810	7.8	M	23 56 46.22	4	12.74	+ 59 51 55.8	4	12.74	46.26,28,23,10	56.8 55.6 56.4 54.5

Positionen, bezogen auf 1925.0.

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0	No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0
	°			h m s	° ′ ″		°			h m s	° ′ ″
1	— 0 6	7.3	M	0 5 1.70	+ 0 16 29.4	40	+ 47 846	6.8	B_8	3 26 15.33	+ 47 36 26.4
2	+ 36 12	6.6	B_3	0 8 56.12	+ 37 16 35.6	41	+ 44 734	6.3	B	3 27 29.74	+ 44 36 6.4
3	+ 37 58	var.	Md	0 20 3.96	+ 38 9 42.6	42	+ 46 773	6.8	B_8	3 30 41.70	+ 46 50 31.3
4	+ 23 126	6.4	Ma	0 51 13.61	+ 24 9 4.6	43	+ 18 507	7.0	M	3 31 0.56	+ 18 39 16.4
5	+ 52 262	6.3	M	1 2 41.12	+ 53 5 50.0	44	+ 14 598	8.8	M	3 38 0.30	+ 14 33 10.6
6	+ 14 175	6.4	M	1 6 12.70	+ 15 16 29.4	45	+ 53 698	8.0	M	3 40 22.68	+ 53 40 13.7
7	+ 27 196	6.6	Ma	1 9 57.32	+ 28 8 2.0	46	+ 33 717	6.4	B_3	3 43 6.96	+ 33 22 7.0
8	+ 42 288	6.6	B	1 17 49.65	+ 43 11 31.7	47	+ 23 563	6.1	B_8	3 45 16.26	+ 23 29 4.6
9	+ 19 226	6.0	M	1 19 21.60	+ 20 4 39.8	48	+ 1 685	7.4	M	3 54 28.80	+ 1 13 52.7
10	+ 50 282	8.6	M	1 24 1.51	+ 51 17 28.4	49	+ 9 543	6.5	M	4 4 36.18	+ 9 54 7.4
11	+ 34 265	6.3	B	1 27 50.68	+ 34 24 50.5	50	+ 15 630	8.7	M	4 24 3.09	+ 16 8 7.2
12	+ 44 354	6.5	Ma	1 38 41.92	+ 44 56 40.6	51	+ 16 625	7.0	M	4 30 43.26	+ 17 2 47.3
13	+ 49 445	7.8	M	1 39 5.51	+ 50 14 10.7	52	+ 40 1032	6.1	B_8	4 39 1.20	+ 40 38 49.4
14	+ 8 292	7.0	M	1 50 24.48	+ 8 24 44.5	53	+ 0 834	7.3	B	4 40 51.12	+ 0 25 50.0
15	+ 69 123	8.0	M	1 50 30.23	+ 69 50 11.5	54	+ 51 980	8.5	M	4 45 12.75	+ 52 6 30.9
16	+ 27 310	6.0	Ma	1 53 26.85	+ 27 26 23.3	55	+ 51 996	8.0	B	4 49 44.78	+ 51 42 50.2
17	+ 54 444	7.9	M	1 58 6.86	+ 54 52 17.4	56	+ 35 930	6.2	B_8p	4 51 19.51	+ 36 2 58.9
18	+ 12 271	6.3	Mb	1 58 32.70	+ 13 6 56.4	57	+ 1 886	6.2	B_3	4 58 6.94	+ 1 30 1.8
19	+ 7 324	6.7	Mb	2 2 14.50	+ 7 53 25.7	58	+ 46 979	7.6	B	5 8 14.34	+ 46 53 16.8
20	+ 25 349	6.0	B_8	2 2 33.85	+ 25 20 50.0	59	— 0 890	7.0	M	5 10 47.45	— 0 38 55.0
21	+ 65 241	8.7	M	2 8 58.48	+ 66 8 56.0	60	+ 33 1002	6.1	B_9	5 13 22.68	+ 33 41 17.0
22	+ 43 461[a]	var.	Md	2 12 48.43	+ 43 57 29.0	61	— 1 859	6.4	B_8	5 15 47.29	— 1 29 19.2
23	— 0 361[a]	var.	M	2 22 12.19	— 0 30 58.2	62	+ 3 857	6.4	B_3	5 17 21.98	+ 3 56 18.8
24	+ 33 470	var.	Md	2 32 29.24	+ 33 56 18.9	63	+ 2 947	6.3	B_3	5 20 41.61	+ 2 17 7.8
25	+ 11 365	7.3	M	2 33 41.54	+ 11 56 40.4	64	+ 0 1056	6.0	B	5 21 55.72	+ 0 27 16.4
26	+ 2 406	7.2	M	2 34 42.42	+ 3 7 9.6	65	+ 3 903	6.6	B	5 23 11.20	+ 3 47 32.0
27	+ 5 377	8.0	M	2 37 10.66	+ 5 45 3.5	66	— 2 1250	6.6	B	5 23 12.86	— 2 25 26.0
28	+ 44 591	7.8	M	2 46 45.46	+ 44 45 2.9	67	— 7 1092	6.5	B	5 25 47.59	— 7 19 9.9
29	+ 15 397	8.3	M	2 47 42.04	+ 16 11 24.0	68	— 7 1099	6.2	B	5 26 43.30	— 7 29 31.0
30	+ 19 432	6.8	M	2 50 1.64	+ 20 15 39.9	69	— 1 939	6.5	B_3	5 29 19.88	— 1 46 9.4
31	+ 3 410	6.3	Mb	2 53 8.68	+ 4 11 56.0	70	— 1 949	6.2	B_3	5 30 15.24	— 1 5 9.2
32	— 1 419	7.5	M	2 53 21.04	— 0 52 34.7	71	— 4 1171	8.0	B	5 30 49.85	— 4 32 13.4
33	+ 37 675	5.9	B	2 55 26.48	+ 37 50 3.4	72	— 4 1179	8.0	B	5 31 22.47	— 4 46 48.3
34	— 3 478	6.8	M	2 57 4.08	— 3 10 32.2	73	— 4 1183	6.5	B	5 31 39.28	— 4 33 31.6
35	+ 41 631	6.0	B	3 7 11.92	+ 42 5 37.4	74	— 4 1190	7.1	B	5 32 23.48	— 4 28 21.6
36	+ 28 526	7.0	B	3 20 16.21	+ 28 23 20.8	75	— 4 1196	6.3	B_1	5 34 11.30	— 4 51 26.6
37	+ 71 201	6.5	M	3 22 30.74	+ 71 36 16.2	76	— 1 987	6.7	B	5 34 25.38	— 1 12 44.3
38	— 0 546	7.3	M	3 22 58.74	— 0 14 7.4	77	— 6 1275	5.9	B	5 34 59.00	— 6 36 57.5
39	+ 43 732	7.2	B	3 23 28.00	+ 43 29 37.4	78	+ 31 1049	6.7	Ma	5 35 49.42	+ 31 52 51.3

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0	No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0
	°			h m s	° ′ ″		°			h m s	° ′ ″
79	+ 2 1040	6.6	B	5 38 23.08	+ 2 19 52.2	119	— 2 2379	6.2	B	7 56 57.92	— 2 40 30.0
80	+ 23 1015	6.1	B	5 38 46.20	+ 23 10 12.9	120	+ 33 1636	6.6	B	7 59 21.66	+ 33 14 32.6
81	+ 18 950	7.5	M	5 40 47.24	+ 18 40 25.0	121	+ 17 1778	7.5	M	8 5 44.32	+ 17 14 16.4
82	+ 3 1041	7.5	M	5 44 18.00	+ 3 52 32.4	122	+ 9 1927	7.1	B_5	8 14 19.50	+ 9 23 6.9
83	+ 32 1109	6.4	Ma	5 46 32.40	+ 32 6 16.6	123	+ 2 1948	7.5	M	8 18 17.81	+ 2 23 30.4
84	+ 33 1179	6.4	Ma	5 47 42.17	+ 33 53 57.7	124	— 7 2452	6.1	Ma	8 19 14.36	— 7 18 6.9
85	+ 3 1071	6.3	M	5 50 19.29	+ 3 12 46.0	125	+ 13 1995	8.2	M	8 44 37.69	+ 12 52 26.3
86	— 1 1059	8.2	M	5 50 33.95	— 1 5 24.8	126	+ 3 2035	var.	M	8 49 39.42	+ 3 21 9.0
87	— 4 1281	6.4	B	5 50 51.32	— 4 4 40.4	127	+ 39 2193	7.0	M	8 58 59.98	+ 39 2 23.3
88	+ 18 1040	7.5	M	5 54 30.10	+ 18 48 52.4	128	+ 2 2145	6.8	M	9 3 7.60	+ 1 45 53.0
89	— 1 1081	8.4	M	5 55 8.14	— 1 6 58.2	129	+ 31 1946	var.	M	9 6 7.22	+ 31 16 11.0
90	+ 0 1270	7.0	M	6 1 31.11	+ 0 37 10.2	130	+ 57 1214	6.0	M	9 16 13.74	+ 57 1 5.4
91	+ 29 1112	6.3	Ma	6 1 35.16	+ 29 31 11.0	131	+ 0 2499	7.5	M	9 16 45.80	+ 0 30 1.8
92	+ 18 1129	6.2	B	6 9 8.88	+ 18 42 5.8	132	+ 6 2224	6.3	Ma	9 49 46.74	+ 6 18 43.8
93	+ 4 1181	6.4	B	6 11 49.04	+ 4 18 31.9	133	+ 10 2116	7.5	M	10 5 33.04	+ 9 57 40.0
94	+ 29 1170	6.9	B	6 13 50.00	+ 29 48 43.2	134	+ 42 2108	6.8	M	10 12 48.44	+ 41 50 32.8
95	+ 3 1218	7.8	M	6 18 58.50	+ 3 47 56.0	135	+ 34 2124	7.4	M	10 20 3.33	+ 34 33 24.8
96	+ 3 1221	6.2	B_3	6 19 21.37	+ 3 48 12.9	136	— 3 2929	6.1	B	10 24 55.94	— 3 21 29.4
97	— 4 1510	6.0	B_3	6 22 51.98	— 4 33 7.0	137	+ 42 2131	7.1	M	10 30 44.40	+ 42 17 48.8
98	+ 11 1193	6.4	B	6 24 50.32	+ 11 4 7.4	138	— 12 3218	5.4	M	10 33 51.01	— 12 59 36.8
99	+ 2 1253	6.4	Ma	6 25 19.68	+ 2 41 47.6	139	+ 43 2045	7.5	M	10 42 33.58	+ 43 25 17.6
100	+ 4 1414	5.8	B	6 39 41.28	+ 4 0 29.8	140	+ 38 2179	6.9	B	10 44 8.54	+ 37 57 59.0
101	+ 1 1531	6.1	B	6 45 11.38	+ 1 5 15.2	141	— 1 2446	6.2	M	10 44 51.22	— 1 33 47.0
102	+ 17 1479	6.2	M	6 58 3.86	+ 17 54 12.4	142	+ 70 641	7.1	M	10 53 54.82	+ 70 23 25.6
103	+ 16 1363	6.0	M	6 58 13.82	+ 16 47 0.3	143	+ 37 2162	5.9	M	11 5 12.02	+ 36 42 58.9
104	— 3 1804	6.1	Ma	7 10 26.96	— 3 46 19.3	144	+ 43 2083	6.0	Mb	11 5 27.06	+ 43 36 52.4
105	— 10 1933	6.0	B_1	7 10 54.92	— 10 11 20.3	145	+ 9 2494	7.0	M	11 22 25.20	+ 9 4 20.6
106	+ 22 1620	7.2	M	7 11 4.76	+ 22 5 54.1	146	+ 37 2230	6.5	Mb	11 51 21.84	+ 37 10 29.6
107	+ 8 1712	6.0	M	7 11 35.36	+ 8 6 34.2	147	+ 20 2664	6.9	M	11 56 14.53	+ 19 50 15.5
108	+ 3 1649	6.8	B	7 16 47.25	+ 3 43 21.2	148	+ 69 641	8.2	M	12 1 47.35	+ 69 10 52.8
109	+ 15 1564	6.4	B	7 20 11.01	+ 15 39 50.6	149	— 11 3238	6.7	B	12 2 57.02	— 11 49 22.3
110	— 9 2069	6.6	B	7 25 0.31	— 9 53 21.5	150	+ 60 1406	var.	M	12 32 59.14	+ 59 53 59.6
111	— 4 1979	6.4	Ma	7 27 9.08	— 5 4 5.2	151	+ 61 1313	var.	M	12 40 40.08	+ 61 30 13.5
112	+ 8 1800	var.	M	7 28 39.06	+ 8 28 45.5	152	+ 6 2664	var.	M	12 47 17.57	+ 5 57 39.6
113	+ 3 1724	8.0	M	7 30 57.18	+ 3 30 25.6	153	+ 47 2003	6.0	Mb	12 51 31.28	+ 47 36 10.8
114	+ 13 1737	6.1	M	7 37 39.66	+ 13 39 25.2	154	+ 12 2529	7.3	M	12 51 44.78	+ 11 54 9.4
115	— 10 2171	8.6	M	7 38 44.67	— 10 42 8.4	155	+ 38 2407	6.1	Ma	13 6 11.48	+ 37 49 20.7
116	+ 3 1824	6.6	Mb	7 48 11.22	+ 3 28 19.8	156	— 0 2668	7.3	M	13 8 54.70	— 1 21 36.1
117	+ 43 1754	7.0	B	7 53 20.97	+ 43 42 23.2	157	+ 37 2404	6.4	Ma	13 20 30.08	+ 37 25 30.4
118	+ 13 1811	6.2	Ma	7 55 23.99	+ 13 26 50.3	158	— 6 3837	var.	M	13 29 5.02	— 6 48 33.9

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0	No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0
	°			h m s	° ′ ″		°			h m s	° ′ ″
159	+ 9 2785	7.3	M	13 32 7.82	+ 8 40 31.6	199	+ 20 3578	7.2	M	17 46 21.57	+ 20 39 34.1
160	+ 25 2652	5.9	M	13 33 27.45	+ 24 59 43.3	200	— 1 3413	7.8	M	17 48 29.35	— 1 24 45.2
161	+ 16 2564	4.2	M	13 45 51.70	+ 16 10 9.4	201	+ 0 3820	8.7	M	17 53 30.48	+ 0 12 14.2
162	+ 41 2434	6.7	M	13 49 58.09	+ 40 42 27.0	202	— 1 3426	8.4	M	17 53 52.83	— 1 45 27.4
163	+ 0 3118	7.5	M	13 55 54.39	+ 0 24 47.1	203	+ 14 3387	7.3	M	17 57 41.92	+ 14 7 15.7
164	+ 17 2702	6.9	M	14 2 55.15	+ 17 19 37.8	204	+ 19 3509	7.0	M	18 0 5.60	+ 19 33 10.0
165	+ 4 2841	6.6	Mb	14 11 6.20	+ 3 41 8.2	205	+ 43 2890	8.0	M	18 4 32.13	+ 43 26 30.9
166	+ 26 2563	8.0	M	14 20 49.34	+ 26 2 39.9	206	+ 2 3547	6.3	M	18 12 19.22	+ 2 21 8.0
167	— 6 4025	7.8	M	14 29 23.42	— 6 36 21.4	207	+ 23 3299	6.7	Ma	18 15 0.12	+ 23 16 1.9
168	+ 27 2400	var.	M	14 33 53.21	+ 27 4 .	208	— 14 5099	5.8	M	18 28 26.37	— 14 55 15.6
169	+ 38 2578	7.0	M	14 36 59.68	+ 38 25 55.1	209	+ 30 3227	6.4	B_8	18 30 31.84	+ 30 50 2.2
170	— 0 2867	6.0	M	14 41 20.12	— 1 6 5.2	210	+ 8 3780	var.	Md	18 34 45.90	+ 8 46 2.1
171	+ 15 2758	6.0	M	14 42 33.98	+ 15 26 46.6	211	+ 39 3476	6.1	M	18 35 37.86	+ 39 36 4.7
172	+ 7 2865	7.5	M	14 51 40.74	+ 7 5 18.0	212	— 1 3544	8.2	M	18 38 37.02	— 1 22 46.2
173	+ 14 2812	7.0	M	14 54 43.56	+ 14 20 12.8	213	+ 40 3512	6.8	M	18 50 52.83	+ 40 54 1.6
174	+ 5 2954	6.2	M	14 55 38.38	+ 4 51 58.1	214	+ 40 3544	6.9	M	18 56 19.38	+ 40 34 31.7
175	+ 2 2915	7.1	M	15 3 19.57	+ 2 39 5.0	215	+ 22 3549	6.4	M	18 56 48.34	+ 22 42 32.8
176	+ 66 890	6.5	M	15 7 13.02	+ 66 4 23.3	216	+ 40 3555	6.8	Ma_5	18 57 51.68	+ 40 34 40.2
177	— 1 3041	8.0	M	15 11 4.31	— 2 8 9.8	217	+ 29 3472	6.6	Ma	19 2 51.88	+ 29 48 21.8
178	+ 31 2725	var.	M	15 18 20.62	+ 31 38 10.6	218	+ 1 3899	7.5	M	19 4 25.32	+ 1 10 47.3
179	+ 9 3031	7.5	M	15 20 21.94	+ 9 10 14.7	219	+ 18 4011	6.3	M	19 12 14.62	+ 18 23 2.3
180	+ 24 2901	7.4	M	15 35 3.50	+ 24 46 0.0	220	— 1 3702	8.6	M	19 14 10.20	— 1 8 41.4
181	+ 47 2255	6.7	M	15 36 36.10	+ 47 10 11.0	221	+ 2 3904	6.9	M	19 26 24.54	+ 2 44 49.1
182	— 0 3011	7.5	M	15 45 1.35	— 0 46 19.6	222	+ 3 4043	6.3	B	19 26 48.01	+ 3 17 13.0
183	+ 15 2918	var.	M	15 47 14.28	+ 15 20 36.4	223	+ 29 3628	8.1	M	19 28 59.16	+ 30 1 37.8
184	+ 9 3153	7.5	M	16 4 59.66	+ 8 48 42.0	224	+ 4 4152	7.2	M	19 29 25.24	+ 4 52 3.3
185	+ 19 3072	6.8	M	16 9 32.26	+ 19 17 33.0	225	+ 48 2914	6.5	M	19 31 37.75	+ 49 5 52.8
186	+ 19 3077	7.2	M	16 13 37.83	+ 19 1 49.0	226	+ 13 4098	5.8	B_3	19 37 37.21	+ 13 38 26.4
187	+ 3 3199	6.8	M	16 23 46.50	+ 3 2 17.2	227	+ 42 3419	6.4	Ma	19 38 15.42	+ 42 54 7.3
188	+ 49 2530	7.3	M	16 36 29.71	+ 49 0 35.0	228	+ 4 4210	7.5	M	19 40 48.80	+ 4 47 54.0
189	+ 42 2749	6.1	M	16 44 55.76	+ 42 22 17.9	229	+ 34 3691	6.8	Ma	19 41 49.27	+ 34 13 56.4
190	+ 1 3408	5.8	B	17 12 43.38	+ 1 17 34.1	230	+ 40 3866	6.4	M	19 42 16.42	+ 40 32 5.9
191	+ 2 3296	7.0	M	17 15 59.68	+ 2 13 53.6	231	+ 26 3674	var.	M	19 45 19.35	+ 27 5 56.0
192	+ 16 3163	6.6	Ma	17 18 12.71	+ 16 48 15.2	232	+ 33 3602	6.3	B_5	19 45 58.89	+ 33 14 55.2
193	+ 17 3241	6.3	M	17 22 34.09	+ 16 58 56.0	233	+ 7 4252	6.4	B_8	19 46 39.16	+ 7 42 44.8
194	+ 8 3418	7.3	M	17 24 8.25	+ 8 30 17.2	234	+ 37 3636	6.4	Ma	19 48 5.20	+ 37 38 2.7
195	+ 19 3338	6.5	M	17 28 3.59	+ 19 34 41.9	235	+ 35 3878	6.0	B_3	19 53 57.76	+ 36 2 56.6
196	+ 14 3279	6.7	M	17 30 18.55	+ 14 53 39.8	236	+ 37 3703	6.3	B_5	19 55 52.04	+ 37 54 3.8
197	— 2 4425	6.4	Ma	17 36 17.78	— 2 6 44.9	237	+ 17 4185	7.5	M	19 56 45.23	+ 17 24 16.0
198	+ 31 3075	6.5	M	17 37 7.56	+ 31 14 27.8	238	+ 36 3820	6.4	B_8	19 58 29.88	+ 36 53 19.8

No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0	No.	B.D.	Mg.	Sp.	α 1925.0	δ 1925.0
	°			h m s	° ′ ″		°			h m s	° ′ ″
239	+ 15 4040	6.6	Map	20 1 59.48	+ 15 17 7.6	272	+ 59 2383	6.4	M	21 25 21.09	+ 59 25 23.4
240	+ 67 1226	6.6	M	20 4 34.29	+ 67 48 39.9	273	+ 21 4555	6.2	M	21 25 34.08	+ 21 51 3.7
241	+ 21 4088	6.1	B	20 8 4.28	+ 21 39 4.6	274	+ 44 3877	var.	Mc	21 33 11.28	+ 45 2 17.4
242	+ 42 3670	6.5	M	20 14 54.94	+ 42 29 17.6	275	+ 19 4793	6.2	B	21 45 56.53	+ 20 6 44.6
243	+ 33 3846	7.8	M	20 14 59.86	+ 33 51 22.4	276	+ 20 5027	7.0	Ma	21 48 48.25	+ 20 55 11.2
244	+ 72 945	7.0	M	20 15 29.37	+ 72 22 21.8	277	+ 23 4442	7.5	M	21 56 21.54	+ 23 34 53.2
245	+ 45 3139	6.3	B_8	20 16 25.46	+ 46 5 10.1	278	+ 62 2010	6.2	Mb	21 56 40.78	+ 62 20 16.5
246	— 0 3991	7.3	M	20 19 27.90	— 0 41 38.6	279	+ 61 2233	6.5	B	21 58 24.60	+ 62 7 35.8
247	+ 9 4526	6.5	M	20 22 7.65	+ 9 48 40.8	280	+ 4 4791	7.3	M	21 59 38.77	+ 5 4 40.1
248	+ 18 4525	7.4	M	20 28 43.95	+ 18 22 22.8	281	+ 46 3574	6.3	Ma	22 2 17.62	+ 46 22 48.3
249	+ 20 4629	6.3	B	20 30 49.48	+ 20 43 38.8	282	+ 17 4693	6.4	M	22 3 54.68	+ 17 38 5.6
250	+ 16 4315	7.0	M	20 32 48.76	+ 16 33 13.4	283	— 0 4322	7.4	M	22 9 29.61	— 0 7 46.0
251	+ 0 4558	8.3	M	20 34 27.08	+ 0 45 11.2	284	+ 62 2048	6.1	Ma	22 10 2.20	+ 62 55 11.6
252	+ 17 4370	6.3	M	20 34 29.44	+ 18 0 15.0	285	+ 4 4837	7.8	M	22 13 43.04	+ 4 46 9.2
253	+ 34 4127	6.5	B	20 39 26.02	+ 35 11 12.1	286	+ 14 4786	6.6	B	22 18 26.26	+ 15 16 23.6
254	+ 56 2477	6.4	B_3	20 41 20.32	+ 56 50 32.8	287	— 0 4383	7.5	M	22 30 45.82	+ 0 12 33.8
255	+ 17 4401	var.	Md	20 42 2.16	+ 17 49 0.4	288	+ 34 4729	6.5	Ma	22 33 24.01	+ 35 15 47.0
256	+ 55 2462	6.2	Ma	20 42 25.38	+ 56 12 55.0	289	+ 16 4833	6.5	Mb	22 50 53.71	+ 16 32 32.5
257	+ 25 4375	7.0	B	20 44 33.87	+ 25 54 3.7	290	+ 0 4955	8.5	M	22 57 26.28	+ 0 40 54.4
258	— 1 4057	6.8	M	20 45 25.97	— 0 50 28.8	291	+ 59 2629	6.8	B_2	22 59 18.30	+ 59 26 56.9
259	+ 40 4354	6.5	B_8	20 51 34.14	+ 40 25 0.6	292	+ 58 2546	6.3	B_2	23 3 59.98	+ 59 19 17.4
260	+ 50 3232	6.3	B_8	20 53 51.36	+ 50 47 10.2	293	+ 4 4975	7.1	M	23 7 25.34	+ 4 35 49.2
261	— 1 4095	6.3	B_8	20 59 7.76	— 1 13 17.3	294	+ 60 2521	6.7	B	23 16 42.80	+ 60 44 21.1
262	+ 15 4317	6.9	M	20 59 16.67	+ 15 40 14.6	295	— 0 4509	6.7	M	23 19 41.04	— 0 7 14.5
263	+ 44 3679	6.8	M	20 59 43.42	+ 44 29 39.2	296	+ 40 5065	6.5	M	23 20 32.82	+ 41 12 4.6
264	+ 45 3374	6.2	B_8	21 0 10.29	+ 45 33 4.8	297	+ 20 5352	6.3	M	23 30 9.58	+ 20 25 36.5
265	— 0 4163	7.2	M	21 3 42.04	— 0 27 55.2	298	+ 63 2038	6.8	Ma	23 38 47.85	+ 64 5 57.9
266	+ 6 4754	6.4	M	21 4 45.90	+ 6 41 7.9	299	+ 65 1943	5.9	B_3	23 43 1.44	+ 66 21 56.2
267	+ 67 1291	var.	M	21 8 33.14	+ 68 11 6.9	300	+ 56 3115	6.0	Bp	23 51 47.70	+ 56 59 40.9
268	+ 47 3348	6.3	B_5	21 12 59.84	+ 47 39 38.2	301	+ 14 5074	7.2	M	23 52 4.36	+ 14 48 46.7
269	+ 17 4546	7.3	M	21 14 55.28	+ 17 24 18.2	302	+ 31 5012	6.4	B	23 54 59.55	+ 31 57 50.8
270	+ 48 3348	8.2	M	21 17 43.27	+ 49 2 0.8	303	— 1 4515	7.3	M	23 56 20.77	— 0 46 39.7
271	+ 7 4696	6.7	Ma	21 24 43.04	+ 7 52 7.5	304	+ 59 2810	7.8	M	23 57 25.78	+ 59 56 16.4

UEBER

DEN URSPRUNG DER KOMETEN

MIT WESENTLICHER UNTERSTÜTZUNG DES MAG. JOHANNES BRAAE

VON

ELIS STRÖMGREN

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER. 7. RÆKKE, NATURV. OG MATHEMATISK AFD. XI. 4

KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1914

Bei der vorliegenden Arbeit bin ich von mehreren Herren tatkräftig unterstützt worden. In erster Linie danke ich Herrn Magister J. Braae, der einen wesentlichen Teil der Rechenarbeit mit Interesse und Geschick ausgeführt hat. Ausserdem haben die Herren G. J. Arvin, H. P. C. Hansen, K. O. S. Lehmann, J. Fischer Petersen und K. H. R. Thomsen an der Arbeit teilgenommen.

Für eine aus dem Carlsbergfond erhaltene pekuniäre Unterstützung erlaube ich mir, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank abzustatten.

Elis Strömgren.

EINLEITUNG.

Seitdem Tycho Brahe den Beweis dafür geliefert hatte, dass die Kometen Himmelskörper sind und keine blossen Erscheinungen in der Erdatmosphäre, und seitdem die Entdeckung des Newtonschen Gravitationsgesetzes sofort eine wenigstens sehr genäherte Vorstellung von der Natur der Kometenbahnen gegeben hatte, hat sich das Problem der Kosmogonie der Kometen naturgemäss — in Astronomen- und Laienkreisen — eines immer wachsenden Interesses erfreuen können.

Wenn wir einen Blick auf die Kometenlitteratur der letzten Jahre werfen, begegnen wir einer Menge grösserer und kleinerer Abhandlungen und Aufsätze, mit Warscheinlichkeitsschlüssen, statistischen Untersuchungen und von physikalischen Gesetzen ausgehenden Spekulationen, die alle darauf hinzielen, den Ursprung der Kometen zu ergründen.

Sehen wir von den, in einigen Fällen relativ plausiblen, aber noch öfter ganz in der Luft schwebenden, reinen Spekulationen ab, so können wir die auf eine Kometenkosmogonie zielenden Arbeiten in drei Hauptgruppen einteilen.

Die erste Gruppe umfasst solche Arbeiten, die nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung untersuchen, ob die Annahme einer interstellaren Herkunft der Kometen im grossen ganzen zu solchen Bahnen führen würde, die den tatsächlich vorliegenden Kometenbahnexzentrizitäten entsprechen. Unter den Astronomen, die auf diesem Gebiete gearbeitet haben, sind besonders zu nennen: Laplace, Gauss, Schiaparelli, Seeliger, v. Niessl, Fabry und Hillebrand.

Die zweite Gruppe von Arbeiten beschäftigt sich mit einer statistischen Untersuchung über die Verteilung der anderen Kometenbahnelemente, vor allem der Periheldistanzen, Perihellängen und Neigungen, und den aus dieser Verteilung über den Ursprung der Kometen zu ziehenden Schlüssen. Auf diesem Gebiete haben eine sehr grosse Anzahl Astronomen gearbeitet, wie die zu der ersten Gruppe gehörenden mit wechselnden Resultaten. Ich nenne nur einige wenige von den hier tätigen Astronomen: Lambert, Bode, Laplace, Mohn, Fabry, Holetschek und in der letzten Zeit Jantzen und W. H. Pickering.

Die dritte Gruppe, zu der die vorliegende Abhandlung gehört, verfolgt denselben Zweck, nur arbeitet sie mit anderen Mitteln. Von der unleugbaren, aber bis

in die letzte Zeit unbeachtet gebliebenen, Tatsache ausgehend, dass die in unsren Kometenbahnverzeichnissen angeführten, durch Beobachtungen in der Nähe des Perihels ermittelten Bahnexzentrizitäten (bzw. 5 anderen Bahnelemente) ein Produkt sind aus den ursprünglichen Werten und der störenden Einwirkung seitens der grossen Planeten, untersucht diese Gruppe von Arbeiten (THRAEN, FABRY, FAYET und der Unterzeichnete) die einzelnen konkreten Fälle, um mit Hilfe von rückwärtsgeführten Störungsrechnungen die ursprünglichen Bahnformen festzustellen. Eine kurze Historik der betreffenden Litteratur habe ich vor einigen Jahren in der Publ. 1 der Kopenhagener Sternwarte (V. J. S. 45, 4. Heft) gegeben[1].

Schon durch die früher erschienenen Arbeiten dieser Gruppe war es wahrscheinlich gemacht worden, durch die jetzt vorliegende wird es zur Gewissheit erhoben, dass das ganze Problem der Kometenkosmogonie dadurch ungeheuer vereinfacht wird, dass die hyperbolischen Kometenbahnen, wenn wir uns an das bis jetzt vorliegende Material halten, durch die Untersuchungen der jetzt angedeuteten Art ganz einfach aus dem Probleme überhaupt eliminiert werden.

In der vorliegenden Abhandlung werden die in dem oben erwähnten Aufsatz skizzierten, bezw. geplanten, Rechnungen gegeben werden. Da diese Abhandlung einen wenigstens vorläufigen Abschluss meiner Untersuchungen auf dem Gebiete der Kometenkosmogonie bilden soll, werde ich, der Vollständigkeit und Übersichtlichkeit wegen, im Laufe der Darstellung die wichtigeren Resultate und Sätze aus meinen früheren Arbeiten zusammenstellen.

Von den Untersuchungen über die Verteilung der Periheldistanzen, Perihellängen, Knotenlängen und Neigungen der bis jetzt bekannten Kometen lässt sich sagen, das keine solchen systematischen Eigenschaften nachgewiesen worden sind, die als entscheidende Gründe für einen extrasolaren Ursprung der Kometen angeführt werden könnten. Es ist im Gegenteil durch HOLETSCHEK's Arbeiten wahrscheinlich gemacht worden, dass die tatsächlich vorhandenen Anzeichen dieser Art einfach aus irdischen Sichtbarkeitsverhältnissen erklärt werden können. In diesem Zusammenhang möchte ich auch betonen, dass irgend ein wirklich nachweisbarer reeller systematischer Zug in der Verteilung der betreffenden Bahnelemente im allgemeinen noch kein Beweis für einen extrasolaren Ursprung der Kometen wäre, da man eine von der Aussenwelt unabhängige systematische Verteilung der Reste der Nebelmasse, aus der wir uns das Sonnensystem entstanden denken, als sehr gut möglich annehmen könnte.

[1] Eine Übersicht der verschiedenen mit der Kometenkosmogonie zusammenhängenden Untersuchungen hat OTTAVIO BIANCO in den Schriften der Reale Accademia delle Scienze di Torino (1911—12) veröffentlicht.

Die Geschichte der Untersuchungen über die wahrscheinliche Anzahl ausgeprägt hyperbolischer Bahnen, wenn wir einen extrasolaren Ursprung der Kometen annehmen, verglichen mit den vorliegenden, aus den Beobachtungen hervorgegangenen, Verzeichnissen der Kometenbahnexzentrizitäten, ist sehr interessant.

Auf Grund verschiedener Annahmen über die Voraussetzungen des Problems sind nacheinander LAPLACE, SCHIAPARELLI, SEELIGER und FABRY abwechselnd zu entgegengesetzten Resultaten gekommen[1]. Durch die Rücksichtnahme auf die Bewegung des Sonnensystems ist es endlich FABRY gelungen, dies verwickelte Problem zu lösen[2]. Sein Endresultat kann in der folgenden Form ausgedrückt werden: wenn wir annähmen, dass die Kometen von aussen in das Sonnensystem eindrängen, müssten sie alle in hyperbolischen Bahnen hereinkommen, und zwar müssten sich unter diesen Bahnen eine beträchtliche Anzahl stark hyperbolischer Natur befinden.

Dies, übrigens von HILLEBRAND bestätigte, Resultat FABRY's dürfte wohl als die endgültige Antwort der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die vorliegende Frage gelten können. Daraus, sollte man dann meinen, könnte der sichere Schluss gezogen werden: da wir in unseren Kometenbahnverzeichnissen nur ganz wenige hyperbolische, stark ausgeprägt hyperbolische Bahnen überhaupt nicht finden, muss wenigstens die überwiegende Mehrzahl der bekannten Kometen unsrem Sonnensystem immer angehört haben.

Die Sache ist nun aber, wie SCHIAPARELLI in einem Aufsatze in den Juni- und Juli-Heften des Bull. Astr. für 1910 gezeigt hat, in der Tat nicht so einfach. Ehe wir diesen Punkt weiter verfolgen, wollen wir uns erst über eine andere Frage orientieren.

Bei allen den jetzt angedeuteten Arbeiten über Kometenkosmogonische Fragen, wurde immer die stille Voraussetzung gemacht, dass die in den vorhandenen Kometenbahnverzeichnissen aufgeführten Bahnelemente ein treues Bild der Bewegung der Kometen darstellen. Für 5 Elemente (π, Ω, i, T, q) trifft nun diese Voraussetzung im grossen ganzen zu, für das 6te, die Exzentrizität (e), aber nicht.

Von den sog. periodischen (d. h. kurzperiodischen) Kometen sprechen wir hier, wie in der ganzen vorliegenden Arbeit, nicht. In ihrer jetzigen Form gehören die Bahnen dieser Kometen dem Gebiete ganz anderer Probleme an, obwohl sie ja wahrscheinlicher Weise alle einmal eine ähnliche Bahnform wie die anderen besessen haben. Da in unsren Kometenbahnverzeichnissen ausserdem keine stark hyperbolischen Bahnen zu finden sind, sprechen wir also hier nur von den Kometen, deren Bahnform der Parabel nahe kommt, d. h. wir sprechen von den Kometen, deren Bahnexzentrizitäten nahe gleich eins sind.

Die Exzentrizität dieser Bahnen hat nun den Elementen π, Ω, i, T, q gegenüber eine ganz eigentümliche Stellung. Wenn wir uns eins von den fünf genannten

[1] Vgl. HILLEBRAND: Über die wahrscheinliche Bahnform und den Ursprung der Kometen, p. 1—3.
[2] Etudes sur la probabilité des comètes hyperboliques et l'origine des comètes, p. 157—158.

Elementen um eine Kleinigkeit korrigiert denken, spielt dies für den Karakter der betreffenden Bahn gar keine Rolle. Ganz anders mit der Exzentrizität: für eine Bahn, die der Parabel sehr nahe kommt, also leicht hyperbolisch oder sehr langgestreckt elliptisch ist, wird eine relativ kleine Korrektion der Exzentrizität eine fundamentale Rolle spielen können, indem eine solche Korrektion die Ellipse in eine Hyperbel oder die Hyperbel in eine Ellipse verwandeln, d. h. den ganzen kosmogonischen Karakter der Bahn vollständig umändern kann. Es ist deshalb einleuchtend, dass bei der Bestimmung der Exzentrizität einer Kometenbahn ganz besonders vorsichtig vorgegangen werden muss: es muss nach jeder Fehlerquelle Umschau gehalten werden. Und eine solche Fehlerquelle haben wir in der Einwirkung der grossen Planeten auf den Kometen während seiner Wanderung gegen die inneren Teile des Sonnensystems, wo er schliesslich entdeckt und beobachtet wird und wo das kleine Stück seiner Bahn liegt, aus dem die Bahnelemente berechnet werden.

I. Oskulierende Exzentrizitäten. Methode der Rückwärtsrechnung.

In der Regel wird eine Kometenbahnbestimmung mit der Angabe der Bahnelemente abgeschlossen, wie sie direkt mit Hilfe des vorhandenen Beobachtungsmaterials erhalten wurden, mit oder ohne Rücksicht auf diejenigen Störungen, welche der Komet während der Beobachtungszeit durch die Einwirkung der grösseren Planeten erlitten hat.

Thraen ist der erste, welcher eine Rückwärtsrechnung der Störungen (für den Kometen 1886 II) ausgeführt hat, um die Einwirkung der Planetenstörungen vor der Beobachtungszeit zu ermitteln, d. h. um die Bahn abzuleiten, in welcher sich der Komet ursprünglich unserer Sonne genähert hat. Thraen führte die Rechnung mit Jupiter und Saturn als störenden Planeten aus und erhielt für die Bahnexzentrizitäten folgende Werte:

Oskulationsepoche.	e
1885 Dez. 8	1·000228
1884 Aug. 15	1·000177
1883 April 23	1·000052
1882 Okt. 5	1·000002

Hieraus folgerte Thraen, dass, wenn wir zeitlich noch weiter zurückgingen, die Bahnexzentrizität des Kometen 1886 II unter die Einheit herabsinken würde, und dass also der Komet sich ursprünglich in einer elliptischen Bahn unserer Sonne genähert habe.

Als ich im Jahre 1895 die Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II abgeschlossen und für diese eine unzweifelhaft hyperbolische Exzentrizität gefunden hatte, deren mittlerer Fehler nicht den 21ten Theil ihres Überschusses über die Einheit betrug ($e = 1{\cdot}000\,4103 \pm 0{\cdot}000\,0193$)[1] beschloss ich, wie es THRAEN bezüglich des Kometen 1886 II gemacht hatte, zu untersuchen, welchen Einfluss auf die Bahnexzentrizität eine Rückwärtsrechnung der Störungen seitens der grossen Planeten haben würde. Die Rechnung wurde nach der Enckeschen Methode ausgeführt, und zwar wurden Jupiter und Saturn als störende Planeten herangezogen. Ich stand eben im Begriff, die gewonnenen Störungswerte für die Berechnung der Bahnexzentrizität zu verwenden, als meine Aufmerksamkeit auf einen Umstand gelenkt wurde, welchen THRAEN übersehen hatte, der mir aber für die in Frage stehende Aufgabe eine entscheidende Rolle zu spielen schien.

Wenn wir die Störungen nach der Enckeschen Methode rückwärts rechnen, so erhalten wir für verschiedene Epochen die Koordinaten und die Geschwindigkeitskomponenten des Kometen in Bezug auf den Schwerpunkt der Sonne. Wir können nun zwar für einen beliebigen Zeitpunkt aus den so ermittelten Koordinaten und Geschwindigkeiten nach den aus den Keplerschen Gesetzen folgenden Vorschriften[2] einen Kegelschnitt, die sogenannten oskulierenden Elemente, berechnen, die uns als ein Hilfsmittel bei einer weiter zu führenden Störungsrechnung dienen können; diese Elemente geben aber für die von dem Kometen im Raume beschriebene Bahn niemals einen exakten Ausdruck. Um uns darüber klar zu werden, haben wir nur den Begriff der oskulierenden Elemente zu definieren. Wir können die Definition in der folgenden Weise formulieren: die für eine bestimmte Epoche oskulierenden Elemente geben diejenige Bahn um den Schwerpunkt der Sonne an, in welcher der Komet laufen würde, wenn in diesem Augenblicke die störenden Planeten vernichtet würden, wenn also der Komet nur der Anziehung der Sonne überlassen würde, und ausserdem die Sonne selbst mit ihrer, von den Störungen der grossen Planeten verursachten Geschwindigkeit sich fortbewegte.[3]

In den durch die Störungsrechnung erhaltenen Werten der Koordinaten und Geschwindigkeiten des Kometen sind die durch die störenden Planeten bewirkten Schwankungen in den Koordinaten und Geschwindigkeiten der Sonne mit enthalten.

[1] Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II. Acta reg. soc. phys. Lund. T. VI. 1896.

[2] $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$

$$C_1 = x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}$$

$$C_2 = y\frac{dz}{dt} - z\frac{dy}{dt}$$

$$C_3 = z\frac{dx}{dt} - x\frac{dz}{dt}$$

$$p = \frac{1}{w^2 k^2}\left\{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2\right\}$$

$$e^2 = \left(\frac{p}{r} - 1\right)^2 + \frac{p}{w^2 k^2 r^2}\left\{x\frac{dx}{dt} + y\frac{dy}{dt} + z\frac{dz}{dt}\right\}^2,$$ wo w das benutzte Zeitintervall bedeutet.

[3] Dieser letztere Umstand wird bei der Definition der oskulierenden Elemente nicht immer klar ausgesprochen. In TISSERAND's „Mécanique céleste" z. B. werden die osk. Elemente in folgender Weise definiert (I, 166): „... ce sont donc les éléments de l'orbite elliptique invariable que décrirait la planète, si, à partir de l'instant t_0, elle cessait d'être attirée par les autres planètes", wo neben „elle" die Worte „et le soleil" eingeschaltet werden sollte.

Wenn wir nur mit einem störenden Planeten rechnen, wird die periodische Bewegung der Sonne eine kleine Ellipse; sind zwei störende Planeten vorhanden, bekommen wir zwei superponierte Ellipsen, und in den Bahnelementen des Kometen muss eine Periodizität hervortreten, welche zusammengesetzt ist aus den Perioden der Bahnbewegung der störenden Planeten um die Sonne, Perioden, die aber durch die fortschreitende Bewegung des Kometen im Weltraume modifiziert sind, da die Schwankungen in den Koordinaten und Geschwindigkeiten der Sonne für die oskulierenden Elemente des Kometen je nach der eigenen Lage und der eigenen Bewegung des Kometen eine verschiedene Rolle spielen.

Was zuerst die Schwankungen in den Geschwindigkeitskomponenten betrifft, so wird ihre Einwirkung auf die oskulierende Bahn des Kometen zunehmen, je weiter sich der Komet von der Sonne entfernt, weil mit wachsender Sonnendistanz die eigenen Geschwindigkeitskomponenten des Kometen abnehmen, während die Geschwindigkeiten der Sonne zwischen bestimmten Maximal- und Minimalwerten oszillieren. Bezüglich der Schwankung in den Koordinaten der Sonne ist das Verhältnis umgekehrt, weil sich diese ebenso wie die Geschwindigkeitskomponenten der Sonne innerhalb gewisser fester Grenzen halten, während die Koordinaten des Kometen mit wachsender Sonnendistanz immer grösser werden.

Da also die oskulierenden Exzentrizitäten des Kometen (wie die oskulierenden Bahnelemente überhaupt) eine periodische Schwankung aufweisen müssen, welche mit wachsender Sonnendistanz jedenfalls nicht abnehmen wird, und da sie also nicht gegen einen gewissen Endwert konvergieren, können sie offenbar für unsern Zweck nicht verwertet werden.

Diese Auseinandersetzung wird durch die folgende Tabelle der oskulierenden Exzentrizitäten des Kometen 1890 II vollständig bestätigt:

Oskulierende Exzentrizitäten des Kometen 1890 II.

1889	Sept. 18	$e = 1{\cdot}000\,3620$
	April 11	1916
1888	Nov. 2	1586
	Mai 26	1828
1887	Dez. 2	2311
	Juli 11	2862
	Febr. 1	3392
1886	Aug. 25	3856
	März 18	4214
1885	Okt. 9	4449
	Mai 2	4537
1884	Nov. 23	4479
	Juni 16	4267
	Jan. 8	3904

Es ist nun leicht, diese Schwierigkeit zu beseitigen. Wir brauchen nur nach bekannten Regeln die Bewegung des Kometen auf den Schwerpunkt desjenigen Systems, welches von der Sonne und den störenden Planeten gebildet wird, zu beziehen. Dann verschwindet die Periodizität in den Geschwindigkeiten des Kometen, und die Exzentrizitätswerte werden allmählich gegen einen bestimmten Wert konvergieren.

Hier kommt aber noch etwas hinzu. Wenn wir uns vorstellen, dass wir die Bewegung des Kometen so weit rückwärts verfolgt haben, dass die Störungen von jetzt an verschwindend klein sind, so bewegt sich der Komet in einem Kegelschnitte ganz so als ob die Massen der Sonne und der Planeten im Schwerpunkt der Sonne vereinigt wären. Wir haben deshalb in den in der Fussnote auf der Seite 9 gegebenen Formeln statt k^2 einen anderen Wert: $k^2(1 + \Sigma m_1)$ zu setzen, wo m_1 die Masse eines der betreffenden Planeten bedeutet.

Wenn dies berücksichtigt wird, gibt die Rechnung die Schwerpunktsexzentrizität in bezug auf die Gesamtmasse der Sonne und der Planeten, und dieser Wert stellt die Exzentrizität dar, die wirklich die ursprüngliche Beschaffenheit der Kometenbahn kennzeichnet.

Für die Berechnung dieser auf die Gesamtmasse bezogenen Schwerpunktselemente haben wir also in folgender Weise zu verfahren. Zu den ungestörten Koordinaten x_0, y_0, z_0 und Geschwindigkeiten $\frac{dx_0}{dt}$, $\frac{dy_0}{dt}$, $\frac{dz_0}{dt}$ des Kometen werden die Störungswerte ξ, η, ζ, $\frac{d\xi}{dt}$, $\frac{d\eta}{dt}$, $\frac{d\zeta}{dt}$ des Kometen und die Koordinaten $\xi\odot$, $\eta\odot$, $\zeta\odot$ und Geschwindigkeiten $\frac{d\xi\odot}{dt}$, $\frac{d\eta\odot}{dt}$, $\frac{d\zeta\odot}{dt}$ der Sonne in bezug auf den Schwerpunkt des Systems addiert. Für die sechs letzteren Grössen haben wir die folgenden Ausdrücke:

$$\xi\odot = -\frac{\Sigma m x_1}{1+\Sigma m_1} \qquad \eta\odot = -\frac{\Sigma m y_1}{1+\Sigma m_1} \qquad \zeta\odot = -\frac{\Sigma m z_1}{1+\Sigma m_1}$$

$$\frac{d\xi\odot}{dt} = -\frac{\Sigma m_1 \frac{dx_1}{dt}}{1+\Sigma m_1} \qquad \frac{d\eta\odot}{dt} = -\frac{\Sigma m_1 \frac{dy_1}{dt}}{1+\Sigma m_1} \qquad \frac{d\zeta\odot}{dt} = -\frac{\Sigma m_1 \frac{dz_1}{dt}}{1+\Sigma m_1}.$$

In den Formeln in der Fussnote auf Seite 9 ist statt k^2 der Wert $k^2(1 + \Sigma m_1)$ zu setzen.

Es kann eigentümlich erscheinen, dass von allen früheren Verfassern die Tatsache übersehen worden war, dass man, um aus den Kometenbahnexzentrizitäten einige kosmogonische Schlussfolgerungen ziehen zu können, nicht nur eine Rückwärtsrechnung der Kometenstörungen ausführen, sondern auch die Exzentrizitäten wegen der Störungen der Sonne reduzieren muss.

Das Übersehen dieser Tatsache beruht wahrscheinlich darauf, das man sich über die Grösse des Einflusses der Störungen, der direkten Kometenstörungen sowie

der Sonnenstörungen, auf die Bahnexzentrzität keine richtige Vorstellung gebildet hat. Wir wollen zunächst diese Frage etwas näher ins Auge fassen.

Schon aus der Rechnung THRAEN's ist es einleuchtend, welche Bedeutung die Störungen des Kometen für die oskulierenden Elemente besitzen, und aus meiner Rechnung für den Kometen 1890 II (s. die Tabelle auf der S. 10) geht hervor, dass die Reduktion für die Sonnenstörungen eine ebenso wichtige Rolle spielt.

Für die Bahnelemente der beiden in Frage stehenden Kometen ist der Effekt der Störungen von derselben Grössenordnung wie die Korrektionen, deren Ableitung der Zweck der ganzen vorhergegangenen, zeitraubenden Bahnberechnung gewesen ist. Und es gibt keinen Grund, weshalb wir annehmen sollten, dass es sich nicht ebenso bei allen anderen Kometenbahnen verhält.

Es stellt sich also heraus, dass die Reduktion wegen der Störungen nicht eine Korrektion darstellt, welche nur eine kleine Verbesserung der früher erhaltenen Werte bedeutet; im Gegenteil, sie hat eine durchaus fundamentale Bedeutung, und das Resultat der ganzen vorherigen Bahnberechnungsarbeit wird ohne diese Reduktion in kosmogonischer Hinsicht völlig nichtssagend.

Von allen denjenigen parabelnahen Elementensystemen, welche bis jetzt berechnet sind, gibt es nur einen sehr kleinen Bruchteil, der für kosmogonische Zwecke im obigen Sinne verwertet werden kann. Es sind hauptsächlich nur Kometen aus den letzten Jahrzehnten, welche in bezug auf das Beobachtungsmaterial so beschaffen sind, dass die Bahnelemente die für unsern Zweck nötige Genauigkeit besitzen. Insbesondere sind so gut wie alle Kometen, für welche nur eine rein parabolische Bahn berechnet ist, auszuschalten[1].

Eine notwendige Bedingung für die Verwendung der Bahnexzentrizität für kosmogonische Zwecke ist ferner, dass schon bei der Bahnberechnung Rücksicht auf die Störungen genommen wurde. In solchen Fällen, wo die Beobachtungszeit so kurz ist, dass die Störungen keine Rolle spielen können, ist sie zweifelsohne auch zu kurz, als dass die Exzentrizität die für kosmogonische Schlussfolgerungen nötige Genauigkeit besitzen könnte.

Wenn indessen für einen bestimmten Kometen die Anzahl der Beobachtungen genügend gross ist und die Beobachtungszeit genügend lang, und wenn die Störungen berücksichtigt werden, ist es von entscheidender Bedeutung, welche von den grösseren Planeten bei der Störungsrechnung heranzuziehen sind.

In bezug auf diese Frage findet sich oft in Kometenbahnberechnungen eine Auseinandersetzung, die als unrichtig bezeichnet werden muss. Ein graphischer Überschlag hat ergeben, dass der Komet keinem der grösseren Planeten sehr nahe kommt, und der Berechner zieht daraus die Schlussfolgerung, dass die Störungen unberücksichtigt bleiben können oder dass es jedenfalls genügt, wenn man auf den grössten Planeten, Jupiter, Rücksicht nimmt.

Dazu ist aber zu bemerken, dass die Störungsrechnung sich auf die Differenz

[1] Vgl. hierzu den Artikel von LEUSCHNER in den Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific, Vol. 19, p. 67—71.

zwischen der Einwirkung des störenden Planeten auf die Sonne und auf den Kometen stützt. Die Bedingung dafür, dass wir bei der Störungsrechnung einen störenden Planeten unberücksichtigt lassen können, ist deshalb entweder, dass die Einwirkung des Planeten auf die Sonne annähernd gleich gross ist wie seine Wirkung auf den Kometen, oder aber dass der Effekt sowohl für die Sonne wie für den Kometen auf Grund der Kleinheit der Masse oder wegen der Grösse der Entfernung ausser Acht gelassen werden kann.

Demgemäss müssen wir die Frage in zwei Teile zerlegen. Wir untersuchen die Einwirkung sämtlicher störender Planeten auf die Bewegung der Sonne. Diese Störungskomponente ist für sämtliche Bahnberechnungen von derselben Grössenordnung. Wir ersehen daraus, welche von den störenden Planeten niemals unberücksichtigt bleiben dürfen. Dann gilt es für jeden konkreten Fall zu entscheiden, ob auf Grund der speziellen Lage der Kometenbahn auch andere Planeten mit in Betracht kommen müssen.

Um einen Überschlag über die Einwirkung sämtlicher grösserer Planeten auf die Sonne zu machen, können wir jeden Planeten für sich behandeln, ohne dass wir dabei Grössen von niedriger als zweiter Ordnung bezüglich der Massen vernachlässigen.

Wenn wir mit (r) die grösste Entfernung der Sonne von dem gemeinsamen Schwerpunkt bezeichnen und mit (V) die grösste lineare Geschwindigkeit der Sonne, so erhalten wir bei Vernachlässigung von Grössen zweiter Ordnung:

$$(r) = m_1 a_1 (1 + e_1)$$

$$(V) = m_1 \frac{k}{\sqrt{a_1}} \sqrt{\frac{1 + e_1}{1 - e_1}}$$

wo k die Gaussische Konstante, m_1 die Masse des Planeten, a_1 die halbe grosse Achse der Bahn und e_1 die Exzentrizität bedeuten. Eine leichte Rechnung ergibt dann die folgende kleine Tafel (die Geschwindigkeiten gelten für ein Intervall von 40 Tagen):

	Merkur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun
(r)	0·0000000	0·0000018	0·0000028	0·0000006	0·0052044	0·0028817	0·0009141	0·0015423
(V)	0·0000001	0·0000020	0·0000020	0·0000002	0·0003018	0·0000672	0·0000074	0·0000065

Es geht aus dieser Tabelle, wenn wir die dort gegebenen Werte mit den bei Kometen vorkommenden Koordinaten und Geschwindigkeiten vergleichen, hervor, dass bei der Störungsrechnung die Berücksichtigung der vier inneren Planeten nur dann nötig ist, wenn sie sich dem Kometen sehr stark nähern. Nur in diesem Falle können sie bei der Berechnung der oskulierenden Elemente eine Rolle spielen. Bei der darauf folgenden Rückwärtsrechnung und Reduktion für die Störungen der Sonne können sie immer vernachlässigt werden.

Uranus und Neptun sind so weit entfernt, dass in der Nähe des Periheldurch-

gangs, d. h. während der Beobachtungszeit, die Störungen für den Kometen und für die Sonne fast gleich gross sein müssen. Diese Planeten brauchen wohl deshalb bei der Bahnbestimmung niemals berücksichtigt zu werden. Bei der Rückwärtsrechnung der Störungen können diese zwei Planeten nur dann einen beträchtlichen Einfluss haben, wenn der Komet ihnen besonders nahe kommt.

Bei Jupiter und Saturn erreichen dagegen die Koordinaten und Geschwindigkeiten der Sonne so grosse Beträge, dass keiner von diesen Planeten bei der Berechnung einer Kometenbahn vernachlässigt werden darf, wenn auch der Komet während seiner ganzen Bahn nicht in ihre Nähe kommt.

Wir wollen die Ergebnisse der vorigen Darstellung kurz zusammenfassen.

1. Von den zur Zeit vorliegenden Kometenbahnexzentrizitäten parabelnaher Bahnen können nur die wenigsten für kosmogonische Zwecke verwertet werden. In den meisten Fällen kann wegen der Unzulänglichkeit des Beobachtungsmaterials die nötige Genauigkeit nicht erreicht werden.

2. Die in den Kometenbahnverzeichnissen direkt gegebene oskulierende Exzentrizität kann bei Bahnen, die der Parabel sehr nahe kommen, nicht zu kosmogonischen Zwecken benutzt werden. **Die Angabe der Umlaufszeit in den Kometenbahnverzeichnissen ist bei solchen Bahnen wertlos und irreführend.**

3. Um einen reellen Nutzen aus der grossen Arbeit, welche eine Kometenbahnberechnung verursacht, ziehen zu können, ist es notwendig, die Bedingungsgleichungen für die Elementenkorrektionen durch Berechnung der Störungen zu verbessern, und zwar sind bei der Störungsrechnung die Planeten Jupiter und Saturn immer zu berücksichtigen.

4. Aus den auf diese Weise erhaltenen oskulierenden Elementen bekommt man durch Rückwärtsrechnung der Störungen, durch Reduktion wegen der Sonnenstörungen und unter Berücksichtigung der Gesamtmasse der Sonne und der störenden Planeten einen Exzentrizitätswert, der, wenn die Rechnung genügend weit rückwärts geführt ist, die ursprüngliche Bahn des Kometen karakterisiert.

Wir sind also zu diesem Resultate gekommen: wenn wir eine genaue Rückwärtsrechnung der Störungen ausführen, erhalten wir, nach der Reduktion auf den Schwerpunkt und unter Rücksichtnahme auf die Gesamtmasse (Sonne + Planeten) ein Elementensystem, das wirklich die ursprüngliche Bahn des Kometen karakterisiert, n. b. wenn die Berechnung der Störungen genügend weit rückwärts geführt war.

Da diese letzte Bedingung natürlich von entscheidender Bedeutung ist, bleibt es eine wichtige Aufgabe zu bestimmen, wie weit rückwärts die Störungsrechnung

auszuführen ist. Die prinzipiell einfachste Methode wäre die folgende. Wir denken uns zunächst die Rückwärtsrechnung der Störungen eine Zeit lang in aller Strenge ausgeführt und nehmen an, dass wir die Bewegung des Kometen in dieser Weise bis zu einem Punkte seiner Bahn verfolgt haben, wo er ganz weit draussen war. Es handelt sich dann bei der Weiterführung der Rechnung nur um Störungen 1ster Ordnung. Da unser Problem sich nur mit Bahnen beschäftigt, die der Parabel sehr nahe kommen, können wir auch, wegen der Kleinheit der Störungen, von jetzt an unsren Störungsformeln eine exakte Parabelform zu Grunde legen.

Wir bilden dann die Störungsgleichung des zu untersuchenden Bahnelementes. Wenn es möglich ist, diese Gleichung in eine nach der Zeit integrable Form zu bringen, haben wir, um den Gesamtbetrag der Störungen zu ermitteln, nur zwischen $t = -\infty$ und $t = t_0$ zu integrieren, wenn t_0 die Epoche bedeutet, bis zu welcher die numerische Integration rückwärts ausgeführt war. Dann wäre der ganze Störungsbetrag berücksichtigt worden.

Wir wählen im Folgenden immer das Bahnelement $\frac{1}{a}$.

Wir gehen von den bekannten Differentialgleichungen elliptischer Elemente aus:

$$
\begin{aligned}
\frac{da}{dt} &= \frac{2}{\mu a}\frac{\partial R}{\partial \varepsilon}, \\
\frac{de}{dt} &= -\sqrt{1-e^2}\,\frac{1-\sqrt{1-e^2}}{\mu a^2 e}\frac{\partial R}{\partial \varepsilon} - \frac{\sqrt{1-e^2}}{\mu a^2 e}\frac{\partial R}{\partial \pi}, \\
\frac{d\pi}{dt} &= \frac{\operatorname{tg}^1/_2 J}{\mu a^2\sqrt{1-e^2}}\frac{\partial R}{\partial J} + \frac{\sqrt{1-e^2}}{\mu a^2 e}\frac{\partial R}{\partial e}, \\
\frac{dJ}{dt} &= -\frac{1}{\mu a^2\sqrt{1-e^2}\sin J}\frac{\partial R}{\partial \Omega} - \frac{\operatorname{tg}^1/_2 J}{\mu a^2\sqrt{1-e^2}}\left(\frac{\partial R}{\partial \pi} + \frac{\partial R}{\partial \varepsilon}\right), \\
\frac{d\Omega}{dt} &= \frac{1}{\mu a^2\sqrt{1-e^2}\sin J}\frac{\partial R}{\partial J}, \\
\frac{d\varepsilon}{dt} &= \frac{\operatorname{tg}^1/_2 J}{\mu a^2\sqrt{1-e^2}}\frac{\partial R}{\partial J} + \sqrt{1-e^2}\,\frac{1-\sqrt{1-e^2}}{\mu a^2 e}\frac{\partial R}{\partial e} - \frac{2}{\mu a}\frac{\partial R}{\partial a},
\end{aligned}
\tag{1}
$$

wo R die Störungsfunktion bedeutet und $\mu = \frac{k\sqrt{1+m}}{a^{3/2}}$, und führen in diese Gleichungen statt a und ε die Elemente q (Periheldistanz) und T (Perihelzeit) ein.

Die zwei verschiedenen Elementensysteme sind durch folgende Gleichungen miteinander verbunden:

$$
\begin{aligned}
q &= a(1-e) \\
e &= e \\
\pi &= \pi \\
J &= J \\
\Omega &= \Omega \\
T &= \frac{\pi}{\mu} - \frac{\varepsilon}{\mu} + \tau
\end{aligned}
\tag{2}
$$

wenn τ einen festgelegten Zeitpunkt bedeutet, der so bestimmt ist, dass (in dem elliptischen Systeme) die mittlere Länge für diese Zeit gleich ε ist.

Wir haben also:

$$\begin{aligned}
\frac{dq}{dt} &= (1-e)\frac{da}{dt} - a\frac{de}{dt} \\
\frac{de}{dt} &= \frac{de}{dt} \\
\frac{d\pi}{dt} &= \frac{d\pi}{dt} \\
\frac{dJ}{dt} &= \frac{dJ}{dt} \\
\frac{d\Omega}{dt} &= \frac{d\Omega}{dt} \\
\frac{dT}{dt} &= \frac{1}{\mu}\frac{d\pi}{dt} - \frac{1}{\mu}\frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{3}{2}\cdot\frac{\tau - T}{a}\cdot\frac{da}{dt}
\end{aligned} \tag{3}$$

und durch Einsetzen von (1) in die rechten Seiten der Gleichungen (3) erhalten wir die Differentialkoeffizienten der Elemente q, e, π, J, Ω und T ausgedrückt durch die partiellen Differentialquotienten der Störungsfunktion, genommen in bezug auf die gewöhnlichen elliptischen Elemente.

Wenn wir mit $\frac{\partial R}{\partial a}, \frac{\partial R}{\partial e}$ etc. diese nach den gewöhnlichen elliptischen Elementen genommenen Derivierten der Störungsfunktion bezeichnen und mit $\left(\frac{\partial R}{\partial q}\right), \left(\frac{\partial R}{\partial e}\right)$ etc. die nach den neuen Elementen genommenen, so haben wir laut den Gleichungen (2):

$$\begin{aligned}
\frac{\partial R}{\partial a} &= (1-e)\left(\frac{\partial R}{\partial q}\right) - \frac{3}{2}\frac{1-e}{q}(\tau - T)\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right) \\
\frac{\partial R}{\partial e} &= \left(\frac{\partial R}{\partial e}\right) - \frac{q}{1-e}\left(\frac{\partial R}{\partial q}\right) \\
\frac{\partial R}{\partial \pi} &= \left(\frac{\partial R}{\partial \pi}\right) + \frac{1}{\mu}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right) \\
\frac{\partial R}{\partial J} &= \left(\frac{\partial R}{\partial J}\right) \\
\frac{\partial R}{\partial \Omega} &= \left(\frac{\partial R}{\partial \Omega}\right) \\
\frac{\partial R}{\partial \varepsilon} &= -\frac{1}{\mu}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right).
\end{aligned} \tag{4}$$

Durch Einsetzen dieser Ausdrücke in die Gleichungen (1) und (3) erhalten wir schliesslich, nach leicht verständlicher Reduktion, wenn $m = 0$ gesetzt wird:

$$\begin{aligned}
\frac{dq}{dt} &= \frac{\sqrt{q(1+e)}}{ke}\left(\frac{\partial R}{\partial \pi}\right) + \frac{q^2}{k^2 e}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)\\
\frac{de}{dt} &= -\frac{q(1+e)}{k^2 e}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right) - \frac{(1-e)\sqrt{1+e}}{ke\sqrt{q}}\left(\frac{\partial R}{\partial \pi}\right)\\
\frac{d\pi}{dt} &= -\frac{\sqrt{q(1+e)}}{ke}\left(\frac{\partial R}{\partial q}\right) + \frac{(1-e)\sqrt{1+e}}{ke\sqrt{q}}\left(\frac{\partial R}{\partial e}\right) + \frac{\operatorname{tg}{}^1\!/_2 J}{k\sqrt{q(1+e)}}\left(\frac{\partial R}{\partial J}\right)\\
\frac{dJ}{dt} &= -\frac{\operatorname{tg}{}^1\!/_2 J}{k\sqrt{q(1+e)}}\left(\frac{\partial R}{\partial \pi}\right) - \frac{1}{k \sin J \sqrt{q(1+e)}}\left(\frac{\partial R}{\partial \Omega}\right) \qquad (5)\\
\frac{d\Omega}{dt} &= \frac{1}{k \sin J \sqrt{q(1+e)}}\left(\frac{\partial R}{\partial J}\right)\\
\frac{dT}{dt} &= -\frac{q^2}{k^2 e}\left(\frac{\partial R}{\partial q}\right) + \frac{q(1+e)}{k^2 e}\left(\frac{\partial R}{\partial e}\right).
\end{aligned}$$

Durch Kombination der zwei ersten Gleichungen (5) oder auch direkt aus der ersten Gleichung (1) und der letzten Gleichung (4) erhalten wir die für parabelnahe Bahnen wichtige Gleichung:

$$\frac{d\frac{1}{a}}{dt} = \frac{2}{k^2}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right). \qquad (6)$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich folgendes Resultat. Wenn wir für eine zur Zeit t_0 parabolische Bahn die ursprüngliche halbe grosse Achse (a) berechnen wollen, haben wir:

$$0 = \frac{1}{a} + \frac{2}{k^2}\int_{-\infty}^{t_0}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right) dt$$

das ist

$$\frac{1}{a} = -\frac{2}{k^2}\int_{-\infty}^{t_0}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right) dt. \qquad (7)$$

Für eine zur Zeit t_0 parabelnahe Bahn mit der grossen Achse $2a_0$ erhalten wir, wenn die Abweichung von der Parabelform so geringfügig ist, dass unsere sich an die Parabel anschliessenden Entwickelungen Gültigkeit haben:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_0} - \frac{2}{k^2}\int_{-\infty}^{t_0}\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right) dt. \qquad (8)$$

Nach LAGRANGE gelten für die Bewegung eines gestörten Körpers um den Schwerpunkt des Systems, wenn wir uns mit den Grössen erster Ordnung in bezug auf die störende Masse begnügen[1], genau dieselben Störungsgleichungen wie für

[1] Wenn es in irgend einem Falle nötig sein sollte, höhere Glieder zu berücksichtigen, kann dies leicht mit Hilfe der Gleichung (b) in dem Aufsatz „Über den zweiten Teil der Störungsfunktion" (A. N. 3878) geschehen.

den Fall der relativen Bewegung um die Sonne, wenn wir nur im zweiten Teil der Störungsfunktion die Koordinaten des störenden und des gestörten Körpers vertauschen.

Wir haben also, wenn wir im Folgenden Alles auf den Schwerpunkt des Systems „Sonne-störender Planet" beziehen wollen, für die Störungsfunktion den Ausdruck:

$$R = k^2 m_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{x x_1 + y y_1 + z z_1}{r^3}\right)$$

oder

$$R = k^2 m_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{r_1}{r^2}\cos\Phi\right) \tag{9}$$

wo $x\ y\ z$ die Koordinaten des gestörten, $m_1\ x_1\ y_1\ z_1$ die Masse und die Koordinaten des störenden Körpers bedeuten und

$$\rho = [(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2]^{1/2}$$

oder

$$\rho = [r^2 - 2 r r_1 \cos\Phi + r_1{}^2]^{1/2}. \tag{10}$$

In dem Falle, der für uns die Hauptrolle spielt, wo der Komet sich weit ausserhalb der störenden Bahn befindet, lässt sich $\frac{1}{\rho}$ nach Potenzen von $\frac{r_1}{r}$ entwickeln:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{r} + \frac{r_1}{r^2}\cos\Phi + \frac{r_1{}^2}{r^3}\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\cos^2\Phi\right) + \frac{r_1{}^3}{r^4}\left(-\frac{3}{2}\cos\Phi + \frac{5}{2}\cos^3\Phi\right) \tag{11}$$
$$+ \frac{r_1{}^4}{r^5}\left(\frac{3}{8} - \frac{15}{4}\cos^2\Phi + \frac{35}{8}\cos^4\Phi\right) + \frac{r_1{}^5}{r^6}\left(\frac{15}{8}\cos\Phi - \frac{35}{4}\cos^3\Phi + \frac{63}{8}\cos^5\Phi\right) + \ldots$$

Das Glied $\frac{r_1}{r^2}\cos\Phi$ hebt sich gegen den zweiten Teil der Störungsfunktion auf, und das erste Glied rechts in (11) wird von der Störungsfunktion abgetrennt, wodurch die Bewegungsgleichungen:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} + k^2\frac{x}{r^3} &= \frac{\partial R}{\partial x} \\ \frac{d^2y}{dt^2} + k^2\frac{y}{r^3} &= \frac{\partial R}{\partial y} \\ \frac{d^2z}{dt^2} + k^2\frac{z}{r^3} &= \frac{\partial R}{\partial z} \end{aligned} \tag{12}$$

die folgende Form erhalten:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} + k^2(1+m_1)\frac{x}{r^3} &= \frac{\partial R_1}{\partial x} \\ \frac{d^2y}{dt^2} + k^2(1+m_1)\frac{y}{r^3} &= \frac{\partial R_1}{\partial y} \\ \frac{d^2z}{dt^2} + k^2(1+m_1)\frac{z}{r^3} &= \frac{\partial R_1}{\partial z}, \end{aligned} \tag{13}$$

wo $R_1 = k^2 m_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{r_1}{r^2}\cos\Phi - \frac{1}{r}\right)$,

also:

$$R_1 = k^2 m_1 \left[\frac{r_1{}^2}{r^3}\left(-\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\cos^2\Phi\right) + \frac{r_1{}^3}{r^4}\left(-\frac{3}{2}\cos\Phi + \frac{5}{2}\cos^3\Phi\right)\right. \tag{14}$$
$$\left. + \frac{r_1{}^4}{r^5}\left(\frac{3}{8} - \frac{15}{4}\cos^2\Phi + \frac{35}{8}\cos^4\Phi\right) + \frac{r_1{}^5}{r^6}\left(\frac{15}{8}\cos\Phi - \frac{35}{4}\cos^3\Phi + \frac{63}{8}\cos^5\Phi\right) + \ldots\right].$$

Die Änderung des zweiten Gliedes links in den Gleichungen (12), die aus dem ersten Gliede der Entwickelung der Störungsfunktion stammt, entspricht, wie aus dem Vergleich von (12) und (13) ersichtlich, einer Vermehrung der in dem Schwerpunkt des Systems gedachten Sonnenmasse um die Masse des störenden Planeten. Das, was wir jetzt berechnen, wenn wir in die Störungsgleichungen statt R den Wert R_1 aus (14) einsetzen, sind also die Störungen der auf den Schwerpunkt des Systems und auf die zentrale Masse $1 + m_1$ bezogenen Elemente.

Wir sollten also jetzt versuchen, den Ausdruck für $\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)$ in eine nach der Zeit integrable Form zu bringen. Dies Problem habe ich in einer Abhandlung: Analytische Störungsausdrücke für parabolische Bahnen (A. N. 4033-34) behandelt[1]. Die Integration der Störungsgleichungen führt auf Gammafunktionen.

Im Laufe der Untersuchung zeigte es sich aber[2], dass man das Problem wesentlich vereinfachen kann. Wir bringen zunächst den Ausdruck für $\left(\frac{\partial R}{\partial T}\right)$ in eine für numerische Integration bequeme Form und führen die Integration des Elementes $\frac{1}{a}$ (Störungen erster Ordnung in bezug auf die Massen) noch einige Jahre weiter rückwärts.

Wir hatten, wenn wir die Klammer um den Ausdruck $\frac{\partial R}{\partial T}$ jetzt weglassen:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_0} - \frac{2}{k^2}\int_{-\infty}^{t_0} \frac{\partial R}{\partial T}\,dt$$

$$R = k^2 m_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{x x_1 + y y_1 + z z_1}{r^3} - \frac{1}{r}\right). \qquad (15)$$

Aus (15) erhalten wir nach leichter Reduktion:

$$\frac{\partial R}{\partial T} = k^2 m_1 \left\{\left(\frac{1}{\rho^3} - \frac{1}{r^3}\right)\left[x_1 \frac{\partial x}{\partial T} + y_1 \frac{\partial y}{\partial T} + z_1 \frac{\partial z}{\partial T} - r\frac{\partial r}{\partial T}\right] + \frac{3}{r^4}(x x_1 + y y_1 + z z_1)\frac{\partial r}{\partial T}\right\}. \qquad (16)$$

Wenn wir die Ebene des störenden Planeten zur xy-Ebene wählen, erhalten wir für die Koordinaten des gestörten und des störenden Körpers:

$$\begin{aligned} x &= r\cos(L+v) & x_1 &= r_1\cos(l_1 - K) \\ y &= r\sin(L+v)\cos J & y_1 &= r_1\sin(l_1 - K) \\ z &= r\sin(L+v)\sin J & z_1 &= 0 \end{aligned} \qquad (17)$$

[1] In seiner Abhandlung „Recherches concernant les excentricités des Comètes" hat FAYET dasselbe Problem, und zwar mit ähnlichen Resultaten, gelöst.

[2] Ein Satz über Kometenstörungen (A. N. 4058).

wo L = Länge des Kometenbahnperihels, gerechnet in der Kometenbahn von dem aufsteigenden Knoten der Kometenbahn auf der störenden Bahn, K = Länge dieses Knotens gerechnet in der störenden Bahn, J = gegenseitiger Neigung der störenden und der gestörten Bahn, und l_1 = Länge des störenden Planeten in der Bahn.

L und K ergeben sich durch die Gleichungen:

$$L = \omega - \Phi \qquad K = \Omega_1 + \Psi$$

wo ω die Länge des Kometenperihels, gerechnet in der Bahn von dem aufsteigenden Knoten der Kometenbahn auf der Ekliptik, Ω_1 die Länge des aufsteigenden Knotens der störenden Bahn auf der Ekliptik bedeuten und Φ, Ψ, J in gewöhnlicher Weise durch das Formelsystem:

$$\begin{aligned}
\sin\frac{J}{2}\sin\frac{\Psi+\Phi}{2} &= \sin\frac{\Omega-\Omega_1}{2}\sin\frac{i+i_1}{2}\\
\sin\frac{J}{2}\cos\frac{\Psi+\Phi}{2} &= \cos\frac{\Omega-\Omega_1}{2}\sin\frac{i-i_1}{2}\\
\cos\frac{J}{2}\sin\frac{\Psi-\Phi}{2} &= \sin\frac{\Omega-\Omega_1}{2}\cos\frac{i+i_1}{2}\\
\cos\frac{J}{2}\cos\frac{\Psi-\Phi}{2} &= \cos\frac{\Omega-\Omega_1}{2}\cos\frac{i-i_1}{2}
\end{aligned}$$

erhalten werden

Für die in (16) vorkommenden Grössen $\frac{\partial x}{\partial T}$ etc. erhalten wir, unter Beachtung der Relationen $p = r(1 + e\cos v)$, $\frac{\partial r}{\partial T} = -\frac{ke\sin v}{\sqrt{p}}$ und $\frac{\partial v}{\partial T} = -\frac{k\sqrt{p}}{r^2}$:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x}{\partial T} &= \frac{k}{\sqrt{p}}[e\sin L + \sin(L+v)]\\
\frac{\partial y}{\partial T} &= -\frac{k}{\sqrt{p}}\cos J\,[e\cos L + \cos(L+v)]\\
\frac{\partial z}{\partial T} &= -\frac{k}{\sqrt{p}}\sin J\,[e\cos L + \cos(L+v)]\,.
\end{aligned}$$

Unter der Voraussetzung, dass wir bei der Berechnung der Störungen jetzt von der Abweichung der Kometenbahnexzentrizität von der Einheit absehen dürfen (die hierdurch vernachlässigten Grössen sind, wie numerisch leicht zu zeigen ist, in den wirklich parabelnahen Fällen vollständig verschwindend), ziehen sich diese Gleichungen folgender Weise zusammen:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x}{\partial T} &= 2\frac{k}{\sqrt{p}}\sin(L + {}^1/_2 v)\cos {}^1/_2 v\\
\frac{\partial y}{\partial T} &= -2\frac{k}{\sqrt{p}}\cos J\cos(L + {}^1/_2 v)\cos {}^1/_2 v\\
\frac{\partial z}{\partial T} &= -2\frac{k}{\sqrt{p}}\sin J\cos(L + {}^1/_2 v)\cos {}^1/_2 v
\end{aligned} \qquad (18)$$

woraus sich dann ergibt:

$$x_1 \frac{\partial x}{\partial T} + y_1 \frac{\partial y}{\partial T} + z_1 \frac{\partial z}{\partial T} = 2 \frac{k}{\sqrt{p}} r_1 [\cos (l_1 - K) \sin (L + {}^1/_2 v) -$$
$$- \sin (l_1 - K) \cos (L + {}^1/_2 v) \cos J] \cos {}^1/_2 v .$$

Durch Einführung der Hilfsgrössen B und b:

$$b \sin B = \sin (L + {}^1/_2 v) \qquad b \cos B = - \cos (L + {}^1/_2 v) \cos J$$

erhalten wir:

$$x_1 \frac{\partial x}{\partial T} + y_1 \frac{\partial y}{\partial T} + z_1 \frac{\partial z}{\partial T} = 2 \frac{k}{\sqrt{p}} r_1 b \sin (l_1 - K + B) \cos {}^1/_2 v . \qquad (19)$$

Für den Ausdruck $x x_1 + y y_1 + z z_1$ haben wir:

$$x x_1 + y y_1 + z z_1 = r r_1 [\cos (l_1 - K) \cos (L + v) + \sin (l_1 - K) \sin (L + v) \cos J] .$$

Wenn wir $a \sin A = - \sin (L + v) \cos J \qquad a \cos A = \cos (L + v)$

setzen, so ergibt sich:

$$x x_1 + y y_1 + z z_1 = r r_1 a \cos (l_1 - K + A). \qquad (20)$$

Mit Rücksicht auf (19) und (20) erhalten wir dann aus (16):

$$\frac{\mathrm{d} \frac{1}{a}}{\mathrm{d}t} = \frac{2}{k^2} \frac{\partial R}{\partial T} = 2 m_1 \frac{k}{\sqrt{p}} \left[\left(\frac{1}{\rho^3} - \frac{1}{r^3} \right) [2 r_1 b \sin (l_1 - K + B) \cos {}^1/_2 v + r \sin v] - \right.$$
$$\left. - 3 \frac{r_1}{r^3} \sin v \, a \cos (l_1 - K + A) \right] . \qquad (21)$$

Für den Kometen 1890 II habe ich[1] durch Rückwärtsrechnung der Störungen bis 1884 Jan. 8 die für dies Datum gültigen, auf den Schwerpunkt des Systems Sonne–Jupiter–Saturn bezogenen Ekliptikalkoordinaten und Geschwindigkeitskomponenten abgeleitet. (Vgl. S. 50).

Mit der zentralen Masse: Sonne + Jupiter + Saturn (= 1·001 2399) erhalten wir hieraus das auf S. 51 gegebene Elementensystem (Schwerpunktssystem, bezogen auf die Masse: ☉ + ♃ + ♄), also eine elliptische Bahn.

Wir gehen dann von diesem Elementensystem aus und berechnen, unter Vernachlässigung der Grösse $(1 - e)$ mit Hilfe von der Formel (21) durch numerische Integration die von Jupiter und Saturn verursachten Störungen noch weiter rückwärts. Für die Grössen Φ, Ψ, L, K, J erhalten wir unter Benutzung der im Berliner Jahrbuch für die störenden Planeten gegebenen Koordinaten (eine Reduktion der letzteren Grössen auf den Schwerpunkt würde nur ganz unbeträchtliche Korrektionen mit sich bringen) die auf Seite 51 gegebenen Werte.

Die nach der Formel (21) ausgeführte Rechnung ergibt die zwei Tafeln auf S. 51, wo w das Intervall bedeutet, und zwar bei den Jupiterstörungen 160 und bei den Saturnstörungen 320 Tage. Die Werte sind in Einheiten der siebenten Stelle gegeben.

Die zwei Tafeln geben das Resultat, dass die Rückwärtsrechnung der Störungen für Jupiter und Saturn bis Anfang 1878, resp. 1875 den positiven (d. h. elliptischen) Wert von $1 : a$ (+ 0·000 0787), den wir für 1884 Jan. 8·0 erhalten hatten, nur um etwa 70 Einheiten der siebenten Stelle vermindert.

---

[1] Über Kometenbahnexzentrizitäten. II. Stockholm 1899.

Wenn wir eine möglichst exakte Antwort haben wollten auf die Frage, welchen Wert die Grösse $1:a$ für den Kometen 1890 II ursprünglich gehabt hat, könnten wir jetzt von 1878 April 29 (resp. 1875 April 15) an die Störungen nach den A. N. 4033–34 auseinandergesetzten Prinzipien entwickeln. Wenn wir uns aber damit begnügen wollen, zu konstatieren, ob wir auf Grund der ausgeführten Rückwärtsrechnung die Frage von der ursprünglichen Bahnform jetzt lösen können, oder ob es nötig ist, die Rückwärtsrechnung noch weiter zu führen, können wir einen leichteren, aber nichtsdestoweniger ebenso sicheren Weg wählen.

Der Ausdruck für die ursprüngliche halbe grosse Achse lautet:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_0} - \int_{-\infty}^{t_0} 2 m_1 \frac{k}{\sqrt{p}} \left[\left(\frac{1}{\rho^3} - \frac{1}{r^3} \right) [2 r_1 b \sin (l_1 - K + B) \cos {}^1\!/_2 v + r \sin v] \right.$$
$$\left. - 3 \frac{r_1}{r^3} \sin v \, a \cos (l_1 - K + A) \right] dt$$

oder, wenn wir $\Delta \left(\frac{1}{a} \right) = \frac{1}{a} - \frac{1}{a_0}$ setzen, für unseren jetzigen Zweck besser:

$$\Delta \left(\frac{1}{a} \right) = - \int_{-\infty}^{t_0} 2 m_1 \frac{k}{\sqrt{p}} \left[\left(\frac{1}{\rho^3} - \frac{1}{r^3} \right) [2 r_1 b \sin (l_1 - K + B) \cos {}^1\!/_2 v + r \sin v] \right.$$
$$\left. - 3 \frac{r_1}{r^3} \sin v \cos \Phi \right] dt \qquad (22)$$

wo Φ durch die Gleichung $\rho^2 = r^2 - 2 r r_1 \cos \Phi + r_1{}^2$ definiert ist.

Wenn wir $\frac{1}{\rho^3}$ nach Potenzen von $\frac{r_1}{r}$ entwickeln, erhalten wir folgende für $\frac{r_1}{r} < 1$ unbedingt konvergente Reihe:

$$\frac{1}{\rho^3} = \frac{1}{r^3} + 3 \frac{r_1}{r^4} \cos \Phi + \frac{r_1{}^2}{r^5} \left(- \frac{3}{2} + \frac{15}{2} \cos^2 \Phi \right) + \frac{r_1{}^3}{r^6} \left(- \frac{15}{2} \cos \Phi + \frac{35}{2} \cos^3 \Phi \right)$$
$$+ \frac{r_1{}^4}{r^7} \left(\frac{15}{8} - \frac{105}{4} \cos^2 \Phi + \frac{315}{8} \cos^4 \Phi \right) + \cdots . \qquad (23)$$

Unter dem Integralzeichen in (22) hebt sich das erste aus $\left(\frac{1}{\rho^3} - \frac{1}{r^3} \right) r \sin v$ stammende Glied gegen das Glied $- 3 \frac{r_1}{r^3} \sin v \cos \Phi$ auf, und wenn wir die Reihe für $\frac{1}{\rho^3}$ in der folgenden Weise schreiben:

$$\frac{1}{\rho^3} = \frac{1}{r^3} P_0{}^3 (\cos \Phi) + \frac{r_1}{r^4} P_1{}^3 (\cos \Phi) + \frac{r_1{}^2}{r^5} P_2{}^3 (\cos \Phi) + \cdots$$
$$+ \frac{r_1{}^{n-1}}{r^{n+2}} P_{n-1}^3 (\cos \Phi) + \cdots \qquad (24)$$

und beachten, dass $dt = \frac{r^2}{k \sqrt{p}} dv$ ist, so erhalten wir statt (22):

$$\Delta \frac{1}{a} = - 2 m_1 \frac{1}{p} \int_{-\infty}^{t_0} \left\{ 2 b \sin (l_1 - K + B) \left[\frac{r_1{}^2}{r^2} P_1{}^3 (\cos \Phi) + \frac{r_1{}^3}{r^3} P_2{}^3 (\cos \Phi) + \cdots + \frac{r_1{}^{n+1}}{r^{n+1}} P_n^3 (\cos \Phi) + \cdots \right] \cos {}^1\!/_2 v \right.$$
$$\left. + \left[\frac{r_1{}^2}{r^2} P_2{}^3 (\cos \Phi) + \frac{r_1{}^3}{r^3} P_3{}^3 (\cos \Phi) + \cdots + \frac{r_1{}^{n+1}}{r^{n+1}} P_{n+1}^3 (\cos \Phi) + \cdots \right] \sin v \right\} dv . \qquad (25)$$

Aus der Theorie der Kugelfunktionen ist es bekannt, dass in der Entwickelung

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\sqrt{r^2 - 2rr_1\cos\Phi + {r_1}^2}} = \frac{1}{r}\left[1 + \left(\frac{r_1}{r}\right) P_1{}^1(\cos\Phi) + \left(\frac{r_1}{r}\right)^2 P_2{}^1(\cos\Phi) + \cdots + \left(\frac{r_1}{r}\right)^n P_n^1(\cos\Phi) + \cdots\right] \tag{26}$$

die Koeffizienten $P_n{}^1$ der stets giltigen Ungleichung

$$-1 \leqq P_n{}^1(\cos\Phi) \leqq +1$$

unterworfen, also numerisch kleiner sind als die Koeffizienten in der Entwickelung von $\frac{1}{r - r_1}$. In entsprechender Weise kann es bewiesen werden[1], dass ganz allgemein in der Entwickelung

$$\frac{1}{\rho^p} = \frac{1}{r^p}\left[1 + \left(\frac{r_1}{r}\right) P_1{}^p(\cos\Phi) + \left(\frac{r_1}{r}\right)^2 P_2{}^p(\cos\Phi) + \cdots\right]$$

die Ungleichung

$$-\frac{(n+1)\cdots(n+p-1)}{(p-1)!} \leqq P_n{}^p(\cos\Phi) \leqq +\frac{(n+1)\cdots(n+p-1)}{(p-1)!} \tag{27}$$

stattfindet, die Koeffizienten also immer numerisch kleiner sind als die Koeffizienten der Entwickelung von $\frac{1}{(r - r_1)^p}$. Wir haben also in unserem Falle, wo $p = 3$:

$$-\frac{(n+1)(n+2)}{2} \leqq P_n{}^3(\cos\Phi) \leqq +\frac{(n+1)(n+2)}{2}. \tag{28}$$

Wenn wir dann ausserdem beachten, dass der Koeffizient b immer numerisch ≤ 1 ist, können wir aus (25) folgende Ungleichung bilden, wenn wir mit R_1 den Maximalwert, $a_1(1 + e_1)$, von r_1 bezeichnen:

$$\left|\Delta\frac{1}{a}\right| < \frac{m_1}{q}\int_{-\infty}^{t_0}\left[2\sum_1^\infty{}'\frac{(n+1)(n+2)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\cos{}^1\!/_2\,v\,dv + \sum_1^\infty{}'\frac{(n+2)(n+3)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\sin v\,dv\right] \tag{29}$$

unter der Voraussetzung, dass wir den zwei Summenintegralen dasselbe Vorzeichen geben.

Wir haben aber

$$\int_{-\infty}^{t_0}\frac{1}{r^n}\sin v\,dv = \frac{4}{q^n}\int_{-\infty}^{t_0}\cos^{2n+1}{}^1\!/_2\,v\sin{}^1\!/_2\,v\,d\,{}^1\!/_2\,v = -\frac{2q}{(n+1)r^{n+1}}$$

und also

$$\int_{-\infty}^{t_0}\sum_1^\infty{}'\frac{(n+2)(n+3)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\sin v\,dv = -q\sum_1^\infty{}'\frac{n+3}{r}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}. \tag{30}$$

[1] Verallgemeinerung eines Satzes aus der Theorie der Kugelfunktionen. Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, Stockholm 1906.

Für die erste Summe in (29) können wir schreiben:

$$2\sum{}'\frac{(n+1)\,(n+2)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\cos{}^1/_2\,v < 2\sum{}'\frac{(n+2)\,(n+3)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\frac{\sin v}{2\sin{}^1/_2\,v}. \quad (31)$$

In unserem Problem erstreckt sich die Integration von $v = -180°$ bis zu einem Werte v_0, der immer in dem dritten Quadranten liegt. Der Ausdruck $\frac{1}{\sin{}^1/_2\,v}$ hat also in dem Wert $\frac{1}{\sin{}^1/_2\,v_0}$ seinen numerischen Maximalwert, und wir erhalten deshalb aus (31):

$$2\int_{-\infty}^{t_0}\sum_1^\infty{}'\frac{(n+1)\,(n+2)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\cos{}^1/_2\,v\,dv \text{ numerisch kleiner als}$$

$$\frac{1}{\sin{}^1/_2\,v_0}\int_{-\infty}^{t_0}\sum_1^\infty{}'\frac{(n+2)\,(n+3)}{2}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}\sin v\,dv$$

und also mit Hilfe von (30) numerisch kleiner als

$$\frac{q}{\sin{}^1/_2\,v_0}\sum_1^\infty\frac{n+3}{r}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1}. \quad (32)$$

Wenn wir dann in (29) einsetzen, erhalten wir schliesslich den für unser Problem wichtigen, in der Anwendung sehr bequemen Satz:

$$\left|\Delta\left(\frac{1}{a}\right)\right| < m_1\left(1+\frac{1}{\sin{}^1/_2\,v_0}\right)\sum_1^\infty{}'\frac{n+3}{r}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1} \quad (33)$$

wo wir den numerischen Wert von $\sin{}^1/_2\,v_0$ mit positivem Vorzeichen anzuwenden haben.

Für kleine Werte von $\frac{R_1}{r}$ konvergiert die Summe

$$\sum_1^\infty{}'\frac{n+3}{r}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1} \quad (34)$$

schnell. In ungünstigeren Fällen könnte man den geschlossenen Ausdruck

$$\sum_1^\infty{}'\frac{n+3}{r}\left(\frac{R_1}{r}\right)^{n+1} = \frac{1}{R_1}\sum_3^\infty{}'(n+1)\left(\frac{R_1}{r}\right)^n = \frac{1}{R_1}\left\{\frac{1}{\left(1-\frac{R_1}{r}\right)^2} - \left[1+2\frac{R_1}{r}+3\left(\frac{R_1}{r}\right)^2\right]\right\} \quad (35)$$

benutzen.

Wir wenden jetzt die Formel (33) auf den Kometen 1890 II an.

Wir blieben in der Rückwärtsrechnung der Störungen der Schwerpunktselemente für Jupiter bei 1878 April 29 und für Saturn bei 1875 April 15 stehen. Die für die Berechnung der Formel (33) nötigen Werte lauten:

Komet — Jupiter	Komet — Saturn
$m_1 = 1 : 1047{\cdot}355$	$m_1 = 1 : 3501{\cdot}6$
$v_0 = -149° 41'{\cdot}70$	$v_0 = -152° 3'{\cdot}56$
$\log r = 1{\cdot}44476$	$\log r = 1{\cdot}51380$
$\log R_1 = 0{\cdot}73670$	$\log R_1 = 1{\cdot}00319$

Hieraus ergibt sich

für die Jupiterstörungen : $| \Delta (1 : a) | < 0{\cdot}000\,0142$

für die Saturnstörungen : $| \Delta (1 : a) | < 0{\cdot}000\,0109$

woraus wir den Schluss ziehen können, dass die strenge Berücksichtigung der Störungen seitens Jupiter und Saturn vor 1878, bezw. 1875 die elliptische Natur der Bahn des Kometen 1890 II nicht wegbringen würde. Durch eine weitergeführte Rückwärtsrechnung der speziellen Störungen hätten wir die Grenzen des Einflusses der betreffenden zwei Planeten noch bedeutend enger ziehen können. Für unseren Zweck ist ja aber das erhaltene Resultat entscheidend.

Durch die Formel (33) sind wir also in den Stand gesetzt, eine obere Grenze für den nicht gerechneten Teil der Störungen durch eine ausserordentlich einfache Rechnung mit mathematischer Strenge zu bestimmen. Indirekte können wir aber dann auch entscheiden, wie weit rückwärts wir die Störungsrechnung führen müssen, um sicher zu sein, dass der unberücksichtigte Teil der Störungen verschwindend klein ist.

Bei den in dieser Abhandlung behandelten Kometen ist die exakte Rückwärtsrechnung der Störungen in allen Fällen bis zu nahe derselben Zeit (etwa 6 Jahren) vor dem Periheldurchgang durchgeführt worden. Die darauf folgende einfachere Rechnung (Störungen erster Ordnung) umfasst auch für alle Kometen ungefähr denselben Zeitraum, und dies hat zur Folge, dass wir in allen diesen Fällen für $\left| \Delta\left(\frac{1}{a}\right) \right|$ beinahe denselben numerischen Wert erhalten wie für den Kometen 1890 II.

Es ist aber zu der Anwendung der Formel (33) zu bemerken, dass wir für $\left| \Delta\left(\frac{1}{a}\right) \right|$, d. h. für die Maximalgrenze der unberücksichtigten Störung in $\frac{1}{a}$, immer in jedem konkreten Falle einen bedeutend niedrigeren Wert feststellen können, ohne dass wir genötigt wären, die Störungsrechnung weiter rückwärts zu führen. Bei der Ableitung der Formel (33) haben wir für b und für $P_n^3 (\cos \Phi)$ ihre theoretischen Maximalwerte benutzt. Es ist aber leicht, in jedem konkreten Falle, d. h. für jede Kometenbahn, je nach den Werten der Bahnelemente, spezielle Maximalwerte zu berechnen, die einen niedrigeren Betrag aufweisen.

Die oben für den Kometen 1890 II gegebenen Werte von $\left| \Delta\left(\frac{1}{a}\right) \right|$ genügen aber, um zu beweisen, dass die bei unsren Rechnungen unberücksichtigt gebliebenen Reste der Störungen sehr klein sind. Wir wollen daher diesen Punkt nicht weiter verfolgen.

II. Die numerische Rechnung und deren Verwertung.

Jetzt kehren wir zu der Einleitung zurück. Auf S. 7 haben wir das Endresultat der Fabry'schen Wahrscheinlichkeitsuntersuchung in der folgenden Form wiedergegeben: wenn wir annähmen, dass die Kometen von aussen in das Sonnensystem eindrängen, müssten sie alle in hyperbolischen Bahnen hereinkommen, und zwar müsste sich unter diesen Bahnen eine beträchtliche Anzahl stark hyperbolischer Natur befinden.

Wir fügten an der betreffenden Stelle folgende Bemerkung hinzu. „Daraus, sollte man dann meinen, könnte der sichere Schluss gezogen werden: da wir in unsren Kometenbahnverzeichnissen nur ganz wenige hyperbolische, stark ausgeprägt hyperbolische Bahnen überhaupt nicht finden, muss wenigstens die überwiegende Mehrzahl der bekannten Kometen unsrem Sonnensystem immer angehört haben". In der Tat hat auch Fabry selbst einen solchen Satz, und zwar in noch bestimmterer Form, ausgesprochen.[1]

In einem in den Juni- und Juli-Heften 1910 des Bull. Astr. veröffentlichten Aufsatze hat nun Schiaparelli folgende Überlegung gemacht. Wir nehmen für einen Augenblick an, dass die Kometen interstellaren Ursprungs wären und also alle von aussen in das Sonnensystem hineingedrungen wären. Durch die Störungen seitens der grossen Planeten würden die Bahnen alle modifiziert werden, und eine gewisse Anzahl Bahnen würden in elliptische umgeändert werden. Die hyperbolischen Kometen würden aber, für den Fall, dass die Hyperbolizität nicht auf dem Wege nach aussen in Elliptizität verwandelt würde, das System wieder verlassen, während die in elliptischen Bahnen laufenden Kometen in unsrem Systeme bleiben würden. Im Laufe der Zeiten würde diese natürliche Auswahl schliesslich zu dem Resultate führen, dass sich im Sonnensystem eine grosse Anzahl elliptischer Kometenbahnen vorfinden würde, während hyperbolische Bahnen immer nur in relativ geringer Zahl vorhanden sein würden.

Wenn es deshalb im Sonnensystem eine, wenn auch geringe, Anzahl hyperbolischer Bahnen mit Sicherheit gibt, dann liegt sehr wohl die Möglichkeit vor, dass alle Kometen einen extrasolaren Ursprung haben.

Die Frage lautet also jetzt nicht mehr so: gibt es eine beträchtliche Anzahl Hyperbelbahnen im Sonnensystem? Sie spitzt sich vielmehr in die folgende Form zu: gibt es überhaupt in unsrem Systeme verbürgte hyperbolische Kometenbahnen? Es ist die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung, diese Frage zu beantworten.

Für den Kometen 1890 II haben wir oben den wichtigen Satz erhalten: wenn wir die Störungen der grossen Planeten berücksichtigen, erhalten wir für die ursprüngliche Bahn dieses Kometen eine entschiedene Ellipse.

Nachdem Fayet im Jahre 1900 für den Kometen 1892 II eine ähnliche Untersuchung mit demselben Resultat ausgeführt hatte, publizierte er 1906 seine grosse

[1] l. c. p. 158.

Abhandlung: "Recherches concernant les excentricités des comètes". Diese Abhandlung gibt die Resultate einer approximativen Rückwärtsrechnung für etwa 150 Kometen.

Die Resultate der Fayetschen Rechnung sind in den einzelnen Fällen aus den folgenden Gründen nicht entscheidend: 1) hat FAYET eine grosse Anzahl Kometen mitgenommen, deren Bahnelemente viel zu ungenau sind, um zu Exzentrizitätsuntersuchung angewandt zu werden; so sind z. B. eine grosse Anzahl Parabelbahnen ($^2/_3$ des ganzen Materials) berücksichtigt worden (vgl. oben S. 12) und viele, für welche die Bahnberechnung ohne Rücksicht auf Störungen ausgeführt war (vgl. S. 12), 2) hat der Verf. nur Jupiter als störenden Planeten berücksichtigt und 3) ist die Berechnungsmethode selbst nur eine approximative: die Kometenbahn wird immer bei der Rechnung als exakte Parabel, die Jupiterbahn als exakter Kreis behandelt, und es handelt sich immer nur um Störungen 1ster Ordnung. Als Überschlagsrechnung haben aber die Fayetschen Resultate wegen des grossen Materials einen sehr bedeutenden Wert.

Die Resultate der Fayetschen Arbeit können in der folgenden Weise angegeben werden: Die Rückwärtsrechnung der Störungen vermindert in den aller meisten Fällen die Exzentrizität, in der Weise, dass die elliptischen Bahnen noch stärker elliptisch werden und die hyperbolischen in elliptische oder jedenfalls schwächer hyperbolische (Vgl. hierzu A. N. 4033 p. 2).

Für einige kritische Fälle rechnet FAYET dann die Störungen nach genaueren Methoden (Spezielle Störungen erster Ordnung) und zwar mit dem Resultate, dass die Hyperbolizität entweder verschwindet oder doch so schwach wird, dass sie als ziemlich illusorisch betrachtet werden kann. Nur für zwei Kometen, für welche eine zuverlässige Bahnberechnung vorliegt, die Kometen 1890 II und 1898 VII blieb die Hyperbolizität entschieden grösser als der mittlere Fehler der Bahnexzentrizität.

Wenn also aus den jetzt erwähnten Untersuchungen das Resultat mit einem beträchtlichen Wahrscheinlichkeitsgrade hervorgeht, dass die überwiegende Mehrzahl der bis jetzt bekannten Kometenbahnen ursprünglich elliptisch waren, kann das Problem doch nicht als gelöst betrachtet werden, bis für die kritischen Grenzfälle eine exakte Untersuchung vorliegt.

Zu diesem Zwecke haben wir nach demselben Programme wie dem am Kometen 1890 II angewandten die exakte Rückwärtsrechnung für noch 7 Kometen ausgeführt, die alle in bezug auf die Genauigkeit der Bahnbestimmung zu den zuverlässigsten gehören und die alle eine kritische Exzentrizität besitzen. Für die fünf (1886 I, 1886 II, 1886 IX, 1897 I, 1898 VII) hatte die Bahnbestimmung, ebenso wie für den Kometen 1890 II, eine entschiedene Hyperbolizität gegeben, die zwei übrigen Bahnen (1882 II, 1902 III) waren elliptisch, aber der Parabel sehr nahe.

Wir haben unten die wichtigsten Resultate dieser Rechnung zusammengestellt. Der Vollständigkeit wegen haben wir den Kometen 1890 II hier mit aufgenommen. Mit Ausnahme von diesem letzten Kometen, für den die Rechnung schon vor vielen Jahren fertig vorlagen, sind alle Bahnen der Einheitlichkeit wegen auf das Aequinoktium 1900·0 bezogen worden.

Um anderen Rechnern eine unnütze Arbeit zu sparen, geben wir zunächst für den Zeitraum 1871 Febr. 5 — 1904 Dez. 9 die aus den Polarkoordinaten des Berliner Jahrbuchs berechneten, rechtwinkeligen Koordinaten der Planeten Jupiter und Saturn (x_1 y_1 z_1) nebst den diesen zwei Planeten entstammenden Störungskomponenten der Sonne (X_2 Y_2 Z_2 in der v. Oppolzerschen Bezeichnung), alles auf 1900·0 bezogen. Nach der Berechnung der auf $\odot + m_{\mathfrak{U}} + m_{\mathfrak{h}}$ bezogenen Schwerpunktselemente ist die Rechnung aus Bequemlichkeitsrücksichten in jedem Falle auf das Aequinoktium bezogen worden, für welches die bei der fortgesetzten Störungsrechnung nötigen Polarkoordinaten der störenden Planeten im B. J. gegeben sind.

Koordinaten der Planeten Jupiter und Saturn nebst den diesen zwei Planeten entstammenden Störungskomponenten der Sonne (w = 40 Tagen), alles auf 1900.0 bezogen.

	(♃)						(♄)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
1904												
Dez. 9	+ 4.30541	+ 2.46474	— 0.10631	— 159.29	— 91.19	+ 3.93	+ 7.7010	— 6.1574	— 0.2049	— 10.86	+ 8.68	+ 0.29
Okt. 30	+ 4.45014	+ 2.18366	— 0.10852	— 165.04	— 80.98	+ 4.02	+ 7.5722	— 6.3303	— 0.1968	— 10.64	+ 8.90	+ 0.28
Sept. 20	+ 4.57759	+ 1.89410	— 0.11031	— 170.07	— 70.37	+ 4.11	+ 7.4397	— 6.4997	— 0.1887	— 10.43	+ 9.11	+ 0.26
Aug. 11	+ 4.68722	+ 1.59716	— 0.11167	— 174.37	— 59.42	+ 4.15	+ 7.3035	— 6.6665	— 0.1804	— 10.21	+ 9.32	+ 0.25
Juli 2	+ 4.77857	+ 1.29398	— 0.11259	— 177.89	— 48.17	+ 4.19	+ 7.1636	— 6.8297	— 0.1721	— 9.99	+ 9.52	+ 0.24
Mai 23	+ 4.85127	+ 0.98577	— 0.11308	— 180.63	— 36.70	+ 4.21	+ 7.0203	— 6.9895	— 0.1636	— 9.76	+ 9.72	+ 0.23
April 13	+ 4.90504	+ 0.67370	— 0.11312	— 182.55	— 25.07	+ 4.21	+ 6.8737	— 7.1462	— 0.1551	— 9.53	+ 9.91	+ 0.21
März 4	+ 4.93968	+ 0.35900	— 0.11272	— 183.67	— 13.35	+ 4.19	+ 6.7236	— 7.2992	— 0.1464	— 9.30	+ 10.09	+ 0.20
Jan. 24	+ 4.95510	+ 0.04291	— 0.11189	— 183.95	— 1.59	+ 4.15	+ 6.5702	— 7.4485	— 0.1378	— 9.06	+ 10.28	+ 0.19
1903												
Dez. 15	+ 4.95120	— 0.27335	— 0.11062	— 183.43	+ 10.13	+ 4.10	+ 6.4136	— 7.5944	— 0.1291	— 8.83	+ 10.45	+ 0.18
Nov. 5	+ 4.92809	— 0.58856	— 0.10891	— 182.09	+ 21.75	+ 4.02	+ 6.2539	— 7.7366	— 0.1203	— 8.58	+ 10.62	+ 0.17
Sept. 26	+ 4.88590	— 0.90149	— 0.10679	— 179.96	+ 33.20	+ 3.93	+ 6.0911	— 7.8750	— 0.1114	— 8.34	+ 10.79	+ 0.15
Aug. 17	+ 4.82487	— 1.21094	— 0.10426	— 177.07	+ 44.44	+ 3.83	+ 5.9256	— 8.0097	— 0.1025	— 8.10	+ 10.96	+ 0.14
Juli 8	+ 4.74523	— 1.51574	— 0.10132	— 173.42	+ 55.40	+ 3.70	+ 5.7571	— 8.1405	— 0.0936	— 7.85	+ 11.10	+ 0.13
Mai 29	+ 4.64747	— 1.81473	— 0.09800	— 169.07	+ 66.02	+ 3.56	+ 5.5858	— 8.2674	— 0.0845	— 7.60	+ 11.25	+ 0.11
April 19	+ 4.53196	— 2.10681	— 0.09430	— 164.03	+ 76.25	+ 3.41	+ 5.4119	— 8.3904	— 0.0755	— 7.35	+ 11.40	+ 0.10
März 10	+ 4.39926	— 2.39089	— 0.09024	— 158.35	+ 86.06	+ 3.25	+ 5.2352	— 8.5092	— 0.0664	— 7.10	+ 11.54	+ 0.09
Jan. 29	+ 4.24997	— 2.66596	— 0.08585	— 152.08	+ 95.40	+ 3.07	+ 5.0561	— 8.6240	— 0.0573	— 6.84	+ 11.67	+ 0.08
1902												
Dez. 20	+ 4.08474	— 2.93104	— 0.08113	— 145.25	+ 104.22	+ 2.89	+ 4.8748	— 8.7350	— 0.0481	— 6.58	+ 11.80	+ 0.06
Nov. 10	+ 3.90430	— 3.18520	— 0.07611	— 137.92	+ 112.51	+ 2.69	+ 4.6911	— 8.8416	— 0.0390	— 6.31	+ 11.92	+ 0.05
Okt. 1	+ 3.70939	— 3.42757	— 0.07080	— 130.12	+ 120.24	+ 2.48	+ 4.5051	— 8.9440	— 0.0298	— 6.06	+ 12.04	+ 0.04
Aug. 22	+ 3.50085	— 3.65734	— 0.06524	— 121.92	+ 127.37	+ 2.27	+ 4.3169	— 9.0424	— 0.0206	— 5.80	+ 12.15	+ 0.03
Juli 13	+ 3.27954	— 3.87378	— 0.05944	— 113.36	+ 133.90	+ 2.05	+ 4.1267	— 9.1360	— 0.0114	— 5.54	+ 12.26	+ 0.02
Juni 3	+ 3.04634	— 4.07619	— 0.05343	— 104.49	+ 139.81	+ 1.83	+ 3.9346	— 9.2255	— 0.0022	— 5.27	+ 12.36	0.00
April 24	+ 2.80218	— 4.26394	— 0.04722	— 95.35	+ 145.09	+ 1.60	+ 3.7405	— 9.3108	+ 0.0070	— 5.01	+ 12.46	— 0.01
März 15	+ 2.54802	— 4.43649	— 0.04084	— 86.01	+ 149.75	+ 1.38	+ 3.5447	— 9.3916	+ 0.0162	— 4.74	+ 12.55	— 0.02
Febr. 3	+ 2.28486	— 4.59334	— 0.03432	— 76.49	+ 153.77	+ 1.15	+ 3.3472	— 9.4680	+ 0.0254	— 4.47	+ 12.64	— 0.03

	(a)						(b)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
1901												
Dez. 25	+ 2.01369	— 4.73411	— 0.02768	— 66.85	+ 157.17	+ 0.92	+ 3.1482	— 9.5398	+ 0.0346	— 4.20	+ 12.72	— 0.05
Nov. 15	+ 1.73551	— 4.85841	— 0.02094	— 57.16	+ 159.94	+ 0.69	+ 2.9477	— 9.6073	+ 0.0438	— 3.93	+ 12.80	— 0.06
Okt. 6	+ 1.45133	— 4.96591	— 0.01413	— 47.38	+ 162.10	+ 0.46	+ 2.7458	— 9.6703	+ 0.0529	— 3.66	+ 12.87	— 0.07
Aug. 27	+ 1.16219	— 5.05647	— 0.00727	— 37.61	+ 163.67	+ 0.24	+ 2.5426	— 9.7286	+ 0.0621	— 3.38	+ 12.94	— 0.08
Juli 18	+ 0.86911	— 5.12987	— 0.00039	— 27.89	+ 164.64	+ 0.01	+ 2.3383	— 9.7822	+ 0.0712	— 3.11	+ 13.00	— 0.10
Juni 8	+ 0.57309	— 5.18600	+ 0.00650	— 18.23	+ 165.05	— 0.21	+ 2.1328	— 9.8316	+ 0.0802	— 2.83	+ 13.05	— 0.11
April 29	+ 0.27518	— 5.22486	+ 0.01336	— 8.68	+ 164.90	— 0.42	+ 1.9263	— 9.8762	+ 0.0893	— 2.56	+ 13.11	— 0.12
März 20	— 0.02365	— 5.24643	+ 0.02018	+ 0.74	+ 164.22	— 0.63	+ 1.7189	— 9.9152	+ 0.0982	— 2.28	+ 13.15	— 0.13
Febr. 8	— 0.32240	— 5.25078	+ 0.02694	+ 10.01	+ 163.03	— 0.84	+ 1.5108	— 9.9515	+ 0.1072	— 2.00	+ 13.19	— 0.14
1900												
Dez. 30	— 0.62016	— 5.23807	+ 0.03359	+ 19.10	+ 161.34	— 1.03	+ 1.3020	— 9.9816	+ 0.1160	— 1.73	+ 13.23	— 0.15
Nov. 20	— 0.91586	— 5.20844	+ 0.04015	+ 27.99	+ 159.18	— 1.23	+ 1.0925	— 10.0076	+ 0.1249	— 1.45	+ 13.26	— 0.17
Okt. 11	— 1.20863	— 5.16212	+ 0.04658	+ 36.66	+ 156.57	— 1.41	+ 0.8825	— 10.0290	+ 0.1336	— 1.17	+ 13.28	— 0.18
Sept. 1	— 1.49756	— 5.09940	+ 0.05288	+ 45.09	+ 153.53	— 1.59	+ 0.6721	— 10.0457	+ 0.1424	— 0.89	+ 13.30	— 0.19
Juli 23	— 1.78175	— 5.02058	+ 0.05897	+ 53.26	+ 150.08	— 1.76	+ 0.4613	— 10.0577	+ 0.1510	— 0.61	+ 13.32	— 0.20
Juni 13	— 2.06036	— 4.92604	+ 0.06492	+ 61.17	+ 146.24	— 1.93	+ 0.2504	— 10.0649	+ 0.1596	— 0.33	+ 13.33	— 0.21
Mai 4	— 2.33255	— 4.81617	+ 0.07063	+ 68.79	+ 142.04	— 2.08	+ 0.0393	— 10.0676	+ 0.1681	— 0.05	+ 13.33	— 0.22
März 25	— 2.59753	— 4.69144	+ 0.07613	+ 76.12	+ 137.48	— 2.23	— 0.1717	— 10.0655	+ 0.1765	+ 0.23	+ 13.33	— 0.23
Febr. 13	— 2.85455	— 4.55228	+ 0.08141	+ 83.15	+ 132.60	— 2.37	— 0.3827	— 10.0587	+ 0.1849	+ 0.51	+ 13.33	— 0.24
Jan. 4	— 3.10284	— 4.39922	+ 0.08643	+ 89.87	+ 127.41	— 2.50	— 0.5935	— 10.0472	+ 0.1931	+ 0.79	+ 13.32	— 0.26
1899												
Nov. 25	— 3.34171	— 4.23281	+ 0.09120	+ 96.27	+ 121.92	— 2.64	— 0.8040	— 10.0309	+ 0.2013	+ 1.07	+ 13.30	— 0.27
Okt. 16	— 3.57049	— 4.05363	+ 0.09568	+ 102.36	+ 116.20	— 2.74	— 1.0142	— 10.0100	+ 0.2094	+ 1.35	+ 13.28	— 0.28
Sept. 6	— 3.78854	— 3.86226	+ 0.09988	+ 108.12	+ 110.20	— 2.85	— 1.2239	— 9.9846	+ 0.2173	+ 1.63	+ 13.25	— 0.29
Juli 28	— 3.99525	— 3.65934	+ 0.10379	+ 113.51	+ 103.96	— 2.95	— 1.4330	— 9.9545	+ 0.2252	+ 1.90	+ 13.22	— 0.30
Juni 18	— 4.19008	— 3.44553	+ 0.10738	+ 118.58	+ 97.51	— 3.04	— 1.6414	— 9.9196	+ 0.2330	+ 2.18	+ 13.18	— 0.31
Mai 9	— 4.37247	— 3.22150	+ 0.11065	+ 123.31	+ 90.85	— 3.12	— 1.8490	— 9.8800	+ 0.2406	+ 2.46	+ 13.14	— 0.32
März 30	— 4.54193	— 2.98796	+ 0.11360	+ 127.69	+ 84.00	— 3.19	— 2.0559	— 9.8360	+ 0.2482	+ 2.74	+ 13.09	— 0.33
Febr. 18	— 4.69803	— 2.74561	+ 0.11622	+ 131.69	+ 76.98	— 3.26	— 2.2617	— 9.7872	+ 0.2556	+ 3.01	+ 13.04	— 0.34
Jan. 9	— 4.84030	— 2.49519	+ 0.11848	+ 135.40	+ 69.80	— 3.31	— 2.4664	— 9.7340	+ 0.2630	+ 3.29	+ 12.99	— 0.35
1898												
Nov. 30	— 4.96837	— 2.23744	+ 0.12041	+ 138.72	+ 62.47	— 3.36	— 2.6700	— 9.6762	+ 0.2701	+ 3.57	+ 12.92	— 0.36
Okt. 21	— 5.08193	— 1.97316	+ 0.12198	+ 141.68	+ 55.01	— 3.40	— 2.8723	— 9.6138	+ 0.2772	+ 3.84	+ 12.86	— 0.37
Sept. 11	— 5.18062	— 1.70311	+ 0.12320	+ 144.29	+ 47.44	— 3.43	— 3.0733	— 9.5469	+ 0.2841	+ 4.11	+ 12.78	— 0.38
Aug. 2	— 5.26418	— 1.42808	+ 0.12405	+ 146.53	+ 39.75	— 3.45	— 3.2728	— 9.4755	+ 0.2909	+ 4.39	+ 12.70	— 0.39
Juni 23	— 5.33239	— 1.14890	+ 0.12454	+ 148.40	+ 31.98	— 3.46	— 3.4708	— 9.3997	+ 0.2975	+ 4.66	+ 12.62	— 0.40
Mai 14	— 5.38504	— 0.86636	+ 0.12467	+ 149.91	+ 24.12	— 3.47	— 3.6671	— 9.3194	+ 0.3040	+ 4.93	+ 12.53	— 0.41
April 4	— 5.42196	— 0.58130	+ 0.12444	+ 151.04	+ 16.19	— 3.46	— 3.8617	— 9.2348	+ 0.3104	+ 5.20	+ 12.43	— 0.42
Febr. 23	— 5.44309	— 0.29454	+ 0.12384	+ 151.79	+ 8.21	— 3.45	— 4.0544	— 9.1457	+ 0.3167	+ 5.47	+ 12.33	— 0.43
Jan. 14	— 5.44829	— 0.00691	+ 0.12288	+ 152.17	+ 0.19	— 3.43	— 4.2453	— 9.0524	+ 0.3227	+ 5.73	+ 12.23	— 0.44
1897												
Dez. 5	— 5.43752	+ 0.28073	+ 0.12156	+ 152.17	— 7.86	— 3.40	— 4.4340	— 8.9548	+ 0.3286	+ 6.00	+ 12.12	— 0.44
Okt. 26	— 5.41082	+ 0.56755	+ 0.11989	+ 151.78	— 15.92	— 3.36	— 4.6207	— 8.8530	+ 0.3344	+ 6.26	+ 12.00	— 0.45
Sept. 16	— 5.36820	+ 0.85269	+ 0.11786	+ 151.00	— 23.99	— 3.32	— 4.8055	— 8.7468	+ 0.3400	+ 6.53	+ 11.88	— 0.46
Aug. 7	— 5.30975	+ 1.13533	+ 0.11548	+ 149.84	— 32.04	— 3.25	— 4.9875	— 8.6366	+ 0.3455	+ 6.79	+ 11.75	— 0.47

	(4)						(h)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
(1897)												
Juni 28	−5.23561	+1.41461	+0.11277	+148.28	−40.06	−3.19	−5.1672	−8.5221	+0.3508	+7.04	+11.62	−0.48
Mai 19	−5.14592	+1.68968	+0.10972	+146.32	−48.04	−3.11	−5.3444	−8.4036	+0.3557	+7.30	+11.48	−0.49
April 9	−5.04090	+1.95972	+0.10633	+143.96	−55.96	−3.03	−5.5191	−8.2812	+0.3608	+7.56	+11.34	−0.49
Febr. 28	−4.92079	+2.22389	+0.10264	+141.19	−63.81	−2.95	−5.6913	−8.1548	+0.3656	+7.81	+11.19	−0.50
Jan. 19	−4.78587	+2.48135	+0.09863	+138.02	−71.56	−2.84	−5.8606	−8.0243	+0.3702	+8.06	+11.04	−0.51
1896												
Dez. 10	−4.63649	+2.73136	+0.09433	+134.44	−79.20	−2.74	−6.0271	−7.8902	+0.3746	+8.31	+10.87	−0.52
Okt. 31	−4.47301	+2.97303	+0.08974	+130.46	−86.71	−2.62	−6.1906	−7.7522	+0.3788	+8.55	+10.71	−0.52
Sept. 21	−4.29586	+3.20561	+0.08487	+126.06	−94.06	−2.49	−6.3512	−7.6105	+0.3829	+8.80	+10.54	−0.53
Aug. 12	−4.10551	+3.42836	+0.07974	+121.24	−101.25	−2.36	−6.5087	−7.4650	+0.3868	+9.04	+10.37	−0.54
Juli 3	−3.90244	+3.64048	+0.07437	+116.03	−108.23	−2.21	−6.6630	−7.3162	+0.3904	+9.27	+10.18	−0.54
Mai 24	−3.68721	+3.84125	+0.06877	+110.38	−115.01	−2.06	−6.8140	−7.1633	+0.3939	+9.51	+10.00	−0.55
April 14	−3.46042	+4.02997	+0.06295	+104.35	−121.53	−1.90	−6.9617	−7.0073	+0.3972	+9.74	+9.81	−0.56
März 5	−3.22269	+4.20595	+0.05693	+97.91	−127.79	−1.73	−7.1059	−6.8477	+0.4003	+9.97	+9.61	−0.56
Jan. 25	−2.97469	+4.36854	+0.05073	+91.07	−133.75	−1.55	−7.2465	−6.6845	+0.4032	+10.20	+9.41	−0.57
1895												
Dez. 16	−2.71715	+4.51710	+0.04436	+83.85	−139.39	−1.37	−7.3838	−6.5185	+0.4059	+10.42	+9.20	−0.57
Nov. 6	−2.45083	+4.65106	+0.03785	+76.24	−144.69	−1.18	−7.5173	−6.3491	+0.4084	+10.64	+8.99	−0.58
Sept. 27	−2.17651	+4.76986	+0.03122	+68.27	−149.60	−0.98	−7.6470	−6.1766	+0.4107	+10.86	+8.77	−0.58
Aug. 18	−1.89504	+4.87297	+0.02449	+59.93	−154.11	−0.77	−7.7730	−6.0010	+0.4128	+11.07	+8.55	−0.59
Juli 9	−1.60728	+4.95992	+0.01767	+51.26	−158.19	−0.56	−7.8951	−5.8224	+0.4147	+11.28	+8.32	−0.59
Mai 30	−1.31417	+5.03031	+0.01080	+42.27	−161.80	−0.35	−8.0134	−5.6409	+0.4164	+11.48	+8.08	−0.60
April 20	−1.01661	+5.08375	+0.00389	+32.98	−164.92	−0.13	−8.1274	−5.4566	+0.4178	+11.68	+7.84	−0.60
März 11	−0.71560	+5.11989	−0.00303	+23.41	−167.52	+0.10	−8.2374	−5.2695	+0.4191	+11.88	+7.60	−0.60
Jan. 30	−0.41214	+5.13845	−0.00995	+13.60	−169.56	+0.33	−8.3434	−5.0800	+0.4200	+12.07	+7.35	−0.61
1894												
Dez. 21	−0.10725	+5.13929	−0.01682	+3.57	−171.04	+0.56	−8.4448	−4.8878	+0.4210	+12.26	+7.09	−0.61
Nov. 11	+0.19801	+5.12216	−0.02365	−6.65	−171.91	+0.79	−8.5422	−4.6930	+0.4216	+12.44	+6.84	−0.61
Okt. 2	+0.50257	+5.08702	−0.03039	−17.01	−172.15	+1.05	−8.6350	−4.4959	+0.4220	+12.62	+6.56	−0.62
Aug. 23	+0.80535	+5.03386	−0.03701	−27.48	−171.75	+1.26	−8.7234	−4.2965	+0.4222	+12.79	+6.30	−0.62
Juli 14	+1.10525	+4.96276	−0.04351	−38.01	−170.68	+1.50	−8.8074	−4.0949	+0.4222	+12.96	+6.03	−0.62
Juni 4	+1.40117	+4.87363	−0.04986	−48.57	−168.92	+1.73	−8.8870	−3.8914	+0.4220	+13.12	+5.75	−0.62
April 25	+1.69200	+4.76687	−0.05601	−59.09	−166.47	+1.96	−8.9620	−3.6856	+0.4215	+13.28	+5.46	−0.63
März 16	+1.97663	+4.64266	−0.06197	−69.53	−163.31	+2.18	−9.0326	−3.4782	+0.4208	+13.43	+5.17	−0.63
Febr. 4	+2.25396	+4.50134	−0.06769	−79.84	−159.46	+2.40	−9.0980	−3.2688	+0.4199	+13.58	+4.88	−0.63
1893												
Dez. 26	+2.52295	+4.34331	−0.07317	−89.97	−154.88	+2.61	−9.1586	−3.0577	+0.4188	+13.72	+4.58	−0.63
Nov. 16	+2.78249	+4.16905	−0.07837	−99.85	−149.61	+2.81	−9.2146	−2.8452	+0.4174	+13.85	+4.28	−0.63
Okt. 7	+3.03157	+3.97911	−0.08328	−109.43	−143.64	+3.01	−9.2662	−2.6311	+0.4159	+13.98	+3.97	−0.63
Aug. 28	+3.26919	+3.77412	−0.08787	−118.66	−136.99	+3.19	−9.3124	−2.4156	+0.4141	+14.10	+3.66	−0.63
Juli 19	+3.49437	+3.55477	−0.09212	−127.47	−129.68	+3.36	−9.3536	−2.1987	+0.4121	+14.22	+3.34	−0.63
Juni 9	+3.70618	+3.32182	−0.09603	−135.82	−121.74	+3.52	−9.3900	−1.9809	+0.4099	+14.33	+3.02	−0.63
April 30	+3.90378	+3.07613	−0.09957	−143.65	−113.20	+3.66	−9.4215	−1.7619	+0.4074	+14.43	+2.69	−0.62
März 21	+4.08632	+2.81857	−0.10272	−150.91	−104.09	+3.79	−9.4478	−1.5420	+0.4048	+14.52	+2.37	−0.62
Febr. 9	+4.25304	+2.55011	−0.10547	−157.55	−94.47	+3.91	−9.4692	−1.3213	+0.4019	+14.61	+2.04	−0.62

	(♃)						(♄)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
1892												
Dez. 31	+ 4.40325	+ 2.27174	— 0.10782	— 163.53	— 84.37	+ 4.00	— 9.4852	— 1.0998	+ 0.3988	+ 14.69	+ 1.70	— 0.62
Nov. 21	+ 4.53630	+ 1.98453	— 0.10974	— 168.80	— 73.84	+ 4.08	— 9.4962	— 0.8778	+ 0.3955	+ 14.76	+ 1.37	— 0.62
Okt. 12	+ 4.65169	+ 1.68959	— 0.11124	— 173.34	— 62.96	+ 4.15	— 9.5020	— 0.6553	+ 0.3920	+ 14.83	+ 1.02	— 0.61
Sept. 2	+ 4.74891	+ 1.38805	— 0.11231	— 177.12	— 51.77	+ 4.19	— 9.5027	— 0.4325	+ 0.3883	+ 14.89	+ 0.68	— 0.61
Juli 24	+ 4.82757	+ 1.08109	— 0.11293	— 180.11	— 40.33	+ 4.21	— 9.4984	— 0.2094	+ 0.3843	+ 14.94	+ 0.33	— 0.60
Juni 14	+ 4.88733	+ 0.76989	— 0.11312	— 182.28	— 28.71	+ 4.22	— 9.4888	+ 0.0137	+ 0.3802	+ 14.98	— 0.02	— 0.60
Mai 5	+ 4.92802	+ 0.45569	— 0.11286	— 183.64	— 16.98	+ 4.21	— 9.4738	+ 0.2369	+ 0.3758	+ 15.02	— 0.38	— 0.60
März 26	+ 4.94947	+ 0.13971	— 0.11216	— 184.17	— 5.20	+ 4.17	— 9.4536	+ 0.4600	+ 0.3712	+ 15.04	— 0.73	— 0.59
Febr. 15	+ 4.95160	— 0.17682	— 0.11102	— 183.88	+ 6.57	+ 4.12	— 9.4282	+ 0.6827	+ 0.3664	+ 15.06	— 1.09	— 0.59
Jan. 6	+ 4.93448	— 0.49266	— 0.10946	— 182.78	+ 18.25	+ 4.06	— 9.3976	+ 0.9051	+ 0.3615	+ 15.07	— 1.45	— 0.58
1891												
Nov. 27	+ 4.89818	— 0.80659	— 0.10746	— 180.88	+ 29.79	+ 3.97	— 9.3614	+ 1.1270	+ 0.3563	+ 15.07	— 1.81	— 0.57
Okt. 18	+ 4.84295	— 1.11739	— 0.10505	— 178.19	+ 41.11	+ 3.87	— 9.3203	+ 1.3483	+ 0.3509	+ 15.06	— 2.18	— 0.57
Sept. 8	+ 4.76903	— 1.42389	— 0.10224	— 174.75	+ 52.18	+ 3.75	— 9.2740	+ 1.5688	+ 0.3453	+ 15.04	— 2.54	— 0.56
Juli 30	+ 4.67681	— 1.72492	— 0.09904	— 170.59	+ 62.92	+ 3.61	— 9.2223	+ 1.7884	+ 0.3395	+ 15.01	— 2.91	— 0.55
Juni 20	+ 4.56672	— 2.01937	— 0.09545	— 165.73	+ 73.28	+ 3.46	— 9.1654	+ 2.0070	+ 0.3335	+ 14.98	— 3.28	— 0.55
Mai 11	+ 4.43923	— 2.30612	— 0.09150	— 160.22	+ 83.23	+ 3.30	— 9.1030	+ 2.2245	+ 0.3274	+ 14.93	— 3.65	— 0.54
April 1	+ 4.29499	— 2.58416	— 0.08721	— 154.10	+ 92.71	+ 3.13	— 9.0354	+ 2.4406	+ 0.3210	+ 14.88	— 4.02	— 0.53
Febr. 20	+ 4.13456	— 2.85248	— 0.08259	— 147.41	+ 101.70	+ 2.95	— 8.9630	+ 2.6554	+ 0.3145	+ 14.81	— 4.39	— 0.52
Jan. 11	+ 3.95870	— 3.11015	— 0.07766	— 140.21	+ 110.15	+ 2.75	— 8.8854	+ 2.8687	+ 0.3078	+ 14.74	— 4.76	— 0.51
1890												
Dez. 2	+ 3.76814	— 3.35628	— 0.07244	— 132.53	+ 118.04	+ 2.55	— 8.8022	+ 3.0803	+ 0.3009	+ 14.65	— 5.13	— 0.50
Okt. 23	+ 3.56372	— 3.59003	— 0.06696	— 124.43	+ 125.34	+ 2.34	— 8.7142	+ 3.2901	+ 0.2938	+ 14.56	— 5.50	— 0.49
Sept. 13	+ 3.34625	— 3.81065	— 0.06122	— 115.95	+ 132.05	+ 2.12	— 8.6210	+ 3.4980	+ 0.2865	+ 14.45	— 5.87	— 0.48
Aug. 4	+ 3.11662	— 4.01744	— 0.05527	— 107.16	+ 138.13	+ 1.90	— 8.5230	+ 3.7039	+ 0.2791	+ 14.34	— 6.23	— 0.47
Juni 25	+ 2.87575	— 4.20974	— 0.04912	— 98.09	+ 143.59	+ 1.68	— 8.4198	+ 3.9075	+ 0.2715	+ 14.22	— 6.60	— 0.46
Mai 16	+ 2.62462	— 4.38700	— 0.04279	— 88.80	+ 148.42	+ 1.45	— 8.3115	+ 4.1089	+ 0.2638	+ 14.08	— 6.96	— 0.45
April 6	+ 2.36417	— 4.54871	— 0.03631	— 79.32	+ 152.62	+ 1.22	— 8.1984	+ 4.3079	+ 0.2559	+ 13.94	— 7.32	— 0.44
Febr. 25	+ 2.09540	— 4.69442	— 0.02971	— 69.72	+ 156.19	+ 0.99	— 8.0805	+ 4.5043	+ 0.2478	+ 13.79	— 7.68	— 0.42
Jan. 16	+ 1.81933	— 4.82377	— 0.02300	— 60.02	+ 159.13	+ 0.76	— 7.9578	+ 4.6981	+ 0.2396	+ 13.63	— 8.04	— 0.41
1889												
Dez. 7	+ 1.53697	— 4.93644	— 0.01619	— 50.27	+ 161.47	+ 0.53	— 7.8302	+ 4.8890	+ 0.2313	+ 13.45	— 8.40	— 0.40
Okt. 28	+ 1.24934	— 5.03219	— 0.00936	— 40.52	+ 163.20	+ 0.30	— 7.6980	+ 5.0769	+ 0.2228	+ 13.26	— 8.75	— 0.38
Sept. 18	+ 0.95747	— 5.11082	— 0.00247	— 30.79	+ 164.34	+ 0.08	— 7.5610	+ 5.2620	+ 0.2142	+ 13.07	— 9.10	— 0.37
Aug. 9	+ 0.66236	— 5.17226	+ 0.00440	— 21.12	+ 164.90	— 0.14	— 7.4194	+ 5.4439	+ 0.2055	+ 12.86	— 9.44	— 0.36
Juni 30	+ 0.36505	— 5.21639	+ 0.01128	— 11.54	+ 164.92	— 0.36	— 7.2735	+ 5.6224	+ 0.1966	+ 12.65	— 9.78	— 0.34
Mai 21	+ 0.06652	— 5.24324	+ 0.01811	— 2.09	+ 164.39	— 0.57	— 7.1232	+ 5.7975	+ 0.1876	+ 12.42	— 10.11	— 0.33
April 11	— 0.23222	— 5.25286	+ 0.02488	+ 7.22	+ 163.35	— 0.77	— 6.9685	+ 5.9690	+ 0.1785	+ 12.19	— 10.44	— 0.31
März 2	— 0.53021	— 5.24536	+ 0.03157	+ 16.36	+ 161.80	— 0.97	— 6.8093	+ 6.1369	+ 0.1693	+ 11.95	— 10.77	— 0.30
Jan. 21	— 0.82649	— 5.22092	+ 0.03816	+ 25.29	+ 159.78	— 1.17	— 6.6459	+ 6.3010	+ 0.1600	+ 11.69	— 11.09	— 0.28
1888												
Dez. 12	— 1.12012	— 5.17972	+ 0.04463	+ 34.02	+ 157.31	— 1.36	— 6.4787	+ 6.4613	+ 0.1506	+ 11.43	— 11.40	— 0.27
Nov. 2	— 1.41018	— 5.12201	+ 0.05096	+ 42.51	+ 154.40	— 1.54	— 6.3073	+ 6.6176	+ 0.1411	+ 11.16	— 11.71	— 0.25
Sept. 23	— 1.69578	— 5.04814	+ 0.05712	+ 50.75	+ 151.08	— 1.71	— 6.1321	+ 6.7699	+ 0.1315	+ 10.88	— 12.01	— 0.23
Aug. 14	— 1.97608	— 4.95845	+ 0.06311	+ 58.73	+ 147.36	— 1.88	— 5.9529	+ 6.9180	+ 0.1218	+ 10.58	— 12.30	— 0.22

	(24)						(h)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
(1888)												
Juli 5	−2.25022	−4.85329	+0.06890	+66.43	+143.27	−2.03	−5.7701	+7.0617	+0.1120	+10.29	−12.59	−0.20
Mai 26	−2.51738	−4.73312	+0.07448	+73.84	+138.83	−2.18	−5.5836	+7.2008	+0.1022	+9.98	−12.87	−0.18
April 16	−2.77681	−4.59840	+0.07982	+80.95	+134.06	−2.33	−5.3938	+7.3358	+0.0923	+9.66	−13.14	−0.17
März 7	−3.02776	−4.44964	+0.08493	+87.76	+128.97	−2.46	−5.2006	+7.4660	+0.0823	+9.33	−13.40	−0.15
Jan. 27	−3.26951	−4.28735	+0.08977	+94.25	+123.60	−2.59	−5.0040	+7.5915	+0.0723	+9.00	−13.65	−0.13
1887												
Dez. 18	−3.50138	−4.11211	+0.09436	+100.43	+117.94	−2.71	−4.8043	+7.7124	+0.0623	+8.66	−13.90	−0.11
Nov. 8	−3.72272	−3.92450	+0.09864	+106.27	+112.03	−2.82	−4.6014	+7.8284	+0.0522	+8.31	−14.14	−0.09
Sept. 29	−3.93293	−3.72515	+0.10263	+111.78	+105.88	−2.92	−4.3958	+7.9394	+0.0421	+7.95	−14.36	−0.08
Aug. 20	−4.13142	−3.51471	+0.10632	+116.96	+99.50	−3.01	−4.1874	+8.0454	+0.0321	+7.59	−14.58	−0.06
Juli 11	−4.31766	−3.29384	+0.10970	+121.77	+92.89	−3.09	−3.9761	+8.1462	+0.0218	+7.22	−14.79	−0.04
Juni 1	−4.49110	−3.06321	+0.11274	+126.28	+86.13	−3.17	−3.7624	+8.2419	+0.0116	+6.84	−14.98	−0.02
April 22	−4.65134	−2.82358	+0.11546	+130.43	+79.18	−3.24	−3.5462	+8.3322	+0.0014	+6.46	−15.17	0.00
März 13	−4.79789	−2.57564	+0.11784	+134.22	+72.05	−3.30	−3.3279	+8.4172	−0.0087	+6.07	−15.35	+0.02
Febr. 1	−4.93039	−2.32016	+0.11987	+137.66	+64.78	−3.35	−3.1074	+8.4972	−0.0189	+5.67	−15.51	+0.03
1886												
Dez. 23	−5.04844	−2.05787	+0.12155	+140.74	+57.37	−3.39	−2.8849	+8.5716	−0.0291	+5.27	−15.67	+0.05
Nov. 13	−5.15174	−1.78958	+0.12288	+143.46	+49.83	−3.42	−2.6605	+8.6404	−0.0392	+4.87	−15.81	+0.07
Okt. 4	−5.24000	−1.51606	+0.12384	+145.82	+42.19	−3.45	−2.4343	+8.7036	−0.0494	+4.46	−15.94	+0.09
Aug. 25	−5.31300	−1.23812	+0.12445	+147.82	+34.45	−3.46	−2.2067	+8.7614	−0.0595	+4.05	−16.06	+0.11
Juli 16	−5.37049	−0.95657	+0.12469	+149.44	+26.62	−3.47	−1.9775	+8.8134	−0.0696	+3.63	−16.17	+0.13
Juni 6	−5.41231	−0.67223	+0.12457	+150.70	+18.72	−3.47	−1.7471	+8.8598	−0.0796	+3.21	−16.26	+0.15
April 27	−5.43835	−0.38593	+0.12409	+151.58	+10.76	−3.46	−1.5156	+8.9006	−0.0895	+2.78	−16.35	+0.16
März 18	−5.44848	−0.09851	+0.12324	+152.09	+2.75	−3.44	−1.2831	+8.9356	−0.0995	+2.36	−16.42	+0.18
Febr. 6	−5.44269	+0.18920	+0.12203	+152.21	−5.29	−3.41	−1.0498	+8.9648	−0.1093	+1.93	−16.48	+0.20
1885												
Dez. 28	−5.42091	+0.47635	+0.12047	+151.95	−13.35	−3.38	−0.8157	+8.9884	−0.1190	+1.50	−16.53	+0.22
Nov. 18	−5.38324	+0.76211	+0.11855	+151.31	−21.42	−3.33	−0.5812	+9.0060	−0.1287	+1.07	−16.56	+0.24
Okt. 9	−5.32969	+1.04562	+0.11628	+150.27	−29.48	−3.28	−0.3462	+9.0180	−0.1383	+0.64	−16.58	+0.25
Aug. 30	−5.26040	+1.32604	+0.11367	+148.84	−37.52	−3.22	−0.1110	+9.0240	−0.1479	+0.20	−16.59	+0.27
Juli 21	−5.17552	+1.60252	+0.11072	+147.02	−45.52	−3.15	+0.1243	+9.0242	−0.1573	−0.23	−16.59	+0.29
Juni 11	−5.07520	+1.87423	+0.10744	+144.79	−53.47	−3.07	+0.3595	+9.0188	−0.1666	−0.66	−16.58	+0.31
Mai 2	−4.95973	+2.14034	+0.10384	+142.16	−61.35	−2.98	+0.5945	+9.0072	−0.1758	−1.09	−16.55	+0.32
März 23	−4.82933	+2.40002	+0.09993	+139.12	−69.14	−2.88	+0.8291	+8.9900	−0.1850	−1.52	−16.51	+0.34
Febr. 11	−4.68436	+2.65244	+0.09572	+135.68	−76.83	−2.77	+1.0632	+8.9670	−0.1940	−1.95	−16.46	+0.36
Jan. 2	−4.52517	+2.89682	+0.09121	+131.82	−84.39	−2.66	+1.2966	+8.9384	−0.2028	−2.38	−16.39	+0.37
1884												
Nov. 23	−4.35217	+3.13236	+0.08643	+127.56	−91.80	−2.53	+1.5292	+8.9038	−0.2115	−2.80	−16.31	+0.39
Okt. 14	−4.16580	+3.35826	+0.08138	+122.88	−99.06	−2.40	+1.7609	+8.8634	−0.2201	−3.22	−16.23	+0.40
Sept. 4	−3.96655	+3.57379	+0.07608	+117.78	−106.12	−2.26	+1.9914	+8.8176	−0.2286	−3.64	−16.12	+0.42
Juli 26	−3.75494	+3.77819	+0.07054	+112.28	−112.97	−2.11	+2.2206	+8.7660	−0.2369	−4.06	−16.01	+0.43
Juni 16	−3.53156	+3.97076	+0.06478	+106.36	−119.59	−1.95	+2.4484	+8.7088	−0.2451	−4.47	−15.89	+0.45
Mai 7	−3.29705	+4.15077	+0.05882	+100.04	−125.95	−1.78	+2.6747	+8.6458	−0.2531	−4.87	−15.75	+0.46
März 28	−3.05205	+4.31761	+0.05267	+93.32	−132.02	−1.61	+2.8992	+8.5776	−0.2609	−5.27	−15.60	+0.47
Febr. 17	−2.79727	+4.47057	+0.04635	+86.21	−137.78	−1.43	+3.1219	+8.5038	−0.2686	−5.67	−15.45	+0.49
Jan. 8	−2.53345	+4.60912	+0.03989	+78.71	−143.20	−1.24	+3.3426	+8.4246	−0.2761	−6.06	−15.28	+0.50

	(a)						(b)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
1883												
Nov. 29	−2.26139	+4.73266	+0.03328	+70.84	−148.25	−1.04	+3.5613	+8.3400	−0.2834	−6.45	−15.10	+0.51
Okt. 20	−1.98190	+4.84064	+0.02658	+62.60	−152.90	−0.84	+3.7776	+8.2502	−0.2906	−6.83	−14.91	+0.53
Sept. 10	−1.69585	+4.93262	+0.01978	+54.02	−157.13	−0.63	+3.9915	+8.1549	−0.2975	−7.20	−14.71	+0.54
Aug. 1	−1.40413	+5.00812	+0.01292	+45.11	−160.89	−0.42	+4.2029	+8.0545	−0.3043	−7.56	−14.50	+0.55
Juni 22	−1.10768	+5.06677	+0.00601	+35.89	−164.18	−0.19	+4.4118	+7.9490	−0.3109	−7.92	−14.28	+0.56
Mai 13	−0.80747	+5.10820	−0.00091	+26.39	−166.95	+0.03	+4.6178	+7.8386	−0.3173	−8.28	−14.05	+0.57
April 3	−0.50449	+5.13212	−0.00784	+16.63	−169.17	+0.26	+4.8209	+7.7232	−0.3235	−8.62	−13.81	+0.58
Febr. 22	−0.19976	+5.13833	−0.01473	+6.64	−170.83	+0.49	+5.0210	+7.6029	−0.3294	−8.96	−13.56	+0.59
Jan. 13	+0.10565	+5.12664	−0.02158	−3.54	−171.90	+0.72	+5.2179	+7.4778	−0.3352	−9.29	−13.31	+0.60
1882												
Dez. 4	+0.41070	+5.09693	−0.02835	−13.89	−172.32	+0.96	+5.4114	+7.3482	−0.3408	−9.61	−13.05	+0.61
Okt. 25	+0.71429	+5.04916	−0.03502	−24.35	−172.11	+1.19	+5.6017	+7.2138	−0.3461	−9.92	−12.78	+0.61
Sept. 15	+1.01534	+4.98335	−0.04156	−34.89	−171.24	+1.43	+5.7884	+7.0750	−0.3513	−10.22	−12.50	+0.62
Aug. 6	+1.31273	+4.89960	−0.04795	−45.46	−169.69	+1.66	+5.9716	+6.9318	−0.3562	−10.52	−12.21	+0.63
Juni 27	+1.60536	+4.79807	−0.05417	−56.02	−167.44	+1.89	+6.1511	+6.7843	−0.3609	−10.80	−11.92	+0.63
Mai 18	+1.89211	+4.67899	−0.06020	−66.52	−164.49	+2.12	+6.3267	+6.6326	−0.3654	−11.08	−11.62	+0.64
April 8	+2.17190	+4.54267	−0.06600	−76.89	−160.82	+2.34	+6.4984	+6.4768	−0.3696	−11.35	−11.31	+0.65
Febr. 27	+2.44363	+4.38950	−0.07156	−87.09	−156.45	+2.55	+6.6660	+6.3170	−0.3736	−11.61	−11.00	+0.65
Jan. 18	+2.70624	+4.21994	−0.07685	−97.07	−151.36	+2.76	+6.8298	+6.1533	−0.3774	−11.86	−10.68	+0.66
1881												
Dez. 9	+2.95868	+4.03451	−0.08185	−106.76	−145.57	+2.96	+6.9893	+5.9860	−0.3811	−12.10	−10.36	+0.66
Okt. 30	+3.19994	+3.83385	−0.08654	−116.10	−139.10	+3.14	+7.1445	+5.8149	−0.3845	−12.33	−10.03	+0.66
Sept. 20	+3.42903	+3.61859	−0.09091	−125.05	−131.96	+3.32	+7.2954	+5.6403	−0.3877	−12.55	−9.70	+0.67
Aug. 11	+3.64503	+3.38952	−0.09492	−133.55	−124.18	+3.48	+7.4418	+5.4622	−0.3904	−12.76	−9.36	+0.67
Juli 2	+3.84705	+3.14744	−0.09858	−141.53	−115.79	+3.63	+7.5837	+5.2808	−0.3930	−12.96	−9.02	+0.67
Mai 23	+4.03423	+2.89322	−0.10185	−148.96	−106.83	+3.76	+7.7210	+5.0963	−0.3954	−13.15	−8.68	+0.67
April 13	+4.20578	+2.62780	−0.10473	−155.78	−97.33	+3.88	+7.8538	+4.9088	−0.3975	−13.33	−8.33	+0.67
März 4	+4.36104	+2.35219	−0.10721	−161.93	−87.34	+3.98	+7.9820	+4.7183	−0.3994	−13.50	−7.98	+0.68
Jan. 23	+4.49933	+2.06744	−0.10926	−167.41	−76.92	+4.07	+8.1052	+4.5250	−0.4011	−13.66	−7.63	+0.68
1880												
Dez. 14	+4.62008	+1.77463	−0.11089	−172.15	−66.13	+4.13	+8.2236	+4.3289	−0.4024	−13.81	−7.27	+0.68
Nov. 4	+4.72279	+1.47489	−0.11209	−176.13	−55.00	+4.18	+8.3370	+4.1303	−0.4036	−13.96	−6.91	+0.68
Sept. 25	+4.80704	+1.16939	−0.11286	−179.32	−43.62	+4.21	+8.4456	+3.9293	−0.4046	−14.09	−6.55	+0.67
Aug. 16	+4.87250	+0.85932	−0.11318	−181.71	−32.05	+4.22	+8.5492	+3.7260	−0.4053	−14.21	−6.20	+0.67
Juli 7	+4.91893	+0.54590	−0.11306	−183.29	−20.34	+4.21	+8.6480	+3.5204	−0.4058	−14.32	−5.83	+0.67
Mai 28	+4.94614	+0.23034	−0.11249	−184.05	−8.57	+4.19	+8.7416	+3.3128	−0.4060	−14.43	−5.47	+0.67
April 18	+4.95409	−0.08611	−0.11149	−183.96	+3.20	+4.14	+8.8302	+3.1034	−0.4061	−14.52	−5.10	+0.67
März 9	+4.94274	−0.40222	−0.11005	−183.07	+14.90	+4.08	+8.9136	+2.8920	−0.4058	−14.60	−4.74	+0.66
Jan. 29	+4.91223	−0.71677	−0.10820	−181.38	+26.47	+4.00	+8.9918	+2.6791	−0.4054	−14.68	−4.37	+0.66
1879												
Dez. 20	+4.86271	−1.02856	−0.10592	−178.91	+37.84	+3.90	+9.0665	+2.4639	−0.4042	−14.74	−4.01	+0.66
Nov. 10	+4.79441	−1.33637	−0.10323	−175.67	+48.96	+3.78	+9.1346	+2.2480	−0.4033	−14.80	−3.64	+0.65
Okt. 1	+4.70774	−1.63904	−0.10014	−171.70	+59.78	+3.65	+9.1975	+2.0308	−0.4021	−14.84	−3.28	+0.65
Aug. 22	+4.60308	−1.93545	−0.09668	−167.03	+70.23	+3.51	+9.2550	+1.8125	−0.4008	−14.88	−2.91	+0.64
Juli 13	+4.48088	−2.22450	−0.09284	−161.70	+80.28	+3.35	+9.3073	+1.5930	−0.3991	−14.91	−2.55	+0.64

	(24)						(h)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
(1879)												
Juni 3	+ 4.34175	— 2.50513	— 0.08866	— 155.76	+ 89.87	+ 3.18	+ 9.3544	+ 1.3728	— 0.3973	— 14.93	— 2.19	+ 0.63
April 24	+ 4.18631	— 2.77634	— 0.08414	— 149.24	+ 98.97	+ 3.00	+ 9.3962	+ 1.1516	— 0.3952	— 14.94	— 1.83	+ 0.63
März 15	+ 4.01521	— 3.03719	— 0.07931	— 142.19	+ 107.55	+ 2.81	+ 9.4328	+ 0.9299	— 0.3930	— 14.94	— 1.47	+ 0.62
Febr. 3	+ 3.82922	— 3.28675	— 0.07418	— 134.66	+ 115.58	+ 2.61	+ 9.4642	+ 0.7077	— 0.3905	— 14.93	— 1.12	+ 0.62
1878												
Dez. 25	+ 3.62863	— 3.52411	— 0.06882	— 126.71	+ 123.06	+ 2.40	+ 9.4900	+ 0.4851	— 0.3878	— 14.92	— 0.76	+ 0.61
Nov. 15	+ 3.41526	— 3.74866	— 0.06318	— 118.36	+ 129.91	+ 2.19	+ 9.5108	+ 0.2622	— 0.3848	— 14.89	— 0.41	+ 0.60
Okt. 6	+ 3.18947	— 3.95959	— 0.05730	— 109.67	+ 136.16	+ 1.97	+ 9.5265	+ 0.0392	— 0.3817	— 14.86	— 0.06	+ 0.60
Aug. 27	+ 2.95219	— 4.15626	— 0.05122	— 100.71	+ 141.78	+ 1.75	+ 9.5370	— 0.1839	— 0.3783	— 14.82	+ 0.29	+ 0.59
Juli 18	+ 2.70436	— 4.33808	— 0.04495	— 91.50	+ 146.78	+ 1.52	+ 9.5421	— 0.4068	— 0.3748	— 14.78	+ 0.63	+ 0.58
Juni 8	+ 2.44694	— 4.50452	— 0.03853	— 82.11	+ 151.15	+ 1.29	+ 9.5420	— 0.6295	— 0.3710	— 14.72	+ 0.97	+ 0.57
April 29	+ 2.18092	— 4.65512	— 0.03197	— 72.57	+ 154.89	+ 1.06	+ 9.5367	— 0.8519	— 0.3671	— 14.66	+ 1.31	+ 0.56
März 20	+ 1.90729	— 4.78949	— 0.02530	— 62.93	+ 158.02	+ 0.83	+ 9.5263	— 1.0738	— 0.3629	— 14.59	+ 1.64	+ 0.56
Febr. 8	+ 1.62706	— 4.90730	— 0.01854	— 53.22	+ 160.53	+ 0.61	+ 9.5108	— 1.2951	— 0.3585	— 14.51	+ 1.98	+ 0.55
1877												
Dez. 30	+ 1.34125	— 5.00832	— 0.01172	— 43.50	+ 162.44	+ 0.38	+ 9.4898	— 1.5156	— 0.3540	— 14.43	+ 2.30	+ 0.54
Nov. 20	+ 1.05089	— 5.09224	— 0.00486	— 33.79	+ 163.76	+ 0.16	+ 9.4640	— 1.7355	— 0.3493	— 14.34	+ 2.63	+ 0.53
Okt. 11	+ 0.75699	— 5.15906	+ 0.00202	— 24.14	+ 164.50	— 0.06	+ 9.4333	— 1.9544	— 0.3443	— 14.24	+ 2.95	+ 0.52
Sept. 1	+ 0.46055	— 5.20863	+ 0.00889	— 14.56	+ 164.69	— 0.28	+ 9.3977	— 2.1721	— 0.3392	— 14.13	+ 3.27	+ 0.51
Juli 23	+ 0.16258	— 5.24095	+ 0.01574	— 5.10	+ 164.34	— 0.49	+ 9.3570	— 2.3887	— 0.3339	— 14.02	+ 3.58	+ 0.50
Juni 13	— 0.13592	— 5.25604	+ 0.02253	+ 4.23	+ 163.46	— 0.70	+ 9.3114	— 2.6042	— 0.3285	— 13.90	+ 3.89	+ 0.49
Mai 4	— 0.43398	— 5.25398	+ 0.02924	+ 13.39	+ 162.09	— 0.90	+ 9.2608	— 2.8182	— 0.3228	— 13.78	+ 4.19	+ 0.48
März 25	— 0.73064	— 5.23494	+ 0.03586	+ 22.36	+ 160.24	— 1.10	+ 9.2054	— 3.0307	— 0.3170	— 13.65	+ 4.49	+ 0.47
Febr. 13	— 1.02496	— 5.19912	+ 0.04237	+ 31.13	+ 157.93	— 1.29	+ 9.1452	— 3.2417	— 0.3111	— 13.52	+ 4.79	+ 0.46
Jan. 4	— 1.31603	— 5.14674	+ 0.04874	+ 39.68	+ 155.17	— 1.47	+ 9.0802	— 3.4509	— 0.3049	— 13.37	+ 5.08	+ 0.45
1876												
Nov. 25	— 1.60294	— 5.07811	+ 0.05496	+ 47.98	+ 152.00	— 1.65	+ 9.0108	— 3.6583	— 0.2987	— 13.23	+ 5.37	+ 0.44
Okt. 16	— 1.88482	— 4.99352	+ 0.06101	+ 56.03	+ 148.43	— 1.81	+ 8.9366	— 3.8639	— 0.2922	— 13.07	+ 5.65	+ 0.43
Sept. 6	— 2.16083	— 4.89338	+ 0.06687	+ 63.80	+ 144.48	— 1.97	+ 8.8574	— 4.0674	— 0.2856	— 12.92	+ 5.93	+ 0.42
Juli 28	— 2.43015	— 4.77809	+ 0.07252	+ 71.30	+ 140.18	— 2.13	+ 8.7742	— 4.2688	— 0.2789	— 12.75	+ 6.20	+ 0.41
Juni 18	— 2.69199	— 4.64810	+ 0.07795	+ 78.50	+ 135.54	— 2.27	+ 8.6864	— 4.4681	— 0.2720	— 12.59	+ 6.47	+ 0.39
Mai 9	— 2.94563	— 4.50391	+ 0.08314	+ 85.40	+ 130.58	— 2.41	+ 8.5940	— 4.6651	— 0.2650	— 12.41	+ 6.74	+ 0.38
März 30	— 3.19031	— 4.34603	+ 0.08807	+ 92.00	+ 125.32	— 2.54	+ 8.4976	— 4.8597	— 0.2578	— 12.24	+ 7.00	+ 0.37
Febr. 19	— 3.42535	— 4.17501	+ 0.09273	+ 98.27	+ 119.78	— 2.66	+ 8.3966	— 5.0519	— 0.2505	— 12.05	+ 7.25	+ 0.36
Jan. 10	— 3.65007	— 3.99142	+ 0.09712	+ 104.23	+ 113.98	— 2.77	+ 8.2916	— 5.2414	— 0.2431	— 11.87	+ 7.50	+ 0.35
1875												
Dez. 1	— 3.86388	— 3.79589	+ 0.10123	+ 109.85	+ 107.92	— 2.88	+ 8.1822	— 5.4282	— 0.2356	— 11.68	+ 7.75	+ 0.34
Okt. 22	— 4.06616	— 3.58905	+ 0.10503	+ 115.15	+ 101.64	— 2.97	+ 8.0688	— 5.6124	— 0.2279	— 11.48	+ 7.99	+ 0.32
Sept. 12	— 4.25638	— 3.37155	+ 0.10852	+ 120.11	+ 95.14	— 3.06	+ 7.9516	— 5.7939	— 0.2202	— 11.28	+ 8.22	+ 0.31
Aug. 3	— 4.43401	— 3.14408	+ 0.11168	+ 124.73	+ 88.44	— 3.14	+ 7.8303	— 5.9726	— 0.2123	— 11.08	+ 8.45	+ 0.30
Juni 24	— 4.59859	— 2.90734	+ 0.11451	+ 129.00	+ 81.56	— 3.21	+ 7.7052	— 6.1480	— 0.2043	— 10.87	+ 8.67	+ 0.29
Mai 15	— 4.74960	— 2.66204	+ 0.11701	+ 132.93	+ 74.50	— 3.27	+ 7.5762	— 6.3204	— 0.1962	— 10.66	+ 8.89	+ 0.28
April 5	— 4.88668	— 2.40894	+ 0.11917	+ 136.50	+ 67.29	— 3.33	+ 7.4434	— 6.4897	— 0.1881	— 10.45	+ 9.11	+ 0.26
Febr. 24	— 5.00949	— 2.14880	+ 0.12097	+ 139.72	+ 59.93	— 3.37	+ 7.3070	— 6.6560	— 0.1798	— 10.23	+ 9.32	+ 0.25
Jan. 15	— 5.11764	— 1.88236	+ 0.12243	+ 142.58	+ 52.44	— 3.41	+ 7.1670	— 6.8187	— 0.1715	— 10.01	+ 9.52	+ 0.24

	(♃)						(♄)					
	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2	x_1	y_1	z_1	X_2	Y_2	Z_2
1874												
Dez. 6	−5.21084	−1.61044	+0.12350	+145.08	+44.84	−3.44	+7.0235	−6.9783	−0.1630	−9.78	+9.72	+0.23
Okt. 27	−5.28882	−1.33382	+0.12426	+147.22	+37.13	−3.46	+6.8766	−7.1343	−0.1545	−9.55	+9.91	+0.21
Sept. 17	−5.35141	−1.05332	+0.12464	+148.99	+29.33	−3.47	+6.7264	−7.2870	−0.1459	−9.32	+10.10	+0.20
Aug. 8	−5.39839	−0.76974	+0.12465	+150.39	+21.44	−3.47	+6.5730	−7.4360	−0.1372	−9.09	+10.28	+0.19
Juni 29	−5.42957	−0.48391	+0.12429	+151.41	+13.49	−3.47	+6.4164	−7.5814	−0.1285	−8.85	+10.46	+0.18
Mai 20	−5.44491	−0.19666	+0.12358	+152.06	+5.49	−3.45	+6.2567	−7.7232	−0.1197	−8.61	+10.63	+0.16
April 10	−5.44430	+0.09115	+0.12250	+152.33	−2.55	−3.43	+6.0939	−7.8612	−0.1109	−8.37	+10.80	+0.15
März 1	−5.42771	+0.37870	+0.12106	+152.22	−10.62	−3.40	+5.9283	−7.9956	−0.1020	−8.13	+10.96	+0.14
Jan. 20	−5.39520	+0.66513	+0.11927	+151.72	−18.70	−3.35	+5.7598	−8.1258	−0.0930	−7.88	+11.12	+0.13
1873												
Dez. 11	−5.34675	+0.94959	+0.11713	+150.83	−26.79	−3.31	+5.5884	−8.2524	−0.0840	−7.63	+11.27	+0.11
Nov. 1	−5.28252	+1.23126	+0.11463	+149.54	−34.85	−3.25	+5.4146	−8.3752	−0.0750	−7.38	+11.41	+0.10
Sept. 22	−5.20266	+1.50927	+0.11180	+147.85	−42.89	−3.18	+5.2382	−8.4938	−0.0659	−7.13	+11.56	+0.09
Aug. 13	−5.10729	+1.78281	+0.10864	+145.76	−50.88	−3.10	+5.0592	−8.6081	−0.0568	−6.87	+11.69	+0.08
Juli 4	−4.99665	+2.05100	+0.10514	+143.27	−58.81	−3.02	+4.8779	−8.7185	−0.0477	−6.61	+11.82	+0.06
Mai 25	−4.87099	+2.31303	+0.10134	+140.36	−66.65	−2.92	+4.6943	−8.8248	−0.0385	−6.35	+11.95	+0.05
April 15	−4.73062	+2.56808	+0.09723	+137.05	−74.40	−2.82	+4.5084	−8.9268	−0.0294	−6.09	+12.07	+0.04
März 6	−4.57589	+2.81533	+0.09283	+133.33	−82.03	−2.71	+4.3204	−9.0247	−0.0202	−5.83	+12.18	+0.03
Jan. 25	−4.40720	+3.05398	+0.08814	+129.18	−89.52	−2.59	+4.1304	−9.1183	−0.0110	−5.57	+12.29	+0.01
1872												
Dez. 16	−4.22497	+3.28326	+0.08318	+124.63	−96.85	−2.45	+3.9384	−9.2076	−0.0018	−5.30	+12.40	0.00
Nov. 6	−4.02967	+3.50239	+0.07796	+119.66	−104.00	−2.32	+3.7446	−9.2925	+0.0074	−5.03	+12.49	−0.01
Sept. 27	−3.82184	+3.71062	+0.07250	+114.27	−110.95	−2.17	+3.5491	−9.3731	+0.0166	−4.77	+12.59	−0.02
Aug. 18	−3.60202	+3.90721	+0.06681	+108.47	−117.66	−2.01	+3.3519	−9.4493	+0.0257	−4.50	+12.68	−0.03
Juli 9	−3.37085	+4.09150	+0.06092	+102.26	−124.12	−1.85	+3.1531	−9.5210	+0.0349	−4.23	+12.76	−0.05
Mai 30	−3.12899	+4.26281	+0.05483	+95.65	−130.30	−1.68	+2.9529	−9.5882	+0.0441	−3.95	+12.84	−0.06
April 20	−2.87709	+4.42043	+0.04855	+88.63	−136.18	−1.50	+2.7513	−9.6510	+0.0532	−3.68	+12.91	−0.07
März 11	−2.61590	+4.56380	+0.04213	+81.23	−141.72	−1.31	+2.5484	−9.7093	+0.0623	−3.41	+12.98	−0.08
Jan. 31	−2.34618	+4.69228	+0.03557	+73.44	−146.90	−1.11	+2.3443	−9.7630	+0.0714	−3.13	+13.04	−0.10
1871												
Dez. 22	−2.06878	+4.80538	+0.02889	+65.30	−151.69	−0.91	+2.1391	−9.8122	+0.0805	−2.86	+13.10	−0.11
Nov. 12	−1.78453	+4.90260	+0.02212	+56.80	−156.05	−0.76	+1.9330	−9.8568	+0.0895	−2.58	+13.15	−0.12
Okt. 3	−1.49434	+4.98349	+0.01528	+47.96	−159.97	−0.49	+1.7259	−9.8968	+0.0985	−2.30	+13.20	−0.13
Aug. 24	−1.19912	+5.04758	+0.00838	+38.82	−163.40	−0.27	+1.5181	−9.9322	+0.1073	−2.02	+13.24	−0.14
Juli 15	−0.89981	+5.09455	+0.00145	+29.38	−166.33	−0.05	+1.3096	−9.9630	+0.1162	−1.74	+13.27	−0.15
Juni 5	−0.59744	+5.12411	−0.00548	+19.67	−168.72	+0.18	+1.1005	−9.9891	+0.1250	−1.47	+13.30	−0.17
April 26	−0.29301	+5.13601	−0.01240	+9.73	−170.54	+0.41	+0.8908	−10.0106	+0.1338	−1.19	+13.33	−0.18
März 17	+0.01244	+5.13001	−0.01927	−0.42	−171.77	+0.65	+0.6807	−10.0274	+0.1425	−0.91	+13.35	−0.19
Febr. 5	+0.31785	+5.10599	−0.02607	−10.73	−172.38	+0.88	+0.4703	−10.0396	+0.1511	−0.63	+13.37	−0.20

Rückwärtsrechnung der Störungen für 8 Kometen.

Die Rechnung ist für die Planeten Jupiter und Saturn ausgeführt worden. Mit Rücksicht auf die Bedeutung der anderen Planeten s. oben S. 12—14. Vgl. auch in bezug auf Uranus und Neptun die berechneten Werte bei FAYET (Recherches concernant etc. p. 106—109).

Bemerkung: bei den Elementenangaben wird immer mit mittlerem Fehler, nicht mit wahrscheinlichem, gerechnet.

Komet 1882 II.

Oskulationsepoche: 1882 Sept. 20·5 M. Z. B.

$$T = 1882 \text{ Sept. } 17{\cdot}261\,3083 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 69^\circ\,35'\,16''{\cdot}05 \\ \Omega &= 346\ \ 0\ 38{\cdot}80 \\ i &= 141\ 59\ 44{\cdot}23 \end{aligned}\right\} \text{ M. Aequ. } 1882{\cdot}0$$

$$\log q = 7{\cdot}889\,3177 \pm 0{\cdot}000\,0511$$

$$e = 0{\cdot}999\,9078 \pm 0.000\,0021$$

KREUTZ: Untersuchungen über das System der Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II. II Theil p. 35.

Publikationen der Sternwarte in Kiel. VI.

Elemente auf 1900·0 bezogen.

Oskulationsepoche: 1882 Sept. 20·5 M. Z. B.

$$T = 1882 \text{ Sept. } 17{\cdot}261\,3083 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 69^\circ\,35'\,14''{\cdot}20 \\ \Omega &= 346\ 15\ 41{\cdot}92 \\ i &= 141\ 59\ 52{\cdot}63 \end{aligned}\right\} \text{ M. Aequ. } 1900{\cdot}0$$

$$\log q = 7{\cdot}889\,3177 \pm 0.000\,0511$$

$$e = 0{\cdot}999\,9078 \pm 0{\cdot}000\,0021$$

$$\frac{1}{a} = +\,0{\cdot}011\,8963 \pm 0{\cdot}000\,2710$$

Bei der Bearbeitung der Störungen dieses Kometen nach der Enckeschen Methode hatte KREUTZ bemerkt, dass die indirekten Störungsglieder diskontinuierlich verlaufen, und er hat sie aus diesem Grunde weggelassen. Bei der auf der Kopenhagener Sternwarte ausgeführten Rückwärtsrechnung stiessen wir auch auf dieses exzeptio-

nelle Verhalten der indirekten Glieder, das in der abnorm kleinen Sonnendistanz in der Nähe des Perihels begründet ist. Da die Berechnung der Störungen nach der Enckeschen Methode also in diesem Falle versagt, habe ich[1], um dem Problem eine einwandfreie Behandlung zu geben, die Frage der Störungen sonnennaher Kometen näher untersucht. Von der Tatsache ausgehend, dass ein solcher Komet das Bahnstück in der Nähe vom Perihel mit sehr grosser Geschwindigkeit, also in sehr kurzer Zeit, durchläuft, habe ich seine Bewegung in diesem Teile der Bahn in erster Approximation so behandelt, als ob sich der störende Planet während dieser Bewegung in einem Punkt in Ruhe befände, was in der Tat annähernd der Fall ist.

Unter dieser Bedingung erhält man für die Störung in $1:a$ einen sehr einfachen Ausdruck.

Wir hatten oben:

$$\frac{\mathrm{d}\frac{1}{a}}{\mathrm{d}t} = \frac{2}{k^2}\frac{\partial R}{\partial T} \tag{36}$$

In diesem Falle, wo es sich um die Bewegung innerhalb der Bahn des störenden Planeten handelt, wird die Störungsfunktion am zweckmässigsten in der gewöhnlichen Form:

$$R = k^2 m_1 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{xx_1 + yy_1 + zz_1}{r_1^3}\right)$$

definiert. Die Gleichung (36) definiert dann die Störung des oskulierenden Bahnelementes $1:a$.

Unter gewöhnlichen Umständen ist R eine Funktion der Koordinaten des gestörten und des störenden Körpers. In unserem Falle, wo wir für die in Frage kommende Zeit den störenden Planeten als unbeweglich betrachten, wird R nur durch die Koordinaten des gestörten Körpers Funktion der Zeit. Wir können uns hier naturgemäss auf die erste Potenz der störenden Masse beschränken und setzen deshalb in R für die Koordinaten des Kometen die ungestörten Werte ein. Diese sind aber Funktionen von $(t-T)$, und dadurch erhalten wir:

$$\frac{\partial R}{\partial T} = -\frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}t}$$

und also aus (36) für die Störung zwischen den Zeiten t_1 und t_2 einfach:

$$\Delta\left(\frac{1}{a}\right) = -\frac{2}{k^2}\left(R_{t_2} - R_{t_1}\right).$$

Für den hier vorliegenden konkreten Fall, den Kometen 1882 II, stellt sich die Rechnung folgendermassen:

[1] Theorie der Störungen sonnennaher Kometen, angewandt auf den Kometen 1882 II (Publ. og m. M. fra Københavns Obs. No. 4 und A. N. 4527).

In der Kreutzschen Rechnung ist die Oskulationsepoche auf 1882 Sept. 20·5 M. Z. B. gelegt, also der Perihelzeit (Sept. 17·261 3083) sehr nahe. Bei unserer Störungsrechnung wollten wir die durch die indirekten Glieder verursachte Unsicherheit vermeiden und haben deshalb einen dem Perihel nicht zu nahe liegenden Zeitpunkt, Aug. 21·0, als Oskulationsepoche gewählt. Nach der oben angedeuteten Methode habe ich dann die Jupiterstörungen zwischen den zwei um das Perihel symmetrisch liegenden Epochen Aug. 20·522 6166 und Okt. 15·0 berechnet und das folgende Resultat gefunden:

Störung in $1 : a$ von Aug. 26·522 6166 bis Sept. 17·261 3083 = — 0·000 0061
„ „ „ „ Sept. 17·261 3083 „ „ Okt. 15·0 = + 0·000 0027

Hieraus geht hervor, dass die Störung in diesem Stück der Bahn in Anbetracht des grossen Wertes von $1 : a$ keine Rolle spielen kann; sie ist deshalb bei der folgenden Rechnung unberücksichtigt geblieben.

Störungen der rechtwinkeligen Ekliptikalkoordinaten.

In Einheiten der siebenden Stelle.
(1900·0)

		ξ	η	ζ			ξ	η	ζ
1882	Sept. 5	+ 2	+ 4	+ 2		Sept. 20	+ 3658	+ 814	+ 4576
	Aug. 26	0	0	0		Aug. 11	+ 4462	+ 420	+ 5818
	Aug. 16	0	0	0		Juli 2	+ 5239	— 162	+ 7161
	Aug. 6	+ 2	+ 5	+ 3		Mai 23	+ 5960	— 929	+ 8592
	Juli 27	+ 7	+ 13	+ 8		April 13	+ 6604	— 1874	+ 10099
	Juli 17	+ 15	+ 28	+ 18		März 4	+ 7148	— 2988	+ 11676
	Juli 7	+ 27	+ 48	+ 32	1881	Jan. 23	+ 7582	— 4261	+ 13314
	Juni 27	+ 44	+ 74	+ 51	1880	Dez. 14	+ 7887	— 5682	+ 15009
	Juni 17	+ 66	+ 107	+ 77		Nov. 4	+ 8054	— 7238	+ 16757
	Juni 7	+ 95	+ 145	+ 110		Sept. 25	+ 8072	— 8915	+ 18554
	Mai 28	+ 132	+ 190	+ 151		Aug. 16	+ 7935	— 10702	+ 20396
	Mai 18	+ 175	+ 240	+ 200		Juli 7	+ 7635	— 12584	+ 22282
	Mai 8	+ 228	+ 295	+ 258		Mai 28	+ 7169	— 14548	+ 24209
	April 28	+ 289	+ 354	+ 326		April 18	+ 6532	— 16579	+ 26176
	April 18	+ 359	+ 416	+ 405		März 9	+ 5724	— 18665	+ 28179
	April 8	+ 439	+ 480	+ 495	1880	Jan. 29	+ 4741	— 20792	+ 30219
	März 29	+ 528	+ 546	+ 596	1879	Dez. 20	+ 3586	— 22947	+ 32293
	März 19	+ 628	+ 612	+ 708		Nov. 10	+ 2258	— 25116	+ 34400
	März 9	+ 736	+ 678	+ 832		Okt. 1	+ 760	— 27286	+ 36540
	Febr 27	+ 855	+ 741	+ 968		Aug. 22	— 904	— 29445	+ 38710
	Febr 17	+ 983	+ 802	+ 1115		Juli 13	— 2732	— 31582	+ 40910
	Febr. 7	+ 1119	+ 858	+ 1274		Juni 3	— 4719	— 33684	+ 43138
	Jan. 28	+ 1264	+ 909	+ 1444		April 24	— 6859	— 35741	+ 45394
1882	Jan. 18	+ 1417	+ 955	+ 1626		März 15	— 9148	— 37741	+ 47677
1881	Dez. 9	+ 2097	+ 1064	+ 2460	1879	Febr. 3	— 11576	— 39675	+ 49986
	Okt. 30	+ 2857	+ 1025	+ 3450	1878	Dez. 25	— 14139	— 41534	+ 52319

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
Nov. 15	— 16828	— 43309	+ 54676	Sept. 1	— 52248	— 55395	+ 81934
Okt. 6	— 19635	— 44991	+ 57056	Juli 23	— 55756	— 55707	+ 84512
Aug. 27	— 22552	— 46573	+ 59459	Juni 13	— 59272	— 55880	+ 87103
Juli 18	— 25570	— 48048	+ 61882	Mai 4	— 62785	— 55912	+ 89707
Juni 8	— 28680	— 49410	+ 64326	März 25	— 66288	— 55804	+ 92323
April 29	— 31874	— 50653	+ 66789	Febr. 13	— 69770	— 55557	+ 94950
März 20	— 35141	— 51773	+ 69271	1877 Jan. 4	— 73223	— 55174	+ 97588
1878 Febr. 8	— 38472	— 52766	+ 71771	1876 Nov. 25	— 76639	— 54655	+ 100237
1877 Dez. 30	— 41858	— 53627	+ 74288	Okt. 16	— 80009	— 54003	+ 102895
Nov. 20	— 45289	— 54353	+ 76821	Sept. 6	— 83326	— 53221	+ 105562
Okt. 11	— 48755	— 54943	+ 79370				

Berechnung der auf die Masse $\odot + \mathfrak{U} + \mathfrak{h}$ bezogenen Schwerpunktselemente.
1876 Sept. 6·0 M. Z. B.

$x_0 = -2{\cdot}279\,6817$ $\quad y_0 = +14{\cdot}582\,779$ $\quad z_0 = -10{\cdot}645\,350$

$\xi = -\ 8\,3326$ $\quad \eta = -\ 5\,322$ $\quad \zeta = +\ 10\,556$

$\xi\odot = -\ 4658$ $\quad \eta\odot = +\ 5\,826$ $\quad \zeta\odot = +\ 18$

$40\,\frac{dx_0}{dt} = +0{\cdot}031\,59769$ $\quad 40\,\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}172\,5114$ $\quad 40\,\frac{dz_0}{dt} = +0{\cdot}125\,0710$

$40\,\frac{d\xi}{dt} = +\ 32873$ $\quad 40\,\frac{d\eta}{dt} = -\ 846$ $\quad 40\,\frac{d\zeta}{dt} = -\ 2671$

$40\,\frac{d\xi\odot}{dt} = -\ 28330$ $\quad 40\,\frac{d\eta\odot}{dt} = +\ 450$ $\quad 40\,\frac{d\zeta\odot}{dt} = +\ 74$

$x = -2{\cdot}288\,480$ $\quad 40\,\frac{dx}{dt} = +0{\cdot}031\,6431$

$y = +14{\cdot}583\,283$ $\quad 40\,\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}172\,5510$

$z = -10{\cdot}634\,776$ $\quad 40\,\frac{dz}{dt} = +0{\cdot}124\,8113$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + \mathfrak{U} + \mathfrak{h}$, gültig für die Zeit: 1876 Sept. 6·0 M. Z. B.

$T = 1882$ Sept. 16·099 M. Z. B.

$\omega = 67^\circ\,33'\,29''{\cdot}09$
$\Omega = 343\ 41\ 49{\cdot}35$ } M. Aequ. 1900·0
$i = 141\ 28\ 5{\cdot}14$

$\log q = 7{\cdot}883\,1666$

$e = 0{\cdot}999\,9071$

$\frac{1}{a} = +0{\cdot}012\,1471$

Berechnung der Störungen erster Ordnung.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 67^\circ 33' 31''.80 \\ \Omega &= 343\ 25\ 6.38 \\ i &= 141\ 27\ 55.87 \end{aligned}\right\} 1880.0$$

System Komet — ♃		System Komet — ♄	
Φ	= 358° 4'.89		356° 47'.63
Ψ	= 245 43.01		233 19.19
L	= 69 28.64		70 45.90
K	= 344 55.50		345 57.19
J	= 142 1.23		142 59.84

♃

	w	$\mathrm{d}\frac{1}{a}$	$\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}t}$		
1877 Febr. 12	— 5.73				
		+2.42			
1876 Sept. 6	— 3.31		— 27		
		+2.15		— 17	
März 30	— 1.16		— 44		+ 10
		+1.71		— 7	
1875 Okt. 22	+ 0.55		— 51		+ 5
		+1.20		— 2	
Mai 15	+ 1.75		— 53		+ 3
		+ 67		+ 1	
1874 Dez. 6	+ 2.42		— 52		+ 6
		+ 15		+ 7	
Juni 29	+ 2.57		— 45		+ 5
		— 30		+ 12	
Jan. 20	+ 2.27		— 33		+ 2
		— 63		+ 14	
1873 Aug. 13	+ 1.64		— 19		+ 6
		— 82		+ 20	
März 6	+ 0.82		+ 1		— 3
		— 81		+ 17	
1872 Sept. 27	+ 0.01		+ 18		— 4
		— 63		+ 13	
April 20	— 0.62		+ 31		— 11
		— 32		+ 2	
1871 Nov. 12	— 0.94		+ 33		— 9
		+ 1		— 7	
Juli 5	— 0.93		+ 26		— 7
		+ 27		— 14	
1870 Dec. 27	— 0.66		+ 12		
		+ 39			
Juli 20	— 0.27				

♄

	w	$\mathrm{d}\frac{1}{a}$	$\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}t}$		
1876 Sept. 6	+ 0.32				
		—1.99			
1875 Okt. 22	— 1.67		+ 1.20		
		— 79		— 58	
1874 Dez. 6	— 2.46		+ 62		+ 28
		— 17		— 30	— 13
Jan. 20	— 2.63		+ 32		+ 15
		+ 15		— 15	— 11
1873 März 6	— 2.48		+ 17		+ 4
		+ 32		— 11	+ 4
1872 April 20	— 2.16		+ 6		+ 8
		+ 38		— 3	— 10
1871 Juni 5	— 1.78		+ 3		— 2
		+ 41		— 5	+ 5
1870 Juli 20	— 1.37		— 2		+ 3
		+ 39		— 2	
1869 Sept. 3	— 0.98		— 4		
		+ 35			
1868 Okt. 18	— 0.63				

Endresultat für die halbe grosse Achse des Kometen 1882 II:

$$\frac{1}{a} = + 0.012\,1471 + 0.000\,0017 = + 0.012\,1488.$$

Komet 1886 I.

Oskulationsepoche: 1885 Dez. 3·0 M. Z. B.

$$T = 1886 \text{ April } 5{\cdot}992\,8226 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 126^\circ\,34'\,38''{\cdot}54 \\ \Omega &= 36\;22\;16{\cdot}43 \\ i &= 82\;37\;5{\cdot}30 \end{aligned}\right\} \text{ M. Aequ. } 1886{\cdot}0$$

$$\log q = 9{\cdot}807\,7947 \pm 0.000\,0017$$

$$e = 1{\cdot}000\,4461 \pm 0{\cdot}000\,0141$$

Erich Redlich: Über die Bahn des Kometen 1886 I. A. N. 4477—78. Bahnbestimmung aus 963 Beobachtungen in der Zeit 1885 Dez. 1—1886 Juli 30 (242 Tage). Sämtliche 8 grosse Planeten berücksichtigt bei der Störungsrechnung.

Auf 1900·0 bezogen:
Oskulationsepoche: 1885 Dez. 3·0 M. Z. B.

$$T = 1886 \text{ April } 5{\cdot}992\,8226 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 126^\circ\,34'\,43''{\cdot}04 \\ \Omega &= 36\;33\;59{\cdot}42 \\ i &= 82\;37\;10{\cdot}16 \end{aligned}\right\} \text{ M. Aequ. } 1900.0$$

$$\log q = 9{\cdot}807\,7947 \pm 0{\cdot}000\,0017$$

$$e = 1{\cdot}000\,4461 \pm 0{\cdot}000\,0141$$

$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,6944 \pm 0{\cdot}000\,0220$$

(1900·0)

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
1886 Febr. 6	+ 71	— 25	— 13	1883 Nov. 29	+ 10721	— 9796	+ 1043
1885 Dez. 28	+ 11	— 4	— 1	Okt. 20	+ 11672	— 11276	+ 1289
Nov. 18	+ 4	— 2	— 1	Sept. 10	+ 12614	— 12896	+ 1570
Okt. 9	+ 60	— 24	— 6	Aug. 1	+ 13538	— 14661	+ 1889
Aug. 30	+ 183	— 78	— 15	Juni 22	+ 14433	— 16575	+ 2247
Juli 21	+ 378	— 167	— 25	Mai 13	+ 15291	— 18646	+ 2648
Juni 11	+ 647	— 297	— 33	April 3	+ 16101	— 20876	+ 3093
Mai 2	+ 990	— 473	— 38	Febr. 22	+ 16855	— 23270	+ 3584
März 23	+ 1406	— 701	— 38	1883 Jan. 13	+ 17541	— 25831	+ 4123
Febr. 11	+ 1894	— 988	— 32	1882 Dez. 4	+ 18151	— 28563	+ 4711
1885 Jan. 2	+ 2450	— 1339	— 16	Okt. 25	+ 18673	— 31468	+ 5350
1884 Nov. 23	+ 3072	— 1760	+ 9	Sept. 15	+ 19099	— 34549	+ 6041
Okt. 14	+ 3755	— 2259	+ 47	Aug. 6	+ 19418	— 37806	+ 6785
Sept. 4	+ 4494	— 2841	+ 99	Juni 27	+ 19621	— 41240	+ 7583
Juli 26	+ 5284	— 3513	+ 167	Mai 18	+ 19697	— 44851	+ 8435
Juni 16	+ 6118	— 4282	+ 254	April 8	+ 19639	— 48638	+ 9342
Mai 7	+ 6991	— 5153	+ 361	Febr. 27	+ 19435	— 52600	+ 10303
März 28	+ 7896	— 6134	+ 491	1882 Jan. 18	+ 19078	— 56732	+ 11319
Febr. 17	+ 8824	— 7231	+ 647	1881 Dez. 9	+ 18558	— 61033	+ 12389
1884 Jan. 8	+ 9768	— 8449	+ 830	Okt. 30	+ 17870	— 65497	+ 13513

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
Sept. 20	+ 17003	— 70120	+ 14689	Nov. 4	+ 2858	— 111916	+ 25872
Aug. 11	+ 15949	— 74895	+ 15917	Sept. 25	+ 114	— 117602	+ 27472
Juli 2	+ 14704	— 79816	+ 17196	Aug. 16	— 2858	— 123354	+ 29113
Mai 23	+ 13259	— 84874	+ 18525	Juli 7	— 6060	— 129160	+ 30794
April 13	+ 11609	— 90062	+ 19902	Mai 28	— 9493	— 135008	+ 32512
März 4	+ 9748	— 95371	+ 21327	April 18	— 13155	— 140886	+ 34268
1881 Jan 23	+ 7672	— 100789	+ 22798	1880 März 9	— 17047	— 146782	+ 36059
1880 Dez. 14	+ 5377	— 106308	+ 24313				

1880 März 9·0 M. Z. B.

$$x_0 = +13{\cdot}117\,41 \qquad y_0 = +8{\cdot}209\,121 \qquad z_0 = -9{\cdot}429\,997$$
$$\xi = -1\,70 \qquad \eta = -14\,678 \qquad \zeta = +3\,606$$
$$\xi\odot = -7\,26 \qquad \eta\odot = -441 \qquad \zeta\odot = +221$$

$$40\frac{dx_0}{dt} = -0{\cdot}147\,7034 \qquad 40\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}084\,79689 \qquad 40\frac{dz_0}{dt} = +0{\cdot}153\,5464$$
$$40\frac{d\xi}{dt} = +4006 \qquad 40\frac{d\eta}{dt} = +58998 \qquad 40\frac{d\zeta}{dt} = -1809$$
$$40\frac{d\xi\odot}{dt} = +30 \qquad 40\frac{d\eta\odot}{dt} = -36139 \qquad 40\frac{d\zeta\odot}{dt} = +17$$

$$x = +13{\cdot}108\,45 \qquad 40\frac{dx}{dt} = -0{\cdot}147\,2998$$
$$y = +8{\cdot}194\,002 \qquad 40\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}084\,5683$$
$$z = -9{\cdot}426\,170 \qquad 40\frac{dz}{dt} = +0{\cdot}153\,3672$$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + \mathfrak{U} + \mathfrak{h}$, gültig für die Zeit:

1880 März 9·0 M. Z. B.

T = 1886 April 5·902 M. Z. B.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 126^\circ\,39'\,14''{\cdot}31 \\ \Omega &= 36\,27\,36{\cdot}17 \\ i &= 82\,44\,49{\cdot}43 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. } 1900{\cdot}0$$

$$\log q = 9{\cdot}806\,8080$$
$$e = 1{\cdot}000\,0092$$
$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,0143$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 126^\circ\,39'\,7''{\cdot}90 \\ \Omega &= 36\,10\,51{\cdot}90 \\ i &= 82\,44\,42{\cdot}48 \end{aligned}\right\} 1880{\cdot}0$$

System	Komet — ♃	System	Komet — ♄
Φ =	358° 49'·23		357° 33'·40
Ψ =	296 49·05		283 13·62
L =	127 49·90		129 5·73
K =	36 1·55		35 51·62
J =	82 9·12		82 10·11

♃

	w	$\frac{d\frac{1}{a}}{dt}$					
1881 Jan. 23	— 16·82						
		+8·58					
1880 Aug. 16	— 8·24		—1·98				
		+6·60		— 89			
März 9	— 1·64		—2·87		+1·43		
		+3·73		+ 54		—1·14	
1879 Okt. 1	+ 2·09		—2·33		+ 29		
		+1·40		+ 83		— 36	
April 24	+ 3·49		—1·50		— 7		
		— 10		+ 76		— 20	
1878 Nov. 15	+ 3·39		— 74		— 27		
		— 84		+ 49		+ 8	
Juni 8	+ 2·55		— 25		— 19		
		—1·09		+ 30		+ 5	
1877 Dez. 30	+ 1·46		+ 5		— 14		
		—1·04		+ 16		+ 3	
Juli 23	+ 0·42		+ 21		— 11		
		— 83		+ 5		+ 7	
Febr. 13	— 0·41		+ 26		— 4		
		— 57		+ 1		— 2	
1876 Sept. 6	— 0·98		+ 27		— 6		
		— 30		— 5		+ 8	
März 30	— 1·28		+ 22		+ 2		
		— 8		— 3		— 5	
1875 Okt. 22	— 1·36		+ 19		— 3		
		+ 11		— 6		+ 4	
Mai 15	— 1·25		+ 13		+ 1		
		+ 24		— 5		— 2	
1874 Dez. 6	— 1·01		+ 8		— 1		
		+ 32		— 6			
Juni 29	— 0·69		+ 2				
		+ 34					
Jan. 20	— 0·35						

♄

	w	$\frac{d\frac{1}{a}}{dt}$					
1881 Jan. 23	— 41·54						
		+23·64					
1880 März 9	— 17·90		—11·19				
		+12·45		+4·32			
1879 April 24	— 5·45		— 6·87		— 90		
		+ 5·58		+3·42		— 70	
1878 Juni 8	+ 0·13		— 3·45		—1·60		+1·41
		+ 2·13		+1·82		+ 71	
1877 Juli 23	+ 2·26		— 1·63		— 89		— 32
		+ 50		+ 93		+ 39	
1876 Sept. 6	+ 2·76		— 70		— 50		— 11
		— 20		+ 43		+ 28	
1875 Okt. 22	+ 2·56		— 27		— 22		— 18
		— 47		+ 21		+ 10	
1874 Dez. 6	+ 2·09		— 6		— 12		— 3
		— 53		+ 9		+ 7	
Jan. 20	+ 1·56		+ 3		— 5		
		— 50		+ 4			
1873 März 6	+ 1·06		+ 7				
		— 43					
1872 April 20	+ 0·63						

$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,0143 + 0{\cdot}000\,0072 = -0{\cdot}000\,0071.$$

Komet 1886 II.

Oskulationsepoche: 1885 Dez. 10·5 M. Z. B.

$T = 1886$ Mai 3·324041 M. Z. B.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 119^\circ 36' 28''.76 \\ \Omega &= 68\ 19\ 9.63 \\ i &= 84\ 26\ 4.59 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. } 1886.0$$

$\log q = 9.680\,5802 \pm 0.000\,0018$

$e = 1.000\,2286 \pm 0.000\,0044$

A. Thraen: Definitive Bahnbestimmung des Kometen 1886 II A. N. 3160–61.

Bahnbestimmung aus 760 Beobachtungen in der Zeit 1885 Dez. 3—1886 Juli 26 (236 Tage).

Störungen seitens Venus, Erde und Jupiter. Saturn ist merkwürdiger Weise nicht berücksichtigt worden. In Anbetracht der ausgeprägten Elliptizität der ursprünglichen Bahn (s. S. 46) ist dieser Umstand aber hier ohne wesentliche Bedeutung.

Auf 1900·0 bezogen:

Oskulationsepoche 1885 Dez. 10·5 M. Z. B.

$T = 1886$ Mai 3·324041 M. Z. B.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 119^\circ 36' 35''.15 \\ \Omega &= 68\ 30\ 52.56 \\ i &= 84\ 26\ 6.34 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. } 1900.0$$

$\log q = 9.680\,5802 \pm 0.000\,0018$

$e = 1.000\,2286 \pm 0.000\,0044$

$\frac{1}{a} = -0.000\,4770 \pm 0.000\,0091$

(1900·0)

		ξ	η	ζ			ξ	η	ζ
1886	Febr. 6	+ 46	— 31	+ 4	1883	Nov. 29	+ 8342	— 11700	+ 7625
1885	Dez. 28	+ 4	— 3	+ 1		Okt. 20	+ 9117	— 13520	+ 8800
	Nov. 18	+ 8	— 5	+ 1		Sept. 10	+ 9898	— 15527	+ 10069
	Okt. 9	+ 61	— 43	+ 12		Aug. 1	+ 10677	— 17728	+ 11430
	Aug. 30	+ 169	— 119	+ 38		Juni 22	+ 11448	— 20131	+ 12883
	Juli 21	+ 330	— 240	+ 87		Mai 13	+ 12204	— 22739	+ 14425
	Juni 11	+ 547	— 408	+ 163		April 3	+ 12938	— 25558	+ 16055
	Mai 2	+ 818	— 629	+ 272		Febr. 22	+ 13642	— 28593	+ 17770
	März 23	+ 1142	— 908	+ 422	1883	Jan. 13	+ 14307	— 31846	+ 19570
	Febr. 11	+ 1518	— 1251	+ 618	1882	Dez. 4	+ 14927	— 35319	+ 21451
1885	Jan. 2	+ 1943	— 1665	+ 869		Okt. 25	+ 15491	— 39013	+ 23412
1884	Nov. 23	+ 2416	— 2157	+ 1180		Sept. 15	+ 15992	— 42929	+ 25451
	Okt. 14	+ 2934	— 2736	+ 1559		Aug. 6	+ 16420	— 47065	+ 27565
	Sept. 4	+ 3494	— 3410	+ 2013		Juni 27	+ 16767	— 51421	+ 29751
	Juli 26	+ 4094	— 4191	+ 2546		Mai 18	+ 17024	— 55994	+ 32008
	Juni 16	+ 4731	— 5088	+ 3164		April 8	+ 17180	— 60781	+ 34334
	Mai 7	+ 5402	— 6112	+ 3870		Febr. 27	+ 17228	— 65778	+ 36726
	März 28	+ 6103	— 7275	+ 4668	1882	Jan. 18	+ 17157	— 70980	+ 39181
	Febr. 17	+ 6829	— 8587	+ 5559	1881	Dez. 9	+ 16959	— 76382	+ 41698
1884	Jan. 8	+ 7578	— 10059	+ 6545		Okt. 30	+ 16624	— 81975	+ 44275

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
Sept. 20	+ 16144	— 87755	+ 46910	März 4	+ 11279	— 119134	+ 60892
Aug. 11	+ 15509	— 93712	+ 49601	1881 Jan. 23	+ 9763	— 125837	+ 63839
Juli 2	+ 14713	— 99838	+ 52347	1880 Dez. 14	+ 8052	— 132658	+ 66834
Mai 23	+ 13748	— 106124	+ 55145	Nov. 4	+ 6142	— 139583	+ 69874
April 13	+ 12605	— 112559	+ 57993	Sept. 25	+ 4027	— 146602	+ 72960

1880 Nov. 4·0 M. Z. B.

$x_0 = +5{\cdot}719\,837$ $\quad y_0 = +11{\cdot}567\,072$ $\quad z_0 = -11{\cdot}143\,741$

$\xi = +616$ $\quad \eta = -13\,955$ $\quad \zeta = +6\,987$

$\xi\odot = -6\,882$ $\quad \eta\odot = -2\,585$ $\quad \zeta\odot = +222$

$40\frac{dx_0}{dt} = -0{\cdot}071\,28910$ $\quad 40\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}132\,7442$ $\quad 40\frac{dz_0}{dt} = +0{\cdot}181\,8268$

$40\frac{d\xi}{dt} = +20115$ $\quad 40\frac{d\eta}{dt} = +6974$ $\quad 40\frac{d\zeta}{dt} = -3063$

$40\frac{d\xi\odot}{dt} = +12086$ $\quad 40\frac{d\eta\odot}{dt} = -3458$ $\quad 40\frac{d\zeta\odot}{dt} = -12$

$x = +5{\cdot}713\,571$ $\quad 40\frac{dx}{dt} = -0{\cdot}070\,96709$

$y = +11{\cdot}550\,532$ $\quad 40\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}132\,3926$

$z = -11{\cdot}136\,532$ $\quad 40\frac{dz}{dt} = +0{\cdot}181\,5193$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + ♃ + ♄$, gültig für die Zeit 1880 Nov. 4·0 M. Z. B.

$T = 1886$ Mai 2·856 M. Z. B.

$\omega = 119^\circ 42' 19''{\cdot}76$
$\Omega = 68\ 21\ 56{\cdot}82$ } M. Aequ. 1900·00
$i = 84\ 36\ 1{\cdot}27$

$\log q = 9{\cdot}678\,4235$

$e = 0{\cdot}999\,8464$

$\frac{1}{a} = +0{\cdot}000\,3222$

$\omega = 119^\circ 42' 10''{\cdot}65$
$\Omega = 68\ 5\ 12{\cdot}60$ } 1880·0
$i = 84\ 35\ 58{\cdot}73$

	System Komet — ♃	System — ♄
Φ	= 359° 19′·07	358° 14′·39
Ψ	= 328 48·46	315 15·64
L	= 120 23·10	121 27·79
K	= 68 0·96	67 53·64
J	= 83 28·66	82 49·67

		♃ w	$\mathrm{d}\frac{1}{a}$	$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}$		♄ w	$\mathrm{d}\frac{1}{a}$	$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}$
1880	Nov. 4	+ 3·70			1880 Nov. 4	+ 9·94		
			+1·56				−1·04	
	Mai 28	+ 5·26		−1·84	1879 Dez. 20	+ 8·90		− 75
			− 28				−1·79	+ 76
1879	Dez. 20	+ 4·98		− 88	Febr. 3	+ 7·11		+ 1
			−1·16				−1·78	+ 23
	Juli 13	+ 3·82		− 26	1878 März 20	+ 5·33		+ 24
			−1·42				−1·54	+ 7
	Febr. 3	+ 2·40		+ 10	1877 Mai 4	+ 3·79		+ 31
			−1·32				−1·23	− 2
1878	Aug. 27	+ 1·08		+ 27	1876 Juni 18	+ 2·56		+ 29
			−1·05				− 94	− 5
	März 20	+ 0·03		+ 34	1875 Aug. 3	+ 1·62		+ 24
			− 71				− 70	− 5
1877	Okt. 11	− 0·68		+ 32	1874 Sept. 17	+ 0·92		+ 19
			− 39				− 51	− 3
	Mai 4	− 1·07		+ 28	1873 Nov. 1	+ 0·41		+ 16
			− 11				− 35	
1876	Nov. 25	− 1·18		+ 21	1872 Dez. 16	+ 0·06		
			+ 10					
	Juni 18	− 1·08		+ 14				
			+ 24					
	Jan. 10	− 0·84		+ 8				
			+ 32					
1875	Aug. 23	− 0·52		+ 2				
			+ 34					
	Febr. 24	− 0·18						

$$\frac{1}{a} = + 0{\cdot}000\,3222 - 0{\cdot}000\,0056 = + 0{\cdot}000\,3166.$$

Komet 1886 IX.

Oskulationsepoche 1886 Dez. 18·0 M. Z. B.

$$T = 1886 \text{ Dez. } 16{\cdot}53391 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 86^\circ\,20'\,18''{\cdot}35 \\ \Omega &= 137\ 22\ 34{\cdot}08 \\ i &= 101\ 37\ 34{\cdot}15 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. } 1886{\cdot}0$$

$$\log q = 9{\cdot}821\,7257 \pm 0{\cdot}000\,0012$$

$$e = 1{\cdot}000\,3824 \pm 0{\cdot}000\,0183$$

Carl Buschbaum: Untersuchungen über die Bahn des Kometen 1886 IX (Göttingen 1889).

Bahnbestimmung aus 362 Beobachtungen in der Zeit 1886 Okt. 5—1887 Juni 16 (255 Tage).

Störungen seitens Venus, Erde, Jupiter und Saturn berücksichtigt.

Auf 1900·0 bezogen:

Oskulationsepoche 1886 Dez. 18·0 M. Z. B.

$$T = 1886 \text{ Dez. } 16{\cdot}53391 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 86^\circ 20' 22''.35 \\ \Omega &= 137\ 34\ 18{\cdot}45 \\ i &= 101\ 37\ 28{\cdot}84 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. 1900·0}$$

$$\log q = 9{\cdot}821\ 7257 \pm 0{\cdot}000\ 0012$$

$$e = 1{\cdot}000\ 3824 \pm 0{\cdot}000\ 0183$$

$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\ 5765 \pm 0{\cdot}000\ 0276$$

(1900·0)

		ξ	η	ζ			ξ	η	ζ
1887	Jan. 2	+ 1	0	− 1		Okt. 14	+ 7048	− 11703	+ 20564
1886	Dez. 23	0	0	0		Sept. 4	+ 8540	− 13008	+ 23002
	Dez. 13	0	0	0		Juli 26	+ 10169	− 14415	+ 25537
	Dez. 3	0	0	− 1		Juni 16	+ 11933	− 15931	+ 28164
	Nov. 23	+ 1	− 1	− 4		Mai 7	+ 13824	− 17565	+ 30878
	Nov. 13	+ 2	− 4	− 7		März 28	+ 15839	− 19321	+ 33677
	Nov. 3	+ 2	− 8	− 11		Febr. 17	+ 17968	− 21208	+ 36556
	Okt. 24	+ 3	− 15	− 15	1884	Jan. 8	+ 20206	− 23232	+ 39511
	Okt. 14	+ 3	− 25	− 19	1883	Nov. 29	+ 22544	− 25399	+ 42541
	Okt. 4	+ 2	− 38	− 22		Okt. 20	+ 24974	− 27713	+ 45643
	Sept. 24	0	− 54	− 24		Sept. 10	+ 27488	− 30180	+ 48814
	Sept. 14	− 3	− 73	− 24		Aug. 1	+ 30075	− 32806	+ 52053
	Sept. 4	− 7	− 97	− 22		Juni 22	+ 32727	− 35593	+ 55357
	Aug. 25	− 12	− 125	− 18		Mai 13	+ 35433	− 38545	+ 58724
	Aug. 15	− 19	− 157	− 10		April 3	+ 38183	− 41666	+ 62154
	Aug. 5	− 26	− 193	+ 2		Febr. 22	+ 40966	− 44958	+ 65645
	Juli 26	− 36	− 235	+ 17	1883	Jan. 13	+ 43772	− 48422	+ 69195
	Juli 16	− 46	− 280	+ 38	1882	Dez. 4	+ 46590	− 52060	+ 72805
	Juli 6	− 58	− 331	+ 63		Okt. 25	+ 49408	− 55870	+ 76470
	Juni 26	− 71	− 387	+ 95		Sept. 15	+ 52216	− 59857	+ 80192
	Juni 16	− 84	− 447	+ 133		Aug. 6	+ 55001	− 64016	+ 83970
	Juni 6	− 99	− 513	+ 177		Juni 27	+ 57754	− 68346	+ 87802
	April 27	− 162	− 824	+ 431		Mai 18	+ 60461	− 72845	+ 91688
	März 18	− 220	− 1212	+ 826		April 8	+ 63112	− 77510	+ 95626
1886	Febr. 6	− 255	− 1670	+ 1381		Febr. 27	+ 65697	− 82337	+ 99617
1885	Dez. 28	− 246	− 2192	+ 2107	1882	Jan. 18	+ 68203	− 87321	+ 103659
	Nov. 18	− 172	− 2772	+ 3009	1881	Dez. 9	+ 70622	− 92458	+ 107752
	Okt. 9	− 14	− 3405	+ 4087		Okt. 30	+ 72941	− 97740	+ 111895
	Aug. 30	+ 244	− 4089	+ 5337		Sept. 20	+ 75151	− 103163	+ 116087
	Juli 21	+ 616	− 4823	+ 6752		Aug. 11	+ 77243	− 108717	+ 120329
	Juni 11	+ 1114	− 5610	+ 8323		Juli 2	+ 79208	− 114395	+ 124618
	Mai 2	+ 1746	− 6453	+ 10042		Mai 23	+ 81037	− 120188	+ 128956
	März 23	+ 2517	− 7357	+ 11901		April 13	+ 82722	− 126088	+ 133341
	Febr. 11	+ 3433	− 8327	+ 13890		März 4	+ 84256	− 132083	+ 137772
1885	Jan. 2	+ 4493	− 9370	+ 16002	1881	Jan. 23	+ 85632	− 138165	+ 142250
1884	Nov. 23	+ 5698	− 10493	+ 18228	1880	Dez. 14	+ 86844	− 144322	+ 146773

1880 Dez. 14·0 M. Z. B.

$x_0 = -6{\cdot}531\,858$	$y_0 = +1{\cdot}323\,912$	$z_0 = -16{\cdot}671\,30$
$\xi = +8\,684$	$\eta = -14\,432$	$\zeta = +14\,68$
$\xi\odot = -6\,751$	$\eta\odot = -2\,927$	$\zeta\odot = +22$

$40\frac{dx_0}{dt} = +0{\cdot}053\,23109$	$40\frac{dy_0}{dt} = +0{\cdot}013\,66196$	$40\frac{dz_0}{dt} = +0{\cdot}223\,5929$
$40\frac{d\xi}{dt} = -11286$	$40\frac{d\eta}{dt} = +61908$	$40\frac{d\zeta}{dt} = -4546$
$40\frac{d\xi\odot}{dt} = +13968$	$40\frac{d\eta\odot}{dt} = -33900$	$40\frac{d\zeta\odot}{dt} = -17$

$x = -6{\cdot}529\,925$	$40\frac{dx}{dt} = +0{\cdot}053\,25791$
$y = +1{\cdot}306\,553$	$40\frac{dy}{dt} = +0{\cdot}013\,94204$
$z = -16{\cdot}656\,40$	$40\frac{dz}{dt} = +0{\cdot}223\,1366$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + ♃ + ♄$, gültig für die Zeit: 1880 Dez. 14·0 M. Z. B.

$T = 1886$ Dez. $15{\cdot}647$

$\left.\begin{aligned} \omega &= 86^\circ\,24'\,11''{\cdot}38 \\ \Omega &= 137\,25\,10{\cdot}57 \\ i &= 101\,43\,21{\cdot}68 \end{aligned}\right\}$ M. Aequ. 1900·0

$\log q = 9{\cdot}819\,0430$

$e = 0{\cdot}999\,9549$

$\frac{1}{a} = +0{\cdot}000\,0684$

$\left.\begin{aligned} \omega &= 86^\circ\,24'\,5''{\cdot}64 \\ \Omega &= 137\,8\,24{\cdot}33 \\ i &= 101\,43\,29{\cdot}25 \end{aligned}\right\}$ 1880·0

System Komet — ♃	System Komet — ♄
$\Phi = 0^\circ\,49'{\cdot}21$	$1^\circ\,2'{\cdot}81$
$\Psi = 37\,46{\cdot}34$	$24\,18{\cdot}86$
$L = 85\,34{\cdot}88$	$85\,21{\cdot}28$
$K = 136\,58{\cdot}84$	$136\,56{\cdot}86$
$J = 100\,41{\cdot}38$	$99\,27{\cdot}44$

		♃ w	♃ $\mathrm{d}\frac{1}{a}$	♄ w	♄ $\mathrm{d}\frac{1}{a}$
1881	Okt. 30	+ 7·00		+ 8·12	
			−2·75		−3·91
	Mai 23	+ 4·25	+1·07	+ 4·21	+2·10
			−1·68		−1·81
1880	Dez. 14	+ 2·57	− 32	+ 2·40	−1·15
			+ 75		+ 95
	Juli 7	+ 1·64	− 25	− 86	+ 66
			+ 50		− 49
	Jan. 29	+ 1·21	− 18	+ 1·54	− 42
			+ 32		+ 46
1879	Aug. 22	+ 1·10	− 15	− 40	+ 24
			+ 17		− 25
	März 15	+ 1·16	− 10	+ 1·14	− 9
			+ 7		+ 21
1878	Okt. 6	+ 1·29	− 8	− 19	+ 15
			− 1		− 10
	April 29	+ 1·41	− 3	+ 0·95	− 12
			− 4		+ 11
1877	Nov. 20	+ 1·49	− 3	− 8	+ 3
			− 7		− 7
	Juni 13	+ 1·50	0	+ 0·87	+ 2
			− 7		+ 4
	Jan. 4	+ 1·44	+ 2	− 4	+ 5
			− 5		− 2
1876	Juli 28	+ 1·33	+ 2	− 2	− 5
			− 3		0
	Febr. 19	+ 1·19	+ 2	+ 0·83	+ 1
			− 1		− 2
1875	Sept. 12	+ 1·04	+ 2	− 2	
			+ 1		0
	April 5	+ 0·90	0	− 2	+ 1
			+ 1		− 1
1874	Okt. 27	+ 0·77		− 3	
1873	Dez. 11			+ 0·79	
	Jan. 25			+ 0·76	

$$\frac{1}{a} = +\,0{\cdot}000\,0684 - 0.000\,0054 = +\,0\,000\,0630.$$

Komet 1890 II.

Oskulationsepoche: 1890 März 17·0 M. Z. B.

T = 1890 Juni 1·570236 M. Z. B.

ω = 68° 56′ 3″·83
Ω = 320 20 43·02 } M. Aequ. 1890·0
i = 120 33 21·94

$\log q$ = 0·280 4835 ± 0·000 0010

e = 1·000 4103 ± 0·000 0193

$\frac{1}{a}$ = − 0·000 2151 ± 0·000 0101

Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II von Elis Strömgren. Lund, 1896. Bahnberechnung aus 899 Beobachtungen in der Zeit von 1890 März 21—1892 Febr. 4 (686 Tage). Störungen seitens Erde, Mars, Jupiter und Saturn berücksichtigt.

(1890·0)

	ξ	η	ζ
1890 Mai 16	+ 80	— 155	— 120
April 6	+ 8	— 22	— 14
Febr. 25	+ 7	— 27	— 13
1890 Jan. 16	+ 43	— 279	— 114
1889 Dez. 7	+ 42	— 837	— 266
Okt. 28	— 67	— 1663	— 411
Sept. 18	— 309	— 2658	— 512
Aug. 9	— 682	— 3726	— 566
Juni 30	— 1166	— 4791	— 562
Mai 21	— 1743	— 5801	— 504
April 11	— 2393	— 6724	— 397
März 2	— 3100	— 7536	— 243
1889 Jan. 21	— 3847	— 8225	— 45
1888 Dez. 12	— 4622	— 8784	+ 194
Nov. 2	— 5411	— 9207	+ 473
Sept. 23	— 6202	— 9494	+ 790
Aug. 14	— 6984	— 9646	+ 1144
Juli 5	— 7747	— 9664	+ 1534
Mai 26	— 8480	— 9553	+ 1958
April 16	— 9173	— 9316	+ 2415
März 7	— 9818	— 8957	+ 2904
1888 Jan. 27	— 10406	— 8484	+ 3424
1887 Dez. 18	— 10929	— 7899	+ 3973
Nov. 8	— 11380	— 7212	+ 4550
Sept. 29	— 11750	— 6426	+ 5154
Aug. 20	— 12034	— 5549	+ 5784
Juli 11	— 12226	— 4588	+ 6439
Juni 1	— 12319	— 3551	+ 7118
April 22	— 12308	— 2443	+ 7820
März 13	— 12188	— 1272	+ 8544

	ξ	η	ζ
1887 Febr. 1	— 11955	— 47	+ 9288
1886 Dez. 23	— 11605	+ 1226	+ 10052
Nov. 13	— 11134	+ 2538	+ 10836
Okt. 4	— 10540	+ 3883	+ 11637
Aug. 25	— 9818	+ 5252	+ 12456
Juli 16	— 8967	+ 6637	+ 13291
Juni 6	— 7986	+ 8030	+ 14143
April 27	— 6872	+ 9423	+ 15009
März 18	— 5625	+ 10808	+ 15890
1886 Febr. 6	— 4243	+ 12178	+ 16786
1885 Dez. 28	— 2727	+ 13524	+ 17694
Nov. 18	— 1077	+ 14837	+ 18616
Okt. 9	+ 706	+ 16111	+ 19550
Aug. 30	+ 2622	+ 17336	+ 20496
Juli 21	+ 4669	+ 18506	+ 21453
Juni 11	+ 6845	+ 19612	+ 22422
Mai 2	+ 9147	+ 20646	+ 23402
März 23	+ 11574	+ 21601	+ 24393
Febr. 11	+ 14121	+ 22468	+ 25394
1885 Jan. 2	+ 16786	+ 23242	+ 26406
1884 Nov. 23	+ 19564	+ 23913	+ 27428
Okt. 14	+ 22451	+ 24476	+ 28460
Sept. 4	+ 25441	+ 24922	+ 29502
Juli 26	+ 28530	+ 25245	+ 30554
Juni 16	+ 31713	+ 25439	+ 31616
Mai 7	+ 34982	+ 25496	+ 32688
März 28	+ 38331	+ 25411	+ 33771
Febr. 17	+ 41754	+ 25177	+ 34863
1884 Jan. 8	+ 45242	+ 24789	+ 35967
1883 Nov. 29	+ 48789	+ 24242	+ 37081

1884 Jan. 8·0 M. Z. B.

$x_0 = +9{\cdot}526\,049$ $\quad y_0 = +3{\cdot}244\,143$ $\quad z_0 = -14{\cdot}528\,000$

$\xi = +4\,524$ $\quad \eta = +2\,479$ $\quad \zeta = +3\,597$

$\xi\odot = +1\,444$ $\quad \eta\odot = -6\,800$ $\quad \zeta\odot = +42$

$40\frac{dx_0}{dt} = -0{\cdot}069\,4181$ $\quad 40\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}095\,3738$ $\quad 40\frac{dz_0}{dt} = +0{\cdot}199\,4167$

$40\frac{d\xi}{dt} = -3519$ $\quad 40\frac{d\eta}{dt} = +467$ $\quad 40\frac{d\zeta}{dt} = -1109$

$40\frac{d\xi\odot}{dt} = +3184$ $\quad 40\frac{d\eta\odot}{dt} = +1008$ $\quad 40\frac{d\zeta\odot}{dt} = -84$

$x = +9{\cdot}532\,017$ $\quad 40\frac{dx}{dt} = -0{\cdot}069\,4516$

$y = +3{\cdot}239\,822$ $\quad 40\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}095\,2263$

$z = -14{\cdot}524\,361$ $\quad 40\frac{dz}{dt} = +0{\cdot}199\,2974$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + \mathfrak{U} + \mathfrak{h}$, gültig für die Zeit: 1884 Jan. 8·0 M. Z. B.

$$T = 1890 \text{ Juni } 2{\cdot}8292 \text{ M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 69^\circ\ 4'\ 45''{\cdot}13 \\ \Omega &= 320\ 23\ 13{\cdot}01 \\ i &= 120\ 33\ 9{\cdot}29 \end{aligned}\right\} \text{ M. Aequ. } 1890{\cdot}0$$

$$\log q = 0{\cdot}279\,3364$$

$$e = 0{\cdot}999\,8502$$

$$\frac{1}{a} = +\,0{\cdot}000\,0786$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 69^\circ\ 4'\ 48''{\cdot}16 \\ \Omega &= 320\ 14\ 51{\cdot}95 \\ i &= 120\ 33\ 5{\cdot}29 \end{aligned}\right\} 1880{\cdot}0$$

	System Komet — $\mathfrak{U}$	System Komet — $\mathfrak{h}$
Φ	$358^\circ\ 59'{\cdot}40$	$358^\circ\ 37'{\cdot}68$
Ψ	$221\ 33{\cdot}62$	$208\ 20{\cdot}07$
L	$70\ 5{\cdot}40$	$70\ 27{\cdot}12$
K	$320\ 46{\cdot}12$	$320\ 58{\cdot}07$
J	$121\ 32{\cdot}19$	$122\ 45{\cdot}03$

	$\mathfrak{U}$														
	w		$\mathrm{d}\frac{1}{a}$												
	$\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}t}$														
1884 Juni 16	+2·82														
		+1·68													
Jan. 8	+4·50		−1·15												
		+ 53		+24											
1883 Aug. 1	+5·03		− 91		+ 9										
		− 38		+33		− 8									
Febr. 22	+4·65		− 58		+ 1										
		− 96		+34		+ 1									
1882 Sept. 15	+3·69		− 24		+ 2										
		−1·20		+36		− 14									
April 8	+2·49		+ 12		− 12										
		−1·08		+24		− 5									
1881 Okt. 30	+1·41		+ 36		− 17										
		− 72		+ 7		+ 1									
Mai 23	+0·69		+ 43		− 16										
		− 29		− 9		+ 7									
1880 Dez. 14	+0·40		+ 34		− 9										
		+ 5		−18		+12									
Juli 7	+0·45		+ 16		+ 3										
		+ 21		−15		+ 1									
Jan. 29	+0·66		+ 1		+ 4										
		+ 22		−11		+ 4									
1879 Aug. 22	+0·88		− 10		+ 8										
		+ 12		− 3		− 2									
März 15	+1·00		− 13		+ 6										
		− 1		+ 3											
1878 Okt. 6	+0·99		− 10												
		− 11													
April 29	+0·88														

	$\mathfrak{h}$														
	w		$\mathrm{d}\frac{1}{a}$												
	$\frac{\mathrm{d}w}{\mathrm{d}t}$														
1884 Jan. 8	+13·50														
		−5·34													
1883 Febr. 22	+8·16		+1·69												
		−3·65		− 8											
1882 April 8	+4·51		+1·61		− 39										
		−2·04		− 47		+ 35									
1881 Mai 23	+2·47		+1·14		− 4		− 19								
		− 90		− 51		+ 16									
1880 Juli 7	+1·57		+ 63		+12		− 14								
		− 27		− 39		+ 2									
1879 Aug. 22	+1·30		+ 24		+18		− 6								
		− 3		− 21		− 4									
1878 Okt. 6	+1·27		+ 3		+14		− 6								
		0		− 7		−10									
1877 Nov. 20	+1·27		− 4		+ 4		+12								
		− 4		− 3		+ 2									
Jan. 4	+1·23		− 7		+ 6										
		− 11		+ 3											
1876 Febr. 19	+1·12		− 4												
		− 15													
1875 April 15	+0·97														

$$\frac{1}{a} = +\,0{\cdot}000\,0786 - 0{\cdot}000\,0068 = +\,0{\cdot}000\,0718.$$

Komet 1897 I.

Oskulationsepoche: 1897 Jan. 29·0 M. Z. B.

T = 1897 Febr. 8·140779 M. Z. B.

ω = 172° 18′ 59″·49
Ω = 86 28 30·64
i = 146 8 14·55
} M. Aequ. 1897·0

$\log q$ = 0·026 4443 ± 0·000 0034

e = 1·000 9270 ± 0·000 0506

Johannes Möller: Bestimmung der Bahn des Kometen 1897 I. Ergänzungsheft zu den A. N. Nr. 2 (Kiel 1901).

Bahnbestimmung aus 165 Beobachtungen in der Zeit von 1896 Nov. 2—1897 April 29 (179 Tage). Störungen seitens Jupiter und Saturn berücksichtigt. In bezug auf das Element ω s. A. N. 4083, Berichtigung zu Erg.-Heft 2.

Auf 1900·0 bezogen:

Oskulationsepoche: 1897 Jan. 29·0 M. Z. B.

T = 1897 Febr. 8·140779 M. Z. B.

ω = 172° 19′ 2″·02
Ω = 86 31 3·51
i = 146 8 14·49
} M. Aequ. 1900·0

$\log q$ = 0·026 4443 ± 0·000 0034

e = 1·000 9270 ± 0·000 0506

$\frac{1}{a}$ = − 0·000 8722 ± 0·000 0476

(1900·0)

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
1897 April 9	+ 37	+ 22	+ 6	April 20	+ 2857	− 8790	− 2605
Febr. 28	+ 9	+ 1	− 1	März 11	+ 2726	− 10412	− 3130
1897 Jan. 19	+ 1	0	0	1895 Jan. 30	+ 2484	− 12230	− 3728
1896 Dez. 10	+ 32	− 10	− 6	1894 Dez. 21	+ 2119	− 14256	− 4402
Okt. 31	+ 113	− 48	− 18	Nov. 11	+ 1623	− 16506	− 5160
Sept. 21	+ 245	− 125	− 37	Okt. 2	+ 988	− 18993	− 6002
Aug. 12	+ 425	− 247	− 66	Aug. 23	+ 211	− 21728	− 6932
Juli 3	+ 646	− 423	− 108	Juli 14	− 712	− 24727	− 7950
Mai 24	+ 898	− 662	− 168	Juni 4	− 1780	− 27993	− 9053
April 14	+ 1174	− 975	− 249	April 25	− 2993	− 31536	− 10240
März 5	+ 1463	− 1371	− 356	März 16	− 4348	− 35355	− 11503
1896 Jan. 25	+ 1754	− 1861	− 492	1894 Febr. 4	− 5844	− 39450	− 12839
1895 Dez. 16	+ 2036	− 2455	− 661	1893 Dez. 26	− 7480	− 43817	− 14239
Nov. 6	+ 2298	− 3164	− 866	Nov. 16	− 9256	− 48449	− 15698
Sept. 27	+ 2528	− 3996	− 1113	Okt. 7	− 11172	− 53337	− 17207
Aug. 18	+ 2712	− 4964	− 1405	Aug. 28	− 13232	− 58472	− 18763
Juli 9	+ 2837	− 6078	− 1748	Juli 19	− 15438	− 63842	− 20358
Mai 30	+ 2890	− 7349	− 2146	Juni 9	− 17795	− 69435	− 21989

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
April 30	— 20308	— 75239	— 23651	Febr. 15	— 59421	— 149332	— 43242
März 21	— 22980	— 81241	— 25340	1892 Jan. 6	— 64092	— 156661	— 45103
1893 Febr. 9	— 25817	— 87430	— 27053	1891 Nov. 27	— 68951	— 164035	— 46975
1892 Dez. 31	— 28824	— 93791	— 28788	Okt. 18	— 73995	— 171440	— 48856
Nov. 21	— 32004	— 100311	— 30543	Sept. 8	— 79221	— 178865	— 50746
Okt. 12	— 35364	— 106979	— 32315	Juli 30	— 84626	— 186299	— 52645
Sept. 2	— 38905	— 113779	— 34103	Juni 20	— 90206	— 193729	— 54552
Juli 24	— 42632	— 120701	— 35906	Mai 11	— 95954	— 201146	— 56468
Juni 14	— 46545	— 127730	— 37722	April 1	— 101865	— 208539	— 58392
Mai 5	— 50647	— 134853	— 39550	Febr. 20	— 107933	— 215899	— 60325
März 26	— 54939	— 142058	— 41390	1891 Jan. 11	— 114151	— 223217	— 62265

1891 Febr. 20·0 M. Z. B.

$$x_0 = +6{\cdot}184\,6214 \qquad y_0 = +16{\cdot}025\,576 \qquad z_0 = +3{\cdot}489\,1920$$
$$\xi = -\ 10\,7933 \qquad \eta = -\ 21\,590 \qquad \zeta = -\ 6\,0325$$
$$\xi\odot = -\ 1\,3862 \qquad \eta\odot = +\ 1\,963 \qquad \zeta\odot = -\ 109$$

$$40\frac{dx_0}{dt} = -0{\cdot}036\,73076 \qquad 40\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}229\,8992 \qquad 40\frac{dz_0}{dt} = -0{\cdot}015\,23133$$
$$40\frac{d\xi}{dt} = +\ 61441 \qquad 40\frac{d\eta}{dt} = +\ 7340 \qquad 40\frac{d\zeta}{dt} = +\ 19363$$
$$40\frac{d\xi\odot}{dt} = -\ 13909 \qquad 40\frac{d\eta\odot}{dt} = -\ 1899 \qquad 40\frac{d\zeta\odot}{dt} = +\ 644$$

$$x = +6{\cdot}172\,4419 \qquad 40\frac{dx}{dt} = -0{\cdot}036\,25544$$
$$y = +16{\cdot}005\,949 \qquad 40\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}229\,3551$$
$$z = +3{\cdot}483\,1486 \qquad 40\frac{dz}{dt} = -0{\cdot}015\,03126$$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + \mathfrak{U} + \mathfrak{h}$, gültig für die Zeit: 1891 Febr. 20·0 M. Z. B.

T = 1897 Febr. 8·7151 M. Z. B.

ω = 172° 23′ 15″·65
Ω = 86 33 56·64
i = 146 11 50·53
} M. Aequ. 1900·0

$\log q$ = 0·027 7649
e = 0·999 9609
$\frac{1}{a}$ = +0·000 0367

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 172^\circ 22' 58''.73 \\ \Omega &= 86\ 16\ 57.50 \\ i &= 146\ 11\ 50.95 \end{aligned}\right\} 1880.0$$

	System Komet — ♃	System Komet — ♄
Φ =	359° 29'.38	358° 7'.33
Ψ =	347 29.71	335 11.36
L =	172 53.59	174 15.65
K =	86 42.21	87 49.36
J =	144 55.10	143 57.07

♃

	w	$\mathrm{d}\frac{1}{a}$			
1891 Febr.20	+ 4·86				
		−3·44			
1890 Sept. 13	+ 1·42		+ 77		
		−2·67		+ 17	
April 6	− 1·25		+ 94		− 24
		−1·73		− 7	
1889 Okt. 28	− 2·98		+ 87		− 9
		− 86		− 16	
Mai 21	− 3·84		+ 71		− 2
		− 15		− 18	
1888 Dez. 12	− 3·99		+ 53		− 2
		+ 38		− 20	
Juli 5	− 3·61		+ 33		+ 5
		+ 71		− 15	
Jan. 27	− 2·90		+ 18		0
		+ 89		− 15	
1887 Aug. 20	− 2·01		+ 3		+ 4
		+ 92		− 11	
März 13	− 1·09		− 8		+ 1
		+ 84		− 10	
1886 Okt. 4	− 0·25		− 18		+ 5
		+ 66		− 5	
April 27	+ 0·41		− 23		0
		+ 43		− 5	
1885 Nov. 18	+ 0·84		− 28		+ 6
		+ 15		+ 1	
Juni 11	+ 0·99		− 27		
		− 12			
Jan. 2	+ 0·87				

♄

	w	$\mathrm{d}\frac{1}{a}$			
1891 Febr.20	+ 7·69				
		+ 51			
1890 April 6	+ 8·20		− 2·10		
		− 1·59		+ 99	
1889 Mai 21	+ 6·61		− 1·11		− 26
		− 2·70		+ 73	+ 21
1888 Juli 5	+ 3·91		− 38	− 5	− 15
		− 3·08		+ 68	+ 6
1887 Aug. 20	+ 0·83		+ 30	+ 1	− 44
		− 2·78		+ 69	− 38
1886 Okt. 4	− 1·95		+ 99	− 37	+ 22
		− 1·79		+ 32	− 16
1885 Nov. 18	− 3·74		+ 1·31	− 53	+ 33
		− 48		− 21	+ 17
Jan. 2	− 4·22		+ 1·10	− 36	
		+ 62		− 57	
1884 Febr.17	− 3·60		+ 53		
		+ 1·15			
1883 April 3	− 2·45				

$$\frac{1}{a} = + 0.000\,0367 + 0.000\,0001 = + 0.000\,0368.$$

Komet 1898 VII.

Oskulationsepoche: 1898 Juni 21·0 M. Z. Greenwich.

T = 1898 Sept. 14·044205 M. Z. Greenwich = Sept. 14·081414 M. Z. B.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 233^\circ\,15'\,18''\!\cdot\!66 \\ \Omega &= 74\ \ 0\ 58\cdot 17 \\ i &= 69\ 56\ \ 0\cdot 37 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. 1900·0}$$

$$\log q = 0\cdot 230\ 8587 \pm 0\cdot 000\ 0009$$

$$e = 1\cdot 001\ 0336 \pm 0\cdot 000\ 0164$$

$$\frac{1}{a} = -\,0\cdot 000\ 6074 \pm 0\cdot 000\ 0096$$

C. J. Merfield: Definitive orbit elements of Comet 1898 VII. A. N. 3684—85.

Bahnbestimmung aus 414 Beobachtungen in der Zeit von 1898 Juni 11—1899 Dez. 6 (544 Tage).

Störungen berücksichtigt für Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn.

(1900·0)

	ξ	η	ζ		ξ	η	ζ
1898 Aug. 2	— 18	+ 28	+ 9	Mai 30	+ 25950	+ 6142	— 30460
Juni 23	0	0	0	April 20	+ 28325	+ 5303	— 32703
Mai 14	— 18	+ 27	+ 1	März 11	+ 30754	+ 4317	— 35006
April 4	— 74	+ 123	— 11	1895 Jan. 30	+ 33228	+ 3180	— 37369
Febr. 23	— 158	+ 298	— 61	1894 Dez. 21	+ 35739	+ 1891	— 39791
1898 Jan. 14	— 249	+ 554	— 171	Nov. 11	+ 38276	+ 446	— 42269
1897 Dez. 5	— 328	+ 889	— 360	Okt. 2	+ 40829	— 1156	— 44802
Okt. 26	— 370	+ 1297	— 639	Aug. 23	+ 43388	— 2917	— 47389
Sept. 16	— 353	+ 1768	— 1016	Juli 14	+ 45943	— 4837	— 50029
Aug. 7	— 260	+ 2289	— 1496	Juni 4	+ 48484	— 6915	— 52720
Juni 28	— 76	+ 2850	— 2080	April 25	+ 51000	— 9151	— 55461
Mai 19	+ 211	+ 3437	— 2768	März 16	+ 53481	— 11542	— 58251
April 9	+ 612	+ 4039	— 3559	1894 Febr. 4	+ 55917	— 14087	— 61089
Febr. 28	+ 1132	+ 4642	— 4451	1893 Dez. 26	+ 58296	— 16782	— 63974
1897 Jan. 19	+ 1777	+ 5236	— 5443	Nov. 16	+ 60610	— 19623	— 66905
1896 Dez. 10	+ 2550	+ 5808	— 6530	Okt. 7	+ 62849	— 22606	— 69880
Okt. 31	+ 3453	+ 6348	— 7712	Aug. 28	+ 65002	— 25724	— 72899
Sept. 21	+ 4486	+ 6844	— 8984	Juli 19	+ 67062	— 28973	— 75961
Aug. 12	+ 5649	+ 7288	— 10345	Juni 9	+ 69018	— 32345	— 79065
Juli 3	+ 6940	+ 7668	— 11791	April 30	+ 70863	— 35833	— 82210
Mai 24	+ 8356	+ 7976	— 13321	März 21	+ 72590	— 39430	— 85395
April 14	+ 9894	+ 8202	— 14931	1893 Febr. 9	+ 74190	— 43125	— 88619
März 5	+ 11549	+ 8338	— 16620	1892 Dez. 31	+ 75657	— 46911	— 91882
1896 Jan. 25	+ 13318	+ 8377	— 18385	Nov. 21	+ 76985	— 50777	— 95184
1895 Dez. 16	+ 15193	+ 8309	— 20224	Okt. 12	+ 78170	— 54714	— 98522
Nov. 6	+ 17170	+ 8128	— 22135	Sept. 2	+ 79206	— 58711	— 101896
Sept. 27	+ 19242	+ 7826	— 24116	Juli 24	+ 80089	— 62758	— 105307
Aug. 18	+ 21401	+ 7399	— 26165	Juni 14	+ 80817	— 66844	— 108753
Juli 9	+ 23639	+ 6839	— 28281	Mai 5	+ 81388	— 70957	— 112234

1892 Juni 14·0 M. Z. B.

$x_0 = -5{\cdot}759\,209$	$y_0 = +1{\cdot}769\,996$	$z_0 = +16{\cdot}491\,038$
$\xi = +8\,082$	$\eta = -6\,684$	$\zeta = -10\,875$
$\xi\odot = -1\,954$	$\eta\odot = -738$	$\zeta\odot = -1$

$40\frac{dx_0}{dt} = +0{\cdot}052\,53445$	$40\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}091\,78889$	$40\frac{dz_0}{dt} = -0{\cdot}207\,4510$
$40\frac{d\xi}{dt} = -6497$	$40\frac{d\eta}{dt} = +41013$	$40\frac{d\zeta}{dt} = +3463$
$40\frac{d\xi\odot}{dt} = +5143$	$40\frac{d\eta\odot}{dt} = -23472$	$40\frac{d\zeta\odot}{dt} = -12$

$$x = -5{\cdot}753\,081 \qquad 40\frac{dx}{dt} = +0{\cdot}052\,52091$$

$$y = +1{\cdot}762\,574 \qquad 40\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}091\,61348$$

$$z = +16{\cdot}480\,162 \qquad 40\frac{dz}{dt} = -0{\cdot}207\,1059$$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + 4 + 5$, gültig für die Zeit: 1892 Juni 14·0 M. Z. B.

$T = 1898$ Sept. 13·169 M. Z. B.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 233^\circ\,24'\,26''{\cdot}14 \\ \Omega &= 74\;\;6\;25{\cdot}17 \\ i &= 69\;56\;46{\cdot}11 \end{aligned}\right\} \text{M. Aequ. } 1900{\cdot}0$$

$$\log q = 0{\cdot}228\,7580$$

$$e = 1{\cdot}000\,0147$$

$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,0088$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 233^\circ\,24'\,16''{\cdot}26 \\ \Omega &= 73\;49\;43{\cdot}48 \\ i &= 69\;56\;44{\cdot}49 \end{aligned}\right\} 1880{\cdot}0$$

	System Komet — 4	System Komet — 5
Φ	$359^\circ\,23'{\cdot}83$	$358^\circ\,19'{\cdot}05$
Ψ	334 24·47	320 35·51
L	234 0·45	235 5·22
K	73 36·97	73 13·51
J	68 45·73	68 0·80

	♃ $w\,\frac{\mathrm{d}\frac{1}{a}}{\mathrm{d}t}$			♄ $w\,\frac{\mathrm{d}\frac{1}{a}}{\mathrm{d}t}$		
1892 Juni 14	+ 1·90			+ 14·54		
		− 29			− 5·18	
Jan. 6	+ 1·61		+ 22	+ 9·36		+ 2·17
		− 7	− 11		− 3·01	− 1.00
1891 Juli 30	+ 1·54		+ 11	+ 6·35		+ 1·17 + 50
		+ 4	− 8		− 1·84	− 50 − 30
Febr. 20	+ 1·58		+ 3	+ 4·51		+ 67 + 20
		+ 7	− 3		− 1·17	− 30 − 3
1890 Sept. 13	+ 1·65		0	+ 3·34		+ 37 + 17
		+ 7	− 5		− 80	− 13 − 13
April 6	+ 1·72		− 3	+ 2·54		+ 24 + 4
		+ 4	− 2		− 56	− 9 − 1
1889 Okt. 28	+ 1·76		− 5	+ 1·98		+ 15 + 3
		− 1	0		− 41	− 6 + 1
Mai 21	+ 1·75		− 5	+ 1·57		+ 9 + 4
		− 6	+ 1		− 32	− 2
1888 Dez. 12	+ 1·69		− 4	+ 1·25		+ 7
		− 10	0		− 25	
Juli 5	+ 1·59		− 4	+ 1·00		
		− 14	+ 2			
Jan. 27	+ 1·45		− 2			
		− 16	0			
1887 Aug. 20	+ 1·29		− 2			
		− 18	+ 4			
März 13	+ 1·11		+ 2			
		− 16	− 1			
1886 Okt. 4	+ 0·95		+ 1			
		− 15				
April 27	+ 0·80					

$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,0088 - 0{\cdot}000\,0069 = -0{\cdot}000\,0157$$

Komet 1902 III.

Oskulationsepoche $= T$

$T = 1902$ Nov. 23·85672 M. Z. Greenwich.

$\left.\begin{aligned} \omega &= 152^\circ\,57'\,27''{\cdot}2 \\ \Omega &= 49\;20\;52{\cdot}6 \\ i &= 156\;20\;51{\cdot}2 \end{aligned}\right\}$ M. Aequ. 1902·0

$\log q = 9{\cdot}603\,225 \pm 0{\cdot}000\,001$

$e = 0{\cdot}999\,9675 \pm 0{\cdot}000\,0074$

A. J. Vol. XXVII Nos. 1—2: Definitive orbit of comet 1902 III by Henry A. Peck and Louis Lindsey.

Bahnberechnung aus 1182 Beobachtungen in der Zeit von 1902 Aug. 31—1903 März 30 (212 Tage).

Störungen seitens Merkur, Erde, Jupiter und Saturn berücksichtigt.
Auf 1900·0 bezogen:
Oskulationsepoche = T.

$$T = 1902\ \text{Nov.}\ 23{\cdot}89393\ \text{M. Z. B.}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 152^\circ\,57'\,25''{\cdot}3 \\ \Omega &= 49\ 19\ 10{\cdot}3 \\ i &= 156\ 20\ 50{\cdot}7 \end{aligned}\right\}\ \text{M. Aequ. 1900·0}$$

$$\log q = 9{\cdot}603\,225 \pm 0{\cdot}000\,001$$

$$e = 0{\cdot}999\,9675 \pm 0{\cdot}000\,0074$$

$$\frac{1}{a} = +\,0{\cdot}000\,0810 \pm 0{\cdot}000\,0184$$

(1900·0)

		ξ	η	ζ			ξ	η	ζ
1902	Dez. 10	+ 1	+ 1	0		Okt. 11	— 11187	+ 6945	— 971
	Nov. 30	0	0	0		Sept. 1	— 12097	+ 8431	— 1029
	20	0	0	0		Juli 23	— 12969	+ 10054	— 1089
	10	+ 1	0	0		Juni 13	— 13793	+ 11814	— 1149
	Okt. 31	+ 5	— 2	— 1		Mai 4	— 14560	+ 13708	— 1211
	21	+ 11	— 7	— 2		März 25	— 15262	+ 15734	— 1273
	11	+ 18	— 16	— 4		Febr. 13	— 15890	+ 17889	— 1338
	1	+ 27	— 28	— 7	1900	Jan. 4	— 16435	+ 20171	— 1403
	Sept. 21	+ 36	— 44	— 11	1899	Nov. 25	— 16891	+ 22575	— 1471
	11	+ 44	— 63	— 15		Okt. 16	— 17250	+ 25098	— 1541
	1	+ 51	— 86	— 21		Sept. 6	— 17506	+ 27734	— 1614
	Aug. 22	+ 54	— 113	— 27		Juli 28	— 17650	+ 30481	— 1688
	12	+ 54	— 142	— 34		Juni 18	— 17679	+ 33332	— 1766
	2	+ 50	— 174	— 42		Mai 9	— 17585	+ 36282	— 1846
	Juli 23	+ 41	— 208	— 51		März 30	— 17364	+ 39326	— 1929
	13	+ 27	— 244	— 60		Febr. 18	— 17011	+ 42457	— 2016
	3	+ 7	— 281	— 70	1899	Jan. 9	— 16520	+ 45671	— 2106
	Juni 23	— 19	— 319	— 81	1898	Nov. 30	— 15888	+ 48960	— 2199
	13	— 51	— 357	— 92		Okt. 21	— 15112	+ 52318	— 2296
	3	— 90	— 395	— 103		Sept. 11	— 14187	+ 55739	— 2396
	Mai 24	— 136	— 433	— 115		Aug. 2	— 13111	+ 59215	— 2500
	14	— 188	— 469	— 128		Juni 23	— 11881	+ 62740	— 2608
	4	— 247	— 504	— 141		Mai 14	— 10494	+ 66306	— 2720
	April 24	— 313	— 538	— 154		April 4	— 8950	+ 69907	— 2836
	März 15	— 647	— 646	— 208		Febr. 23	— 7247	+ 73535	— 2955
1902	Febr. 3	— 1087	— 700	— 266	1898	Jan. 14	— 5383	+ 77182	— 3079
1901	Dez. 25	— 1628	— 682	— 325	1897	Dez. 5	— 3359	+ 80841	— 3207
	Nov. 15	— 2260	— 578	— 384		Okt. 26	— 1173	+ 84504	— 3339
	Okt. 6	— 2973	— 376	— 444		Sept. 16	+ 1174	+ 88164	— 3475
	Aug. 27	— 3756	— 67	— 504		Aug. 7	+ 3680	+ 91813	— 3616
	Juli 18	— 4598	+ 357	— 563		Juni 28	+ 6346	+ 95442	— 3760
	Juni 8	— 5487	+ 902	— 622		Mai 19	+ 9170	+ 99045	— 3908
	April 29	— 6412	+ 1575	— 681		April 9	+ 12149	+ 102614	— 4060
	März 20	— 7361	+ 2377	— 739		Febr. 28	+ 15283	+ 106141	— 4217
1901	Febr. 8	— 8325	+ 3314	— 797	1897	Jan. 19	+ 18567	+ 109617	— 4377
1900	Dez. 30	— 9290	+ 4387	— 855	1896	Dez. 10	+ 21999	+ 113036	— 4541
	Nov. 20	— 10248	+ 5597	— 913		Okt. 31	+ 25575	+ 116390	— 4708

1896 Okt. 31·0

$x_0 = +9{\cdot}531\,485$	$y_0 = +15{\cdot}561\,10$	$z_0 = -1{\cdot}276\,757$
$\xi = +2\,557$	$\eta = +11\,64$	$\zeta = -471$
$\xi\odot = +6\,031$	$\eta\odot = -62$	$\zeta\odot = -194$

$40\frac{dx_0}{dt} = -0{\cdot}090\,33200$	$40\frac{dy_0}{dt} = -0{\cdot}206\,6998$	$40\frac{dz_0}{dt} = +0{\cdot}029\,00815$
$40\frac{d\xi}{dt} = -36469$	$40\frac{d\eta}{dt} = -3319$	$40\frac{d\zeta}{dt} = +1694$
$40\frac{d\xi\odot}{dt} = +11626$	$40\frac{d\eta\odot}{dt} = +2661$	$40\frac{d\zeta\odot}{dt} = -333$

$x = +9{\cdot}540\,073$	$40\frac{dx}{dt} = -0{\cdot}090\,58043$
$y = +15{\cdot}572\,12$	$40\frac{dy}{dt} = -0{\cdot}206\,7656$
$z = -1{\cdot}277\,422$	$40\frac{dz}{dt} = +0{\cdot}029\,02176$

Schwerpunktselemente, bezogen auf die Masse $\odot + ♃ + ♄$, gültig für die Zeit: 1896 Okt. 31·0 M. Z. B.

$T = 1902$ Nov. 23·791

$\left.\begin{aligned} \omega &= 153^\circ\ 4'\ 26''{\cdot}81 \\ \Omega &= 49\ 21\ 57{\cdot}80 \\ i &= 156\ 14\ 6{\cdot}58 \end{aligned}\right\}$ M. Aequ. 1900·0

$\log q = 9{\cdot}599\,6275$

$e = 1{\cdot}000\,0080$

$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,0204$

$\left.\begin{aligned} \omega &= 153^\circ\ 4'\ 17''{\cdot}19 \\ \Omega &= 49\ 13\ 26{\cdot}44 \\ i &= 156\ 14\ 3{\cdot}90 \end{aligned}\right\}$ 1890·0

System Komet — ♃	System Komet — ♄
$\Phi = 357^\circ\ 35'{\cdot}30$	$354^\circ\ 42'{\cdot}67$
$\Psi = 312\ 4{\cdot}91$	$301\ 20{\cdot}72$
$L = 155\ 28{\cdot}99$	$158\ 21{\cdot}61$
$K = 51\ 25{\cdot}44$	$54\ 2{\cdot}54$
$J = 155\ 22{\cdot}54$	$155\ 1{\cdot}63$

♃

			$w\frac{d\frac{1}{a}}{dt}$					
1896	Okt. 31	+ 6·01						
			− 63					
	Mai 24	+ 5·38		− 1·45				
			− 2·08		+ 64			
1895	Dez. 16	+ 3·30		− 81		+ 16		
			− 2·89		+ 80		− 9	
	Juli 9	+ 0·41		− 1		+ 7		− 30
			− 2·90		+ 87		− 39	
	Jan. 30	− 2·49		+ 86		− 32		+ 13
			− 2·04		+ 55		− 26	
1894	Aug. 23	− 4·53		+ 1·41		− 58		+ 28
			− 63		− 3		+ 2	
	März 16	− 5·16		+ 1·38		− 56		+ 22
			+ 75		− 59		+ 44	
1893	Okt. 7	− 4·41		+ 79		− 12		− 9
			+ 1·54		− 71		+ 35	
	April 30	− 2·87		+ 8		+ 23		− 24
			+ 1·62		− 48		+ 11	
1892	Nov. 21	− 1·25		− 40		+ 34		− 26
			+ 1·22		− 14		− 15	
	Juni 14	− 0·03		− 54		+ 19		+ 7
			+ 68		+ 5		− 8	
	Jan. 6	+ 0·65		− 49		+ 11		− 5
			+ 19		+ 16		− 13	
1891	Juli 30	+ 0·84		− 33		− 2		
			− 14		+ 14			
	Febr. 20	+ 0·70		− 19				
			− 33					
1890	Sept. 13	+ 0·37						

♄

			$w\frac{d\frac{1}{a}}{dt}$					
1896	Okt. 31	− 15·49						
			+ 5·57					
1895	Dez. 16	− 9·92		− 1·72				
			+ 3·88		+ 57			
	Jan. 30	− 6·07		− 1·15		− 23		
			+ 2·70		+ 34		+ 8	
1894	März 16	− 3·37		− 81		− 15		+ 3
			+ 1·89		+ 19		+ 11	
1893	April 30	− 1·48		− 62		− 4		− 14
			+ 1·27		+ 15		− 3	
1892	Juni 14	− 0·21		− 47		− 7		+ 9
			+ 80		+ 8		+ 6	
1891	Juli 30	+ 0·59		− 39		− 1		− 6
			+ 41		+ 7		0	
1890	Sept. 13	+ 1·00		− 32		− 1		
			+ 9		+ 6			
1889	Okt. 28	+ 1·09		− 26				
			− 17					
1888	Dez. 12	+ 0·92						

$$\frac{1}{a} = -0{\cdot}000\,0204 + 0{\cdot}000\,0036 = -0{\cdot}000\,0168.$$

III. Resultate.

Das Resultat dieser Rechnung ist bemerkenswert. Unter den untersuchten Kometen haben wir alle die kritischen Fälle, wo die Genauigkeit der Bahnbestimmung so gross ist, dass es überhaupt einen Sinn hat, diese Untersuchung auszuführen[1]. Wir stellen die Resultate in der folgenden Tafel zusammen:

[1] Hierzu ist Folgendes zu bemerken:

Den Kometen 1892 II haben wir nicht behandelt, da er durch FAYET's Rechnungen (Bull. Astr. März 1900) erledigt war. Etwas ähnliches gilt den Kometen 1899 I, obwohl dieser Komet eine Neuberechnung verdiente. Alle anderen Kometen, für welche die Bahnbestimmung einen hyperbolischen Karakter ergeben hat, müssen als unsicher bezeichnet werden, so z. B., trotz der sehr sorgfältigen Berechnung (A. N. 4347) Komet 1886 III wegen der Kürze der Erscheinung (33 Tage), Komet 1904 II, wo

Komet	e nach der Bahnbestimmung	$\frac{1}{a}$ nach der Bahnbestimmung	m. F.	Ursprünglicher Wert von $\frac{1}{a}$
1882 II	0·999 9078	+ 0·011 8963	± 0·000 2710	+ 0·012 1488
1886 I	1·000 4461	— 0·000 6944	± 0·000 0220	— 0·000 0071
1886 II	1·000 2286	— 0·000 4770	± 0·000 0091	+ 0·000 3166
1886 IX	1·000 3824	— 0·000 5765	± 0·000 0276	+ 0·000 0630
1890 II	1·000 4103	— 0·000 2151	± 0·000 0101	+ 0·000 0718
1897 I	1·000 9270	— 0·000 8722	± 0·000 0476	+ 0·000 0368
1898 VII	1·001 0336	— 0·000 6074	± 0·000 0096	— 0·000 0157
1902 III	0·999 9675	+ 0·000 0810	± 0·000 0184	— 0·000 0168

Wir sehen also, dass die strenge Rückwärtsrechnung für 7 von diesen 8 Kometen den Wert von $\frac{1}{a}$ wesentlich vergrössert hat. Die Elliptizität der Bahn des Kometen 1882 II ist verstärkt worden. Für die Kometen 1886 II, 1886 IX, 1890 II und 1897 I hat die Rückwärtsrechnung den hyperbolischen Karakter in einen elliptischen verwandelt. Bei den Kometen 1886 I und 1898 VII ist ein ganz kleiner hyperbolischer Rest geblieben, der aber mit Rücksicht auf die Grösse des mittleren Fehlers des Bahnelementes $\frac{1}{a}$ ganz illusorisch ist. Der Komet 1902 III ist der einzige der untersuchten Kometen, für welchen die Rückwärtsrechnung eine Änderung im hyperbolischen Sinne bewirkt hat. Auch für diesen Kometen ist aber, wie aus der Tafel ersichtlich, diese Hyperbolizität vollständig illusorisch.

Wir sind also durch unsre Untersuchung zu dem Resultate gekommen, dass es unter den Kometenbahnen unsres Sonnensystemes keine einzige verbürgte hyperbolische Bahn gibt. Eine exakte Berücksichtigung des Einflusses der Planeten Uranus und Neptun würde dies Resultat nach aller Wahrscheinlichkeit noch um eine Kleinigkeit verschärfen (Vgl. die allgemeine Bemerkung über den Effekt der Rückwärtsrechnung S. 27).

der m. F. der Exzentrizität mehr als den vierten Teil, und Komet 1893 I, wo er die Hälfte des Überschusses der Exzentrizität über die Einheit beträgt.

Nachdem unser Arbeitsprogramm durchgeführt war, ist die definitive Bahnberechnung der zwei Kometen 1907 I (A. N. 4671) und 1910 I (A. N. 4605) hinzugekommen. Für diese ist eine Rückwärtsrechnung sehr zu empfehlen. Als lohnend werden sich wahrscheinlich auch nach der Berechnung der definitiven Bahn die Kometen 1889 I und 1905 IV erweisen.

Bei der Auswahl von Kometen zur Rückwärtsrechnung ist überhaupt zu bemerken, dass die hyperbolischen Kometen viel mehr Interesse haben als die parabelnahen elliptischen, weil die Rückwärtsrechnung beinahe immer die Exzentrizität vermindert (Vgl. A. N. 4033 p. 2 und das oben auf S. 27 angedeutete Fayetsche Resultat). Die elliptischen Bahnen, die nicht der Parabel sehr nahe kommen, brauchen natürlich nicht für unsere Zwecke besonders untersucht zu werden.

Dass diesem, auf strenge rechnerische Behandlung reiner Beobachtungstatsachen fussenden Satz eine grössere Zuverlässigkeit beizumessen ist als den vagen Schlüssen statistischer Übersichten über die anderen Kometenbahnelemente, kann wohl kaum geleugnet werden. Und ziehen wir dann das Raisonnement auf der Seite 26 heran, so wird die Schlussfolgerung die sein, dass die Gesamtheit der bis jetzt beobachteten Kometen im Sonnensystem ihren Ursprung hat.

Über die Tragweite dieses Resultates wollen wir uns aber nicht täuschen. Unter den gegebenen Bedingungen — strenger und alleiniger Berücksichtigung der Newtonschen Gravitation — dürfte es kaum bezweifelt werden können, dass, wenn auch niemand dafür garantieren wird, dass nicht einmal in der Zukunft ein Eindringling von aussen hereinkommen könnte, die Frage von der „ursprünglichen" Form der bisher bekannten Kometenbahnen jetzt, und zwar im obigen Sinne gelöst ist. Dabei dürfen wir jedoch nicht aus dem Auge verlieren, dass jede Kosmogonie zeitlich relativ ist: es gibt im Weltall keine ewigen Systeme. Wenn wir uns zu jenen fernen Zeiten zurückversetzt denken, wo der Raum des Sonnensystems noch dicht mit Nebelmasse besät war, so dass wir mit Reibungskräften zu rechnen hätten, dann würden unsre hier angewandten Formeln nicht mehr genügen. Reibung wirkt der Bewegung entgegen; Geschwindigkeiten, die jetzt einer stabilen Bewegung innerhalb des Sonnensystems entsprechen, können deshalb vor Millionen Jahren aus grösseren Geschwindigkeiten entstanden sein, die eine extrasolare Herkunft bedeuten würden. Das Resultat, das wir erhalten haben, ist deshalb — wie alle kosmogonischen Resultate — auf einen endlichen, wenn auch zweifelsohne sehr langen, Zeitraum beschränkt.

INHALT

		Seite.
	Einleitung	5
I.	Oskulierende Exzentrizitäten. Methode der Rückwärtsrechnung	8
II.	Die numerische Rechnung und deren Verwertung	26
III.	Resultate	60

STUDIER OVER UDVALGTE EMNER

AF

DEN KEMISKE GEOLOGI OG DEN KEMISKE AGROGEOLOGI

I. DEN KEMISKE GEOLOGIS OG DEN KEMISKE AGROGEOLOGIS HISTORIE I DANMARK

II. PAAVISNING AF SMAA MÆNGDER AF METALLER I DANSKE JORD- OG STENARTER

AF

K. RØRDAM

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, 7. RÆKKE, NATURVIDENSK. OG MATHEM. AFD. XI. 5

KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1914

Under Beskæftigelse med en Række kemiske Jordbundsanalyser, om hvilke der i Afsnit II af denne Afhandling vil blive givet Beretning, følte Forfatteren Trang til i højere Grad end tidligere var sket at klarlægge de vigtigste Træk i den kemiske Geologis og den kemiske Jordbundsundersøgelses Historie i Danmark.

I det efterfølgende er der derfor under Afsnit I søgt at tilvejebringe en Oversigt over, hvad der tidligere her til Lands er udført af denne Art Undersøgelser.

Den almindelige Kemi her i Danmark indtil forrige Aarhundredes første Halvdel har haft sin Historieskriver i E. A. Scharling. Det tør siges, at Scharling har faaet de væsentlige Hovedtræk med i sin Behandling, selv om den næppe er helt udtømmende. Scharling tager saaledes væsentlig Sigte paa at beskrive de Forhold, under hvilke Kemien har været doceret, medens selve de kemiske Undersøgelser, der er udført, i hans Beskrivelse spiller en mere underordnet Rolle. Scharling tager saa godt som slet ikke Hensyn til, hvad der er udrettet af kemiske Jordbundsundersøgelser.

For nogle Aar siden (1907) havde Forf. i en Artikel: Jordbundsundersøgelser og agronomiske Kaart i andre Lande og i Danmark (Tidsskrift for Landøkonomi 1907. S. 537—563) Lejlighed til at fremdrage et beslægtet Emne i sine vigtigste Hovedtræk, men den kemiske Geologis og den kemiske Agrogeologis eller Jordbundsundersøgelses Historie i Danmark er forøvrigt et helt uopdyrket Felt.

Det er vel næppe at vente, at der ved dette første Forsøg paa at give Fagets Historie er opnaaet at faa alting med, i Særdeleshed da Kildeskrifterne dertil er spredte paa de mest forskelligartede Steder, men jeg tror dog ikke, at der er forbigaaet noget af væsentlig Betydning.

Ved Understøttelse fra Carlsberg Fondet er jeg blevet sat istand til at udføre de i det efterfølgende omhandlede Arbejder, jeg tillader mig derfor paa dette Sted, at bede nævnte Fonds højtærede Bestyrelse at modtage min bedste Tak.

E. A. Scharling: „Bidrag til at oplyse de Forhold under hvilke Chemien har været dyrket i Danmark". Indbydelsesskrift til Kbhvn.s Universitets Aarsfest. Kbhvn., 1857.

I.

Den kemiske Geologis og den kemiske Agrogeologis Historie i Danmark.

A. I Tidsrummet før Aar 1800.

Kemiske Jordbundsundersøgelser har indtil den nyeste Tid, — naar man ser bort fra J. G. Forchhammers Arbejder — været af en meget tilfældig Karakter udført af Undersøgere, der med meget forskellige Kvalifikationer uden bestemt Plan lejlighedsvis beskæftigede sig med en og anden Opgaves kemiske Side, som det faldt i deres Lod at støde paa og blive interesseret i.

Man kan næppe vente at finde Undersøgelser af Betydning for den kemiske Geologi eller den kemiske Agrogeologi før i det tidligste i Midten af det 18de Aarhundrede[1]. Ganske vist er det bekendt, at i Udlandet havde metallurgiske Operationer og Undersøgelser, ligesom ogsaa „Proberkunsten", drevet frem dels af det praktiske Livs Krav, dels af Tidens Søgen efter Midler til at foretage „Metaltransmutationer", fra ældgammel Tid allerede i det 17de Aarhundrede arbejdet sig op til et ingenlunde ringe Standpunkt. Denne Side af Kemien havde ogsaa herhjemme haft sine Dyrkere.

Ole Borch (1626—1690) maa siges ubetinget at være den mest fremragende af disse. Om Borchs „Docimastice metallica", der udkom 1677 og blev oversat paa flere Sprog, lyder Bedømmelsen fra den mest autoritative Side, at det var et Værk, „som giver en for hans Tid klar og temmelig fuldstændig Methode til Undersøgelse af de vigtigste Metalmalme"[2]. Desuden har Borch i Th. Bartholins: „Acta medica" skrevet en Række mindre Afhandlinger, „der viser, at han har været en dygtig Experimentator, en skarp Iagttager, og at han har haft et omfattende Kendskab til sin Tids praktiske Kemi"[3]. Men efter Borchs Død skete der en almindelig Tilbagegang i de kemiske Studier her i Landet, og endnu i Midten af det 18de Aarhundrede stod den analytiske Kemi og i Særdeleshed Jordbundsanalysen paa et meget uudviklet Standpunkt i Danmark. E. A. Scharling karakteriserer saaledes Tidsrummet fra 1670—1800 i Danmark paa følgende Maade: „Denne Periodes Sær-

[1] E. A. Scharling, anf. Sted.

[2] S. M. Jørgensen: Biografi af Ole Borch i Bricka: „Dansk biogr. Lex." 2det Bd. Kbhvn., 1888. S. 507.

[3] Anf. Sted.

kjende er i Begyndelsen en stadig aftagende Interesse for det chemiske Studium; senere omtrent fra Midten af det 18de Aarhundrede gjordes nogle Forsøg paa at hæve det chemiske Studium; men disse var saa lidt frugtbringende, at omtrent 20 Aar før Aarhundredets Slutning, da det chemiske Studium tog et saa stort Opsving i andre Lande, var der ikke engang ved Universitetet nogen Docent, som ansaa sig forpligtet til at imødekomme Ønsket om chemiske Forelæsninger for Læger og Pharmaceuter"[1]. Stod det saa ringe til med det almindelige kemiske Studium her i Danmark, som Scharling i ovenanførte Udtalelser viser, kan man vel tænke sig, at der ikke er meget at vente med Hensyn til kemiske Jordbundsundersøgelser. Udover nogle Undersøgelser med Skedevand eller Eddike af „Jordmarv" eller Mergel blev der til over Midten af det 18de Aarhundrede saa godt som slet ikke foretaget Jordbundsundersøgelser ad kemisk Vej, selv om, som Erich Pontoppidan fremhæver[2], den i første Halvdel af Aarhundredet virkende „Kongelige Mineral-Inspecteur", senere Byskriver i København Andreas Birk havde indlagt sig Fortjeneste ved rundt om i Landet at indsamle „adskillige Farve-Arter, Leer-Arter og deslige". Pontoppidans Fortegnelse indeholder Beskrivelse af mange af de mærkeligste danske Jordarter og hans „Den danske Atlas" vil altid blive ved at være en Hovedkilde til Studiet af Danmarks Geologi og Jordbundslære i det 18de Aarhundrede, men kun faa egentlig kemiske Oplysninger om de forefundne Jordarter findes optegnet. Nogle af de vigtigste er følgende:

> „Blaae Oker. Terra venero-martialis eller participerende baade i Jern og Kaaber, findes ved den Bonde-Bye Skulleløv i Jægerspris Amt. Paa Fuerland haver Monsr. Thaarup fundet en blaae Leer, som i Luften forbedres, saa at den i Farve ligner den beste Schmaltz-Blaae. Samme Art findes ved Tidemandsholm i Vendsyssel"[3].

At Pontoppidan sigter til Vivianit er utvivlsomt; denne Jordart forekommer som bekendt i mange sumpige Lavninger i Danmark[4]. Frisk opgravet har Stoffet en hvidgraa Farve og jordagtig Beskaffenhed, men ved at henligge i Luften ilter det sig og forandrer Karakter. Det falder hen til Pulver, og Farven bliver smuk matblaa eller smalteblaa, som Pontoppidan siger. Man kunde vel nok være tilbøjelig til at antage, at Angivelsen om at „Kaaber participerer" i den „Blaa Oker"s kemiske Sammensætning mere skyldtes Stoffets blaa Farve end en kemisk Paavisning af Kobber, som man maatte antage var vanskeligt for Datidens Kemikere, naar det drejede sig om saa smaa Kobbermængder ved Siden af saa store Mængder Jern; men Pontoppidan har dog Ret i sin Angivelse. Med Nutidens langt bedre analytiske Midler kan nemlig paavises Kobber overalt i Myremalm og i Vivianit, og som det vil fremgaa af nedenanførte, var det ogsaa muligt for Kemikerne paa Pontoppidans

[1] E. A. Scharling i anførte Værk S. 44.

[2] Erich Pontoppidan: „Den danske Atlas". Tomus I. Kbhvn., 1763. S. 452 o. flg.

[3] Sm. Std. S. 462.

[4] K. Rørdam: „De geologiske Forhold i det nordøstlige Sjælland". Danmarks geol. Unders. 1ste R. No. 1. Kbhvn., 1893. S. 86 o. flg.

Tid at paavise selv ganske smaa Kobbermængder i en Opløsning ved den saakaldte Cementationsproces. Dette fremgaar af det Sted, som nu skal anføres. Pontoppidan fremdrager en Angivelse af Historikeren J. Langebek i „Acta Societat. Hafn. Tom. VII. P. 454 seqv.“ [1], som fra Apoteker ved Vajsenhusapoteket i København v. Steuben den 27de Feb. 1758 havde modtaget Beretning om forskellige Undersøgelser, Steuben havde anstillet for Langebek. Steubens Beretning lyder:

„Efter Løfte giver jeg mig den Ære at tilsende Dem den Efterretning, angaaende de mig bekiendte mineraliske Ting, som iblandt andre findes i Jylland. I Bierre-Herred ved Søe-Kanten paa Biørns-Knude er en stor Deel Vitriol- og Alun-Ertz, som bestaaer i en sort feed leeragtig Jord, af hvilken jeg Anno 1752 fik ungefær en 6 Skiepper at undersøge, og bekom af samme Quantum hen ved 13 Pund Vitriol. Solutionen blev forrettet i et Træ-Kar, men Indkaagningen skeede i et stort Jern-Kar, hvor der da paa Bunden præcipiterede sig en $5^1/_2$ Lod fint Kaaber ...“

Da Alunjords Vægtfylde kan sættes meget nær lig 2, og en Skæppe er lig 17,37 Liter, er der altsaa omtrent 43 Milligram Cu O i et Kilogram Alunjord fra Bjørnsknude efter Apoteker v. Steubens Undersøgelser, en Angivelse som er rimelig nok set i Belysning af de senere i denne Afhandling anførte Undersøgelser.

Pontoppidan gør ogsaa opmærksom paa en anden kvantitativ Analyse af en Jordart, som dengang spillede en ret betydelig Rolle, nemlig den submarine Tørv, som paa Sønderjyllands Vestkyst fra ældgammel Tid blev benyttet til Saltudvinding. Han anfører saaledes:

„Det meeste og beste af saadant Landets eget Salt er det, som kaages i Sønder-Jylland, særdeles i Tønder-Amt og ligeledes føres op i Landet under Navn fresisk Salt, da Bønderne undertiden betale det temmelig dyre, men ellers gemenligen give en Tønde Rug for en Tønde Salt. Om dets Behandling have Heinrich, Danckwert, Ewald og andre givet nogen Efterretning, men intet saa grundigt og udførligt som vores Doct. Joh. Christ. Fabricius [2], hvis ypperlige Afhandling om det fresiske Kiøken-Salt findes i Act. Societat. Reg. Hafn. Tom. VIII. p. 171 seqv. Deraf vil jeg anføre noget, som egentlig henhører til dette Sted, nemlig om den Materie, Saltet brændes af, og den Maade paa hvilken det skeer. Hans Ord ere disse: „Om den Jord, hvoraf det fresiske Salt bliver tillavet:

1. Den er ikke andet end ordentlig Tørve-Jord, som dog paa de fleeste Steder er temmelig blandet med Søe-Græs og andre mestendeels forraadnede Søe-Gevæxter, dog finder man og deri Stængler og Rødder af Lyng (erica) og andre *vegetabilibus*, som voxe i Moradser og er Beviis paa, at det i forrige Tider, førend det blev oversvømmet af Søen virkelig har været Tørve-Mose.

[1] Erich Pontoppidan: Anf. Std. S. 486.

[2] Johan Christian Fabricius f. 1697 i Hastrup ved Tønder, død 1775 som Physicus i denne By. Han skrev om forskellige medicinske Emner og anførte Afh.. „Om det fresiske Kiøkensalt“. Efter Nyerup & Kraft: „Almindelig Litteraturlexikon. Kbhvn., 1820.

2. Denne Jord brænder noget slettere end den ordentlige Tørv og giver ikke saa god Lue, men vel saa megen Heede som grov Tørv, dog tillige en ubehagelig og fast svovlagtig Røg, snart som Røgen af Ko-Møg, naar det bliver brændt.

3. Naar man brænder 1 Pund (nemlig 32 Lod) af denne Tørve-Jord i frie Luft, saa bliver deraf 8 Lod Aske, hvilke ved Udludning og Uddampning indtil det er tørt, giver $3^1/_2$ Lod god tørt Salt. Men dersom man ikke lader den Moderluud vel dryppe af det, saa trækker det nogen Fugtighed til sig igien af Luften.

4. Dersom man udluder Salt-Jorden uden først at forbrænde den og lader Lagen uddampe, saa faar man et guulrødt Salt, som smager ligesom Kiøken-Salt, men tillige noget ekkel: Naar det bliver varmt giver det en svovlagtig Luft, og meget hastig drager Fugtighed til sig af Luften. Vil man solvere dette med Potaske-Luud, bliver det tykt og sætter en Magnesiam paa Bunden"[1].

Der gives dernæst en Beskrivelse om, hvorledes den submarine Tørv graves, brændes og udludes, angaaende hvilket der kan henvises til Originalen. Da 1 Pund Tørvejord efter Fabricius, som anført, giver $3^1/_2$ Lod Salt, altsaa c. 11% Salt, maa Tørven oprindelig have indeholdt flere Gange sin egen Vægt Havvand, som er blevet indtørret, hvilket ogsaa tildels fremgaar af Beskrivelsen af Tilberedelsen.

Pontoppidan anfører desuden efter forskellige Kilder en Del mer eller mindre ubestemte Angivelser om Forekomster af guld- og sølvholdige Jord- og Stenarter rundt om fra Danmark. I de fleste Tilfælde er det sandsynligvis Forvekslinger med Svovlkis, Glimmer o. l. metalglinsende Mineraler, som endnu i adskillige Tilfælde af mindre kyndige Findere antages for at indeholde ædle Metaller.

Fra omtrent samme Tidspunkt som Dr. Fabricius og Apoteker Steubens Undersøgelser findes en lille kuriøs Afhandling, der indeholder en stor Mængde Forsøg paa baade kvalitative og kvantitative kemiske Undersøgelser. Bogen er Dr. Joh. Chr. Lange's: „Lære om de naturlige Vande", (Kbhvn., 1756). Den vidner om Forfatterens store Belæsthed i Datidens kemiske og balneologiske Litteratur og vrimler af Henvisninger og Citater. En og anden Oplysning af Interesse om de daværende Kilder og Brønde i Københavns Omegn kan ogsaa udvindes ved Studiet af Bogen, men i kemisk Henseende er den temmelig værdiløs trods de mange Analyser. Forfatterens Hovedreagens er nemlig en Opløsning af Sølvnitrat, og han mener, at han ved at sætte nogle Draaber heraf til de Kildevande, som han vil undersøge, kan bedømme Vandets Indhold af forskellige Salte gennem den Farve Bundfaldet, som dannes, faar, dels straks efter Tilsætningen, dels ved Henstand:

„Naar der i Vandet findes opløst luttret Salpeter, saa fremskinner en Eddike-Rose-Farve (Color Rosæ Saturat. rubentis C. B.) ..."

„Naar der er glaubersk Salt i Vandet, saa bliver Præcipitatet som blaaligt Kugel-Lak ..."

[1] Erich Pontoppidan: Anf. Std. S. 465 o. flg.

„Af Sedlitzer-Salt i Vandet som Zinnober i Stykker eller som en dunkel Blod-Farve (Saturat. Sangvin.)“ o. s. v.[1].

De kvantitative Undersøgelser, ved hvilke Lange inddamper en afvejet Vægtmængde Kildevand og efterhaanden vejer de forskellige udskilte og udkrystalliserede Salte, er noget bedre, men dog næppe synderlig paalidelige med Hensyn til Adskillelsen af Stofferne.

Undersøgelsen af Vand spillede i det hele taget i Halvtredserne og Tredserne i det 18de Aarhundrede en ikke ringe Rolle. Foruden den nævnte Afhandling af Joh. Chr. Lange fra 1756 haves fra samme Tid Præsten Magister I. A. Dyssel's Undersøgelse af den laalandske Luft, Vand og Jord. Afhandlingen blev af Datiden temmelig berømmelig omtalt, til en vis Grad ogsaa med Rette. Dyssel giver saaledes Temperaturtabeller efter daglige Termometermaalinger for c. 1½ Aar og ligeledes andre meteorologiske Data fra Dag til Dag i dette Tidsrum, han noterede Trækfuglenes Vandringstider og foretog kemiske Undersøgelser af Vandet fra Brønde, Kilder og aabne Vandsteder paa Laaland. Hans kemiske Undersøgelser maa i Betragtning af Forholdene siges at være ikke saa ringe, men hans Slutninger er temmelig forvirrede[2].

Arkivtegneren Søren Abildgaard, der 1759 leverede sin bekendte gode geologiske Beskrivelse af Stevns Klint, optræder ogsaa som Vandanalytiker i en lille Afhandling fra 1763 om Kalle-Kilde ved Antvorskov. Abildgaards Reagensrække er ikke helt ringe. For Jern i Vandet prøver han med knuste Galæbler, for Kobber med hvad han kalder „Spiritus Salis armoniaci“. En blank Staalklinge anbringes i Vandet og iltes noget, hvad der tages som Bevis paa, at der er „noget salinisk“ i Vandet, da Klingen ingen Forandring lider ved at henstaa ligesaa længe i rent Vand. Han opløser „fint Sølv“ i „rectificeret Spiritus nitri“, og da Vandet kun giver en ringe Uklarhed hermed, indeholder Vandet „intet grovt Saltvæsen“. Ved Henstand faas derimod „et brunt Præcipitatum“, og Abildgaard slutter rigtigt heraf, at der i Vandet maa være „noget salinisk et fint sulphurisk eller brændelig Væsen for Haanden“ [Svovlbrinte]. Abildgaard naar i det hele at faa de vigtigste kemiske Reaktioner med og staar paa et adskilligt mere fremskredent Standpunkt i kemisk Analyse end før omtalte Joh. Chr. Lange.

Mergelundersøgelser kommer atter til at spille en større Rolle i den følgende Tid, bl. a. paa Grund af Kolonisationsforsøgene paa Heden.

Som andetsteds er fremhævet[3], havde England paa den Tid i Francis Home en fremragende Agrikulturkemiker. Han forstod saaledes at gøre Skel mellem de

[1] Joh. Chr. Lange: „Lære om de naturlige Vande samt grundig Undersøgning af de Vande, som findes udi Kiøbenhavn og dens Egne og til allehaande Nytte af dens Indbyggere meest blive anvendte. Næst Opløsning paa det Spørgsmaal: Hvilket Vand er det bedste? Kbhvn., 1756. Tredie Capitul: Om Vandenes tilstrækkelige Undersøgning, § 25 § 26. S. 20 o. flg.

[2] Magister Dyssel kan siges at lide af Besættelse af Spiritus nitri, som han med Forkærlighed beskæftiger sig med. Salpeter i Jorden er efter Dyssel Skyld i „Brand“ i Hveden, Salpeter i Luften Skyld i „den laalandske Feber“, og han er tilbøjelig til paa ikke helt forstaaelig Maade at sætte Salpeter i Drikkevandet i Forbindelse med „det laalandske phlegmatiske Temperament“.

[3] K. Rørdam: „Geologi og Jordbundslære“ 3die Bd. Kbhvn., 1910. S. 121—124. Francis Home's „Principles of agriculture“ (3rd ed. London, 1762; findes paa Landbohøjskolens Bibliotek).

vigtigste Typer af dyrkelige Jordarter og videnskabelig at beskrive dem, men var ogsaa i Stand til ikke alene kvalitativt at prøve Mergel, hvad man kendte allerede i Oldtiden, men Home kunde ogsaa kvantitativt bestemme Mergels „Godhed". Han udtrak en bestemt Mængde Mergel med Skedevand. Efter Filtrering fældedes Opløsningen med „brændt Vinsten", d. v. s. Kaliumkarbonat, hvorved der fremkom et hvidt Bundfald, som han efter Udvaskning, Tørring og Glødning fandt var brændt Kalk. Han kendte ogsaa Mergels alkaliske Reaktion overfor farvede Planteextrakter. Home's „Principles of agriculture", der udkom i flere Udgaver paa Engelsk, og hurtig blev oversat og udbredt i Frankrig og Tyskland, synes dog ikke dengang at have været kendt eller blev i alt Fald ikke benyttet i Danmark før betydelig senere. Dr. Erichsen udgiver saaledes i 1763 „Kort Afhandling om Saltene og saltagtige Corpora, som kand tiene til Instruxion for dem, der skal bestyre Salpeter- og Tegl-Værker samt Rydnings-Værket i Jylland etc."[1]. Den indeholder en ikke synderlig klar, almindelig Oversigt over Datidens kemiske Anskuelser om Syrer, Baser og Salte og beskriver ogsaa forskellige Jordarter, men naar ikke nær op i Højde med Home's Værk.

Lidt før Erichsens Afhandling fremsatte Søren Testrup, der var Kasserer ved Kolonierne paa Alheden, en Afhandling om „Jordmarv eller Mergel"[2]. Den nøjes dog med den kvalitative Paavisning af Karbonaterne i Mergel. Nogle Aar senere (1776) fremkommer Søren Abildgaards store Artikel om Mergel i det først udkomne Bind af det i 1768 stiftede kgl. danske Landhusholdnings-Selskabs Skrifter[3]. Den er med uhyre Vidtløftighed inddelt i 53 Paragraffer, men maa siges at indeholde gode Oplysninger om de i Danmark forekommende og benyttede Mergelarter og andre i Agerbruget anvendte Jordarter. Forf. angiver en tilsyneladende af ham selv udarbejdet Metode til ved Slemning kvantitativt at bestemme en Jordarts Indhold af Ler, Sand og Grus. Kalkindholdet i Jorden bestemmes ved Hjælp af Skedevand. Abildgaard forstaar at skelne mellem Kalk, der bruser med Syre og indeholder „elastisk Luft"[4] og Gibs, der er Kalk bundet til „vitriolisk Syre". Han viser, hvorledes Gibs kan omdannes til Kalk, der bruser med Syre [Karbonat] ved at koges med „Potaskelud".

I den følgende Tid, indtil det 18de Aarhundredes Slutning, spillede kemiske Jordbundsundersøgelser ikke nogen nævneværdig Rolle. I Schumacher's Fortegnelse fra 1801[5] nævnes af egentlig danske undersøgte Objekter foruden Mergel og Ler og et Par enkelte Mineraler fra løse Blokke kun to danske Forekomster, nemlig Tung-

[1] Erichsens anførte Afhandling findes i Danmarks og Norges oeconom. Mag. VIII Bd. S. 29—36.

[2] Søren Testrup: „Om Jord-Marv eller Mærgel som findes paa adskillige Steder særdeles i Nørre-Jylland samt dens nyttige Brug". Danmarks og Norges oeconom. Mag., 14. Bd. Kbhvn., 1760. S. 61—76.

[3] Søren Abilgaard: „Afhandling om Mergel". Det kgl. danske Landhusholdnings-Selskabs Skrifter, 1ste Del. Kbhvn., 1776. S. 147—286.

[4] Betegnelsen „Spiritus elasticus" for Kulsyre skyldes Fr. Hoffmann. (Smgl. H. Kopp: „Geschichte der Chemie" 3te Bd. (1845. S. 284).

[5] Christian Frederich Schumacher: „Versuch eines Verzeichnisses der in den Dänisch-Nordischen Staaten sich findenden einfachen Mineralien". Kbhvn., 1801.

spatknolde fra det plastiske Ler ved Frederits og Gipskrystaller fra det plastiske Ler ved Refsnæs.

E. Fleischer gav i 1790 i sin „Agerdyrknings-Katekismus“[1] i de to første Kapitler et af de første Forsøg paa en dansk Jordbundslære. Beskrivelserne af Jordarterne er ret udførlig, men kemiske Undersøgelser findes der ingen af.

P. C. Abildgaard — Søren Abildgaards berømte Søn — beskæftigede sig, som det vil vides, ikke saa lidt med Mineralanalyse og nævnes gentagne Gange hos Schumacher, men det var grønlandske og norske Mineraler, hans Undersøgelser drejede sig om. Apoteker Meyer's mystiske, men snildt udtænkte Begreb *Acidum pingve*[2], der en Tid lang havde spillet en ikke ringe Rolle for Forstaaelsen af de kemiske Reaktioner, frigør P. C. Abildgaard sig for allerede i 1779[3], saa at hans teoretiske Opfattelse af Reaktionerne er temmelig nutidssvarende.

Fra Slutningen af det 18de Aarhundrede stammer ogsaa en lille i sin Art fortrinlig Vejledning i Mineralogiens praktiske Anvendelse, der paa Titelbladet kaldes „Forsøg til Metallers, Stenes og andre Mineraliers lettere Paaskjønnelse“ 1790. Trykkested og Forfatternavn mangler. Udenpaa det i Landbohøjskolens Bibliothek værende Eksemplar findes trykt Bradt: „Om Mineraliers Paaskjønnelse“. Hermed sigtes utvivlsomt til David Eberhard Bradt, der døde 1793 som Fuldmægtig for Bjergværkskontoret i Rentekammeret. Han har skrevet flere bjergværkstekniske Afhandlinger i Datidens Tidsskrifter, men er ikke den nævnte Bogs Forfatter. Det er derimod Christian Ernst Heltsen, der fra 1788—1812 var „Berghauptmand nordenfields“ (smlg. Nyerup & Kraft: „Alm. Litteraturlexikon, Kbhvn. 1820, S. 240). Bogen er trykt 1790 i Trondhjem, saaledes som ogsaa rigtig nok angivet i Bibliotekets Bogfortegnelse. Bogen indeholder foruden den alm. mineralogiske Vejledning forskellige ikke uinteressante Bemærkninger om norske Mineralforekomster.

B. I Tidsrummet efter Aar 1800.

Fra 1804—1806 foretoges der fra Forstvæsenets Side en lang Række Undersøgelser af Jordbunden i „de kgl. Skove“ i Nordostsjælland. A. Oppermann har i sin

[1] Esaias Fleischer: „Agerdyrknings-Katekismus“. Det kgl. danske Landhusholdnings-Selskabs Skrifter 2den Del. Kbhvn., 1790. S. 245–476. Samme Forfatters uhyre omfattende „Forsøg til en Naturhistorie“ giver ogsaa i 1ste Bd. (Kbhvn., 1786), 4de Bd. (1791), 5te Bd. (1792) en fuldstændig Lærebog i Mineralogi, Geologi og Bjergvidenskab.

[2] Om *Acidum pingve*, et tænkt Stof eller Begreb, der var fremsat 1764 af J. J. Meyer, Apoteker i Osnabrück, se den samtidige Litteratur i H. v. Aphelen: „Chymisk Dictionaire“. Tome II. Kbhvn., 1771. S. 115 o. flg. Smlg. H. Kopp: „Geschichte der Chemie“, III. 1845. S. 34 o. flg.

[3] P. C. Abildgaard skriver i Kgl. d. Vid. Selsk. Skrifter XII Deel, Kbhvn. 1779, S. 285 følgende: „Saaledes er Meyers *Acidum pingve* som paa kort Tid gjorde megen Opsigt, ved flere Naturkyndiges Undersøgelser og Erfaring blevet til noget andet og mindre fremmed Væsen end denne forredsten meget fortiente og redelige Chymist udgav det for“. Smgl. ogsaa N. Tychsen: „Chemisk Haandbog“, 2de Udg. Kbhvn. 1794, 1ste Bd., S. 387, 3die Bd., S. 10.

„Bidrag til det danske Skovbrugs Historie 1786—1886“ hentydet hertil[1], og jeg skylder ogsaa min højtærede Kollega Tak for, at min Opmærksomhed er blevet henledet paa de utrykte Kilder, hvori disse Jordbundsundersøgelser er beskrevet, saa at jeg har faaet Lejlighed til at gennemse dem i Rigsarkivet[2]. De indeholder yderst vidtløftige og detaillerede Angivelser om Jordbundsbeskaffenheden i de undersøgte Skovegne, men det er dog væsentlig kun en fysisk Undersøgelse, der er foretaget, skønt man ser, at paagældende Forstmænd i givet Tilfælde har benyttet saa vel uddannet kemisk Medhjælp som J. G. L. Manthey[3].

Der kan her gengives en Undersøgelse, som utvivlsomt maa siges at være en af de vigtigste blandt de mange og lange Beskrivelser af Jordbundsforhold, der findes i de omtalte Pakker Arkivalia[4]. Det drejer sig om en i Gribs Skov udbredt Aldannelse, den nyere Forstvidenskabs Leral, en Aflejring, hvis Skadelighed for Trævæksterne alle Skovbrugere er enige om, men over hvis Dannelsesvilkaar der endnu hersker nogen Uklarhed[5].

Stykket lyder:

„I den egentlige gamle Gribs Skov findes næsten allevegne et Lag mere og mindre uigiennemtrængelig Sandjord eller Sandahl, hvis Bestanddele ere, efter Herr Professor Mantheis Opgivende, 7/8 hviid Sand og 1/8 fint Leer. Denne Sandahl findes nogle Steder paa 1 Fods Dybde og andre Steder 4 à 6 Fod under Jordens Overflade, dens Tykkelse er fra 1 til 4 Fod. At giennemstøde denne ved Skovkulturen vilde mangesteder være umuligt og overalt være forbunden med uforholdsmæssige Bekostninger. Det er sandsynligt, at denne ufrugtbare Grund er Aarsagen, hvorfor denne store Strækning er bleven ubeboet, hvis Beliggenhed ellers er saa skøn og fordeelagtig, og vi troe at forklare Aarsagen til Skovens bedre og slettere Vext fra den Indflydelse, som denne Jordart mere og mindre kan faae paa Vegetationen i Forhold til dens Mængde og Afstand fra Overfladen, thi man finder, at hvor den ligger dybt er Vexten bedre og Træerne mindre beklædt med Mos, end hvor den staar højt.“

Trods det store Arbejde med Undersøgelse af Jordbundsforholdene, der saaledes blev udført fra Regeringens Side gennem Forstvæsenet, blev der end ikke gjort det

[1] „Tidsskrift for Skovbrug“. 10de Bd., Kbhvn., 1886. S. 60.

[2] Rigsarkivet: Pakke mrk.: „Forstkontor P. i. Lokal Undersøgelse til nærmere Bestemmelse for Skovkulturen i de kongelige Skovindhegninger i 3die, 4de, 5te, 6te Skovriderdistrikt 1804—1806“. 4 Stk. Folioprotokoller med Tilskrift fra Undersøgerne Fries senior og M. G. Schäffer til Oberforstmester von Linstow. Som Eksempel paa Beskrivelserne kan vilkaarlig vælges følgende fra 3die Skovriderdistrikt, S. 6. I Frersløv Skovs Indhegning: „Ved Pælen No. 1 findes 14″ Sand med Muld og Leer, derefter 14″ Sand med lidet Leer, dernest hviidagtig guul Sand med lidet Leer indtil 3 Alen og derover dybt. Den Norden for liggende Slette er besaaet med Eeg, Bøg og Auenbøg, som staar tyndt og er afbidt. Samme maatte udbedres med 5—6 aarige Eege, osv. osv.“

[3] Manthey, Johan Georg Ludvig, 1769—1842. Prof. i Kemi ved Chirurgisk Akad. i Kbhvn., Apoteker, Administrator af d. kgl. Porcellænsfabrik, m. m.

[4] Rigsarkivet: Stor Pakke mrk.: „Forstkontor IX B. No. 41. Skovtaxationer“. Heri en Pakke mrk.: „Gribs Skov“. Heri et lille Hefte mrk.: „Local Undersøgelse i Gribs Skov“. 1804. Underskrift Hirschholm d. 2den April 1805, med nogle utydelige Navne, vist nok Linstow og Oppen. Anførte Stykke findes S. 2 o. flg.

[5] Navnet „Lerahl“ er indført af P. E. Müller gennem denne Forfatters berømte Undersøgelser af Skovjord. Dannelsen er omtalt i „Tidsskrift for Skovbrug“ 1878, S. 10—11, 58, 1884, S. 18 og i Særdeleshed S. 130—132, 133. Smlg. Tab. I, Fig. 8 smstd.

mindste Forsøg paa at sammenfatte alle de saaledes tilvejebragte Enkeltiagttagelser under fælles Synspunkter. Arbejdets Resultater gav dog derfor maaske nok Udslag hist og her i forbedret Skovdrift — hvad der ganske vist ogsaa i første Linje var tilsigtet dermed — men gik iøvrigt sporløst hen.

Samtidigt med disse forstlige Jordbundsundersøgelser, der altsaa ikke blev publicerede og derved var og forblev skjulte for Omverdenen, blev der dog fra andre Sider offentliggjort enkelte Arbejder af Betydning. Manthey gav i 1803 en ret oplysende Beskrivelse af Forekomsterne og en god kvantitativ Analyse af en Prøve af Ortocerkalken paa Bornholm[1]. Han besad foruden grundige kemiske Kundskaber og en ikke ringe analytisk-kemisk Færdighed god Indsigt i Mineralogien, og den nu vaagnende Geologi havde ogsaa hans Interesse[2]. Ortocerkalk — Cementstenen — paa Bornholm havde alt i Middelalderen været vel kendt og benyttet som Bygningssten og havde fra Christian d. 4des Dage været brugt til Cement efter Brænding, saaledes som Pontoppidan ogsaa giver Underretning om[3]. Denne Anvendelse tog nu Fart og fortsattes ned til vore Dage, indtil Portland-Cementindustriens overmægtige Fremblomstring gav den bornholmske Cementindustri et Grundstød, som den ikke forvandt. Skønt Stenen saaledes har været brugt i en ikke ringe Maalestok, er Mantheys Analyse, saa vidt vides, endnu den eneste fuldstændige Analyse af den bornholmske Ortocerkalk, som der foreligger for Offentligheden.

Af mere omfattende Oversigter, der tager Hensyn til Jordbundslæren, kan fremhæves:

Chr. Olufsen: „Lærebog i den danske Landoeconomie". (Kbhvn., 1805.) Det er en for sin Tid fremragende Bog, der paa 313 smaa Oktavsider rummer Hovedsummen af Datidens landøkonomiske Viden med al Hensyntagen til Naturvidenskabens Resultater. Det varede c. 90 Aar, inden denne Bog fik sin Afløser i Westermann & Goldschmidt's: „Landmandsbogen". I 2den Afd. af Olufsens Bog „Oeconomisk Mineralogi" (S. 91—133) gives i et klart og godt Sprog en i Hovedtrækkene ret fuldstændig Jordbundslære, omfattende dels „Jordens mineralske Bestanddele", dels „Jordsmonnets Sammensætning", hvorunder ogsaa beskrives de anvendte kemiske og fysiske Metoder til Jordbundsundersøgelser. De bestod væsentlig i Bestemmelser af kulsur Kalk ved Hjælp af Eddikesyre, af Humusstoffer ved svag Glødning, af Lerjord ved Kogning med konc. Svovlsyre, samt Bestemmelser af Indholdet af grovere og finere Bestanddele ved Slemming. Olufsen har ogsaa været velkendt med Udlandets Litteratur vedrørende Jordbundsspørgsmaalet og ses i ikke ringe Grad at have benyttet Francis Home's tidligere omtalte (S. 264) Haandbog. Men de ledende Mænd indenfor „Landøkonomien" tog ikke synderlig gunstig mod Olufsens Bog, som dog betegnede et overordentlig stort Fremskridt med Hensyn til at benytte Naturvidenskabens, særlig Kemiens og Plantefysiologiens nye Erobringer

[1] J. L. G. Manthey: „Om det bornholmske Cement". Skandinavisk Museum, ved et Selskab i Kbhvn. 1. Bd. 1803. S. 315 o. flg.

[2] K. Rørdam: l. c. 2. Bd. S. 21 o. flg.

[3] E. Pontoppidan: „Danske Atlas" 1. Bd. Kbhvn., 1763. S. 340.

til Gavn for Agerdyrkningen. J. Chr. Drewsen, som ellers gik for at være en Fremskridtsmand, underkastede 2den Udg.[1] af Olufsens Bog en ret smaalig Kritik[2], medens han selv i sin Oversættelse af Albert v. Thaer's „Grundsätze der rationelle Land-Wirtschaft" viste sig som Tilhænger af dennes mystisk-spekulative Humusteori, saaledes som det paa andet Sted nærmere er paavist[3].

Kunstige Gødninger som Gibs, Benmel, Hornspaaner m. m. begynder nu efterhaanden at spille en Rolle i Landbruget, men Landøkonomernes kemiske Kundskaber var, som anført, gennemgaaende overmaade ringe, og man foretrak næsten altid hjemmelavede Forklaringer fremfor at søge Kemikernes Bistand. Saaledes findes fra 1815 en Tidsskriftartikel af F. de Coninck om „Patent-Gypsum: et ypperligt Gødningsmiddel"[4], Den indeholder en Del meget vel gengivne, hovedsagelig engelske Markforsøg, der viser Gibsens Anvendelighed som Gødningsmiddel, hvad Forf. ogsaa varmt anbefaler, rigtignok udfra et noget besynderligt kemisk Ræsonnement.

Det fortjener at fremføres som et karakteristisk Eksempel:

„Patent-Gypsum, et ypperligt Giødningsmiddel".

„Iblandt de Gjenstande, der henhører til Theorien af Planternes Vext, er der ingen, som har forvoldet saa megen Forskjellighed i Meninger, som Opløsningen af den Gaade: hvad udgør egentlig Planternes Føde (pabulum).

Den nyere Chymie har alligevel meget bidraget, til at udbrede Lys over denne Gjenstand, og til at forsyne os med klarere Begreber, ikke alene i Henseende til de Substancer, der skulle udgjøre Bestanddelene af den tilkommende Plante, men ogsaa i Henseende til Stimulus, ved hvis Virkning Vegetations-Kraften befordres.

Ved Analysen af enhver Slags vegetabilisk Stof, er det blevet tilstrækkeligt afgjort, at dersom vi skulle bedømme dets Ingredientsers Værd efter de Forhold, hvori disse staae til hverandre, da maa vi indrømme Kulstof den første Rang, og dette leder til den naturlige Slutning, at ethvert Middel, hvorved Udviklingen af dette Kulstof kan befordres, saaledes at det derved giøres skikket til at indsues af den opkommende spæde Plante, maa meget bidrage til den tilkommende Vext.

Denne Theori, som ved første Blik lader til at bære Sandhedens Præg, er saa paafaldene beviist ved ethvert Forsøg, der er gjort dermed, at vi maaske tør vove at forsikre, at en meget vigtig Del af Agerdyrkningens Videnskab bestaar i Opløsningen af det Problem: at bringe Kulstoffet i flydende Tilstand. Dette Desideratum er vi nu tildeels satte istand til at opnaae."

Forfatteren henviser til, at „enhver kyndig Chymist veed, at de virksomste Midler til at opløse Kulstof ere de forskellige Slags *hepata* eller „Svovllever". Han drager derfor den Slutning, at da Gibs ved Glødning med Kul giver Svovllever og derved bringer Kullet til at forsvinde: ilter det, eller, som han mener, opløser Kul-

[1] 1814 udkom Olufsen's Bog i en ny Udgave. Den egentlige Jordbundslære afhandles nu i et Kapitel, der kaldes Agronomie eller Læren om Jordsmonnet (S. 27—49). Behandlingen er betydelig forkortet i Sammenligning med 1ste Udg., men ellers er der ingen væsentlig Forskel.

[2] Landoeconomiske Tidender, udgivet af et Selskab. 2det Bd. Kbhvn., 1815. S. 1 o. flg.

[3] K. Rørdam: l. c. 3. Bd. Jordbundslæren. Kbhvn., 1910. S. 120 o. flg.

[4] Landoeconomiske Tidender, udgivet af et Selskab. 1ste Bd. Kbhvn., 1815. S. 397 o. flg. Smgl. 3die Bd. 1816. S. 344.

stoffet, vil Gibsens Virkning i Jordbunden ogsaa bero paa, at den opløser de kulstofholdige Stoffer, og gør Kulstoffet tilgængeligt for Planterne.

Mærkeligt nok at Gibs skulde være en saadan Anstødssten for Forstaaelsen, da man dog vidste, at Planteaske indeholdt Kalk og Svovlsyre. Men i den følgende Tid blev der fremsat den ene Forklaring efter den anden om Gibsens Virkninger støttet af de til alle Tider saa misbrugte „Erfaringer fra det praktiske Liv". Endnu saa langt ned i Tiden som 1847 skriver en anset Landmand, Justitsraad FJELSTRUP en Artikel: „Om Gibs" i det kgl. danske Landhusholdnings-Selskabs Organ[1], som stod uimodsagt fra Autoriteternes Side. Fjelstrup fremhæver det som en Erfaringssætning, at Gibs, naar den blandes med Jord ved megen Regn, forhærdes og bliver uopløselig i Jordbunden, „men naar den udstrøes paa Planternes Blade, opløses den successivt af Dug og lidt Regn og taber derimod sin Tilbøjelighed til at forhærdes og kan altsaa vedblivende yttre sin chemiske Indvirkning paa Planteorganismen og Jordbunden".

I 1848 fremkom dog en rimeligere, tildels rigtig Forklaring af Gibsens Virkning, men hvorved dog kun Gibsens Evne i Jordbunden til at „binde" Ammoniak og Ammoniumkarbonat blev fremhævet. Disse Anskuelser søgte væsentlig Støtte i Resultaterne af engelske Forsøg, hvoraf fremgik Gibsens kvælstofkonserverende Virkning overfor Faaregødning. Agrikulturkemi og kemisk Jordbundsundersøgelse havde endnu, som man ser, Vanskelighed ved at gøre sig gældende i Landbruget.

Det kgl. Rentekammer var i Aarhundredets første Fjerdedel paa en prisværdig Maade meget ivrig for at søge efter teknisk anvendelige Naturprodukter. Men Heldet fulgte ikke Bestræbelserne. Andetsteds er der givet Beretning om, hvor tarvelig ledede og daarlig gennemførte Forsøgene paa at faa Kulbrydningen paa Bornholm i Gang var[3]. I 1808—11 blev der efter Rentekammerets Ordre af „Bergmester" MÜNSTER anstillet Undersøgelser efter Salt og Kul i Jylland. Han undersøgte geologisk i Juni 1808 en Saltforekomst i de store Sande nær Nymindegab, som Amtmand ROSENØRN havde gjort Rentekammeret opmærksom paa[4]. Ved tørt Vejrlig udblomstrede paa Sandoverfladen Salt, som blev sammenfejet og hjemført af de nærboende Folk, der heraf havde udvundet ikke saa faa Tønder Salt. Münster kom til det Resultat, „at Saltet, som havde sat sig paa Sandet, var en tilfældig Virkning af en meget varm Sommer, da Havvandet ved at gaa op over de flade Sande og nogen Tid blive staaende ved den stærke Solvarme havde efterladt Saltskorpe".

Apoteker HELMS i Varde undersøgte Saltvandet, der gennemtrængte Sandet under Overfladen, og fandt, „at 1 ℔ Vand indeholdt 2 1/2 Lod Køkkensalt, altsaa c. 8 %, medens Havets Vand i Nordsøen giver efter antagen Mening kun 4 à 5 Qvintin i Pundet"[5].

[1] Tidsskrift for Landøkonomi. 2den R. 8de Bd. 1847. S. 12—17.

[2] Smstd. 10de Bd. S. 105. „Gibs anvendt som Gødning".

[3] K. RØRDAM: Anf. Std. II. Bd. S. 30 og flg.

[4] G. BEGTRUP: Beskrivelse om Agerdyrkningens Tilstand i Nørrejylland. 3die Bd. Kbhvn., 1812 S. 123 og flg.

[5] 4 Qvintin i Pundet er lig 3,2 %, hvad der er meget nær det rigtige.

I de følgende Aar undersøgte Münster[1]:

Saltvand ved Toftegaarden i Vendsyssel: „Vandet er overalt 2 lødig, det har sin Oprindelse fra Havet og indeholder meget Bittersalt, der bliver ej stærkere omendskønt der blev nedrammet Trærør til 34 Fods Dybde."

Saltkilden ved Ørvad ved Kiøbstaden Sæby. „Vandet kom ud ved Foden af en Bakke og er 1½ lødig."

Saltsøen paa Læsøe. Havvandet siver gennem Sandet og kommer ved frivillig Fordampning i en Lagunesø til at indeholde 8—13% Salt. Münster undersøgte ogsaa Vandet, der gennemtrænger Sandet flere Steder paa Øen, og finder ved en Prøvekogning: „at man af 4 Potter af dette Vand kan regne lidt mindre end 1 Pund Salt."

Tangsalt[2]. „Beboerne paa den østlige Kyst fra Limfjordens Udløb og Nord efter virke noget Salt af Tang." Münster har udarbejdet en trykt Vejledning til at skille Kogsaltet heri fra Bittersaltet og de andre Salte og meddeler, „at der i Aaret 1809 efter denne Anvisning blev udvundet over 800 Tdr. Tangsalt til en Værdi af 12,800 Rdl. (16 Rdl. Td.) paa Strækningen fra Skagen til Limfjorden"[3].

Bjergmester Münsters ret omfattende Undersøgelser efter Kul i Limfjordsegnene[4] førte dog ikke til noget praktisk Resultat. Rentekammeret henvendte derefter i den følgende Tid sin Opmærksomhed paa Tørvemoserne. Holsteneren J. H. C. Dau undersøgte saaledes i 1828—30 for Rentekammeret Moserne i Sjælland og Jylland N. for Limfjorden[5].

Dau gav en Del gode Beskrivelser af forskellige Moser og var den første, der opstillede den endnu brugelige Inddeling af Moserne[6], men han beskæftigede sig ogsaa en hel Del med kemiske Forklaringer af hvad han saa, skønt han var temmelig blottet for kemiske Kundskaber. Dau's kvasikemiske Angivelser om Tørvedannelsen og andet blev derfor et let Bytte for den unge nu fremtrædende J. G. Forchhammer, der underkastede dem en sønderlemmende Kritik, som Dau optog meget unaadig[7].

Den norske Bjergmester P. Steenstrup fremkom i 1850 med et Forslag til Re-

[1] Den oeconomiske Correspondent 2den Aargang. Kbhvn., 1818. No. 21.

[2] Smstd. 4de Aarg. Kbhvn., 1820. S. 99.

[3] Efter at ovenstaaende var skrevet, modtog jeg ved Forfatterens Velvilje som et Fortryk af „Danske Studier" for 1914 A. Clément: „Sort Salt" Udsigt over Tangsaltets Historie i Danmark og Norge. Forf. har heri samlet alle Efterretninger om det ældgamle Saltbrænderi af Tang og givet en fuldstændig Bibliografi over dette lille Afsnit af den tekniske Kemis Historie i de nævnte Lande.

[4] Der blev boret baade paa Fur og Mors. Et Sted paa Mors blev boret ned til 212 Fods Dybde, et andet Sted til 288 Fod. En Skakt blev „afsynket" til 80 Fods Dybde, og „en Stolle fortsat herfra til 152 Fods Længde." Men der blev kun fundet „Skiverleer og Sandsten". Martørvene ved Skagen blev ogsaa undersøgt. Smlg. Den oeconom. Corresp. 2den Aarg. Kbhvn. 1819. S. 173 o. flg.

[5] Johan Heinrich Christfried Dau, f. 18/2 1790 i Altona, † Maj 1831 i Kbhvn. „Alleruntertänigster Bericht an die K. Dän. Rentekammer über die Torfmoore Seelands nach einer im Herbst 1828 deshalb unternommene Reise". Copenhagen & Leipzig 1829. 1830 berejste D. Hjørring og Aalborg Amter for Rentekammeret.

[6] K. Rørdam: Anf. Sted II. S. 182—185.

[7] Dansk Litteraturtidende. Kbhvn. 1829. S. 777 o. flg.

geringen om ved Boringer at eftersøge „nyttige Mineralier“ i Danmark, men Landhusholdningsselskabet foreslog med fuld Ret Kongen i Stedet herfor at lade Landet berejse „af vore indsigtsfulde Geognoster“. Denne Foranstaltning traadte dog først i Virksomhed c. 60 Aar senere, da Danmarks geologiske Undersøgelse blev oprettet (1888).

Fornyet Undersøgelse af Tørvemoserne i Jylland fandt dog Sted i 1837 af Japetus Steenstrup, efter Rentekammerets Foranstaltning. Om Resultaterne heraf er der paa andet Sted givet udførlig Beretning efter Steenstrups forsvundne, men paa en mærkelig Maade genfundne Originalberetning[1]. Undersøgelserne af Tørvemoserne var dog, som Genstanden ogsaa paabød, en naturhistorisk og ikke en kemisk Opgave. Det samme gælder Steenstrups ikke offentliggjorte Undersøgelser af Jordbunden paa Livø i Limfjorden, som han ogsaa udførte efter Rentekammerets Ordre.

Tiden fra Tyverne til Midten af forrige Aarhundrede var iøvrigt rig paa „Vejledninger“ til at foretage agrikulturkemiske og jordbundskemiske Undersøgelser, men — naar man ser bort fra Forchhammers Arbejder — fattig paa egentlige Undersøgelser. De nævnte Vejledninger fremkom dels som selvstændige Værker, dels som Artikler i de landøkonomiske Tidsskrifter, der med uhyre Snaksomhed udbredte sig om allehaande Æmner, uanset om de havde Fagkundskab nok til at behandle dem. Nogle af de vigtigste af saadanne agrikulturkemiske Afhandlinger fra dette Tidsrum kan dog nævnes, saaledes:

Fra 1820 L. Tobiesen: „Paa Theorie og Erfaring grundet praktisk Anvisning til at mergle“, oversat af C. N. Fausbüll, Sognepræst i Houe ved Lemvig. S. 28 gives en Anvisning — tildels efter Thaer — til ved Titrering med Salpetersyre af kendt Styrke, at bestemme Kalkmængden i Mergel. S. 142 gives en som det synes af Oversætteren selv tilrettelagt Forklaring om Kvælstoffets Iltning til Salpetersyre i kalkholdig Jordbund, som maa siges at være ikke langt fra det rette.

W. C. Zeise, der allerede da var bekendt som en fremragende Kemiker, gav i 1821 Referater af en Mængde franske Forsøg paa at anvende Urin og Præparater deraf som Gødning, samt Analyser af Urin under forskellige Omstændigheder[2], men beskæftigede sig iøvrigt ikke med Agrikulturkemi.

V. Rothe — den senere Jernbanedirektør — udgav i 1839 en ret udførlig Agerdyrknings-Chemie (om Agerjordens Bestanddele, deres Egenskaber og Indflydelse paa Vegetationen).

R. Pedersen kalder denne Bog „for den første originale Agerdyrkningskemi, der er skrevet her til Lands“[3]. Forf. af denne Afh. beklager ikke at kunne give R. Pedersen Ret i saa Henseende. Rothes Bog indeholder ikke noget nyt eller originalt. Han har vist overhovedet aldrig arbejdet paa anden Maade end

[1] „Et hidtil utrykt Arbejde vedrørende Tørvemoser“. Af Japetus Steenstrup. Udg. af K. Rørdam i Mindeskrift for J. Steenstrup, III. Kbhvn. 1913.

[2] Nye landoeconomiske Tidender. 3die Bd. Kbhvn. 1821. S. 314—344.

[3] R. Pedersen: „Forelæsninger over Plantefysiologi“, I. Planternes Næringsstoffer“. Kbhvn. 1883. S. 155.

rent litterært med Agrikulturkemi. Han var Cand. polyt. og forsaavidt altsaa veluddannet Kemiker, saa at man er berettiget til at stille større Fordringer til ham end f. Eks. til hans Forgænger som agrikulturkemisk Forfatter, Pastor Fausbüll, der som anført frembragte et ret originalt Arbejde ud af en tysk Oversættelse. Rothes Bog er saa langt fra den første danske Agerdyrkningskemi, da den som vist har haft en lang Række Forgængere, og dansk kan den heller ikke siges at være, da den væsentlig kun er Oversættelse eller Bearbejdelse fra det Tyske. At den desuagtet meget vel kunde være brugbar som Lærebog er selvfølgeligt, men den kan ikke siges at have fulgt med sin Tid, navnlig med Hensyn til Opfattelsen af Humusstoffernes Betydning.

Af den berømte tyske Kemiker Carl Sprengel's forskellige Værker om Jordbunden og Jordbundsanalysen blev der givet forskellige partielle men ret udførlige Oversættelser[1].

I den første fra 1840 „Udvalgte Stykker af Læren om Jordbunden" findes i Afsnittet „om Agerjordens chemiske Undersøgelse" en Beskrivelse af alle Metoderne ved kvalitativ og kvantitativ kemisk Undersøgelse af Jord, der ikke afviger væsentlig fra, hvad der endnu bruges mange Steder. Noget lignende kan siges om „Agerdyrkningschemie" i „sytten Aftenunderholdninger" efter L. v. Babo, der fremkom i samme Tidsskrift nogle Aar senere[2].

Ingen af de nævnte Vejledninger til Jordbundsundersøgelser synes dog at have sat sig noget Spor i praktiske Undersøgelser eller overhovedet at være blevet benyttet efter deres Hensigt.

Dette gælder ogsaa C. J. L. Krarup-Hansen: „Chemie for Landmænd", Kbhvn. 1848, og ligeledes den lidt senere af C. Dalgas efter det tyske oversatte og bearbejdede: Jordbundslære med Chemiens A. B. C. Kbhvn. 1850[3]. Den danske Oversættelse rager i adskillige Henseender op over den tyske Original, hvilket i Særdeleshed beror paa, at Oversætteren har været i Stand til at drage Nytte af Forchhammers mange nylig fremkomne Undersøgelser over Danmarks Geologi og Jordbundsforhold.

Julius Thomsen var fra 1850—56 Docent i Agrikulturkemi ved den polytekniske Læreanstalt. Hans Virksomhed som Agrikulturkemiker forblev dog uden Spor, hvad Udøvelsen af selvstændige analytiske Arbejder angik, derimod var han i denne Aarrække paa anden Maade virksom for Udbredelsen af agrikulturkemiske Kundskaber. Saaledes haves fra Julius Thomsens Haand fra dette Tidsrum følgende:

1850: „Om Vexelvirkningen imellem Planten og dens Omgivelser". Erindringsord til en Forelæsning i Gartnerforeningen. En hel lille Plantefysiologi og Jordbundslære, der til Slut ledsagedes af en geologisk Oversigt over „Plantens Fremtræden i de forskellige Jordperioder".

[1] Carl Sprengel: „Die Bodenkunde oder die Lehre von Boden". Leipzig 1837. Oversat i Tidsskr. f. Landøk. II. R. 2det Bd. 1840. S. 1—99. Smstd. II. 4. udførlig Oversættelse af Sprengels „Lehre der Urbarmachungen und Grundverbesserungen". Leipzig 1838.

[2] T. f. Landøkon. II. 1ste Bd. 1848. S. 53 o. flg.

[3] Oversat efter K. L. Krutzsch: „Populärer Abriss d. wissensch. Bodenkunde nebst einem Anh. das A. B. C. d. Chemie enth." Dresden 1842.

1852: „Et frit Foredrag om Naturvidenskabernes Anvendelse i Agerdyrkerens Interesse", trykt i Beretning om d. fjerde d. Landmands-Forsamling. Kbhvn. 1854. S. 194 o. flg. Thomsen viser her bl. a. ved at sammenligne Danmarks Indførsel med Udførselen til England, som den Gang væsentlig var Sædevarer, hvor stort et Tab den danske Jordbund aarlig led i Fosforsyreindhold, og hvor vigtigt det var at erstatte dette ved Tilførsel af fosforsyreholdige Gødningsstoffer. De mange Markforsøg, der er udført gennem Landbrugsorganisationerne i dette Aarhundrede, giver næsten overalt i Danmark et kraftigt Udslag ved Tilførsel af Fosforsyregødning og viser, hvor rigtig Julius Thomsen saa paa denne for Planteavlen saa overmaade vigtige Sag for over 50 Aar siden[1].

Den tidligere nævnte Bjergmester Münster havde i 1818 sammen med H. C. Ørsted, der den Gang var Professor i Kemi og Fysik ved Universitetet, og Landmaaleren Justitsraad L. Esmarch af Rentekammeret faaet Ordre til at sammentræde i en Kommision, der skulde optage de for mange andre mislykkede Undersøgelser efter Kul og Jernmalm paa Bornholm[2]. Da Münster imidlertid i andet Ærinde maatte rejse til Norge[3], ansaa de andre Medlemmer af Kommissionen det for rigtigst at optage „til Deltager i Arbejderne Studiosus Forchhammer, der en Tid lang har været chemisk Medhjælper hos mig, Ørsted, og som længe har havt Lyst til at berejse Bornholm"[4].

Fra den Tid begyndte Forchhammers geologisk-kemiske Studier, som kom til at spille en saa stor Rolle senere hen gennem hele denne fremragende Mands lange Virksomhed. Af de 187 af Forchhammer udførte og af J. F. Johnstrup katalogiserede trykte Arbejder, maa i det mindste de 34 henregnes under kemisk Geologi og kemisk Jordbundsundersøgelse. Da Johnstrups Fortegnelse er saa let tilgængelig, maa det antages at være overflødigt at anføre de nævnte Afhandlingers Titler, men man kan nøjes med Løbe Nr. i Johnstrups Fortegnelse. Med Benyttelsen heraf blev det følgende Numre, der kan siges at have Betydning for den kemiske Geologi og den kemiske Jordbundsundersøgelse.

Nr. 20, 25, 31—44, 50—67. Af disse maa Nr. 31—39 siges at være af agrikulturkemisk Indhold, medens de andre nærmest omhandler den kemiske Geologi. Det er dog ikke saaledes, at alle disse Arbejder paa nogen Vis hver for sig omhandler selvstændige Undersøgelser, men Forchhammers ejendommelige Arbejdsmaade førte med sig, at hver Afhandling for en Del er Gentagelse af en tidligere

[1] Nærmest til samme Klasse af Arbejder som de nævnte maa regnes samme Forfatters: „Et Forsøg paa en almenfattelig Fremstilling af Chemiens vigtigste Resultater". 1ste Udg. 1853, 2den Udg. 1854, hvoraf godt Halvdelen kan siges at omhandle agrikulturkemiske Emner. En højst mærkelig Lovsang i „Humboldt'sk" højstemt lyrisk Stil til Havets, Stormens, Skovenes, Bjergenes og Solopgangens Pris iblandet plantefysiologiske, agrikulturkemiske og rent kemiske Betragtninger er Julius Thomsens: „Vandring paa Naturvidenskabernes Gebeet". Kbhvn. 1856.

[2] K. Rørdam: Anf. Sted II. S. 29 o. flg.

[3] J. F. Johnstrup: „Almenfattelige Afh. og Foredrag af J. G. Forchhammer". Kbhvn. 1869. S. XVI.

[4] H. C. Ørsted & L. Esmarch: Beretning om en Undersøgelse over Bornholms Mineralrige. Kbhvn. 1819. S. 1.

Undersøgelse, samtidig med at der ogsaa ind herimellem kommer Beretning om nye Iagttagelser, som ikke før har været publicerede. Denne Maade at arbejde paa, som til Dels skyldes den Omstændighed, at mange af de nævnte Afhandlinger er Gengivelser af Foredrag, gør naturligvis ikke nogen Vanskelighed i Forstaaelsen af, hvad det er, Forchhammer vil have frem, snarest maa han siges netop herved at indprente det, som han ønsker fremhævet, men det har gjort Forchhammers Skrifter ret vanskelige at benytte som Hjælpemidler for Eftertiden — at citere dem — da det ikke er nok med at kende den enkelte Afhandling, hvori man har truffet en Omtale af det Naturforhold eller den kemiske Analyse, som man i det givne Tilfælde har Brug for, men for at være sikker paa, at det samme Forhold ikke i en tidligere eller senere Afhandling af samme Forfatter er omtalt paa en Maade, der giver en Ændring i Opfattelsen, maa man kende saa at sige Forchhammers hele videnskabelige Produktion *par coeur*.

Fra et geologisk-kemisk Synspunkt er de vigtigste af Afhandlingerne følgende (kronologisk ordnede):

Nr. 49. „Kogsaltets Indvirkning ved Mineraliernes Dannelse". Kgl. d. Vid. S. Overs. 1854. S. 9 o. flg.

Nr. 50. „Metallerne i Havets Dyr og Planter". Smstd. 1855. S. 389 o. flg.

Nr. 20. „Undersøgelse af Leret fra Vellingsby paa Bornholm". Smstd. 1864. S. 88 o. flg.

Hertil maa regnes Forchhammers Foredrag ved Landmandsforsamlingen i Flensborg 1854: „Metallerne i Planternes Aske"; det er dog kun i uegentlig Grad en ny Undersøgelse, der her berettes om, men det maa nærmest opfattes som et Resumé af flere tidligere Afhandlinger. Dette Foredrag er optrykt i Johnstrups førnævnte biografiske Skildring af F. som Nr. 21, S. 396[1].

I den førstnævnte Afhandling Nr. 49 viser Forchhammer, at han ved at smelte større Portioner (1 - 1½ Kg.) af forskellige Jord- og Stenarter i en hessisk Digel med Kogsalt og bagefter at opløse Saltmassen i Vand, dels af Opløsningen dels af Bundfaldet kunde faa udfældet eller paavist smaa Mængder af Kobber, Bly, Vismut, Mangan o. fl. Stoffer. F's Iagttagelser er ganske blevet bekræftede ved de af Forf. af denne Afhandling foretagne Undersøgelser, hvorom der i Afsnit II af denne Afhandling vil blive givet Beretning.

I Forchhammers Afhandling Nr. 49 gives ogsaa Meddelelse om Undersøgelse af Træaske, hvilket Emne tillige, som det vil ses, blev behandlet paa Mødet i Flensborg i 1854. I Nr. 49, S. 110—111 anføres følgende om Planteaske: „Man indseer nu let, at den store Mængde af forskjellige Stoffer, som saaledes vel i ringe Mængde, men dog med en vis Regelmæssighed, ere indblandede i Jordarterne, selv i dem, som komme i umiddelbar Vexelvirkning med Planteverdenen, ikke kan være foruden væsenlig Indflydelse paa det organiske Livs Udvikling. Fra det Øjeblik af,

[1] Johnstrup har givet Forchhammers Afhandlinger Løbenumre i Fortegnelsen over F.s Arbejder, men de i samme Afhandling optrykte Arbejder faar af J. atter andre Lbnr., hvad der kan give Anledning til Fejltagelser, hvis man ikke er opmærksom herpaa.

at den ældre Tanke, at de i Planterne tilstedeværende uorganiske Bestanddele tilfældigviis ere afsatte i Planterne, maatte vige for den Erfaring, at Planterne vælge deres uorganiske Bestanddele, og ikke kunne trives i den Jordbund, hvor disse Bestanddele mangle, have de theoretiske Agerdyrkere med stor Forkjærlighed søgt at bestemme de uorganiske, for visse Planter charakteristiske Stoffer. Det ligger i denne Læres Natur, at den ikkun langsomt kan udvikle sig, at ikkun ved gjentagne, møisommelige Undersøgelser det Tilfældige kan adskilles fra det Almindelige og Nødvendige, og det for hele Plantefamilier charakteristiske fra det for enkelte Planter Ejendommelige. Man har derfor hidtil især holdt sig til saadanne Stoffer, der synes at være væsentlige Betingelser for alle vore dyrkede Planters Udvikling, eller idetmindste for visse Classer deraf, og har ikkun bestemt saadanne Stoffer, der forekomme i forholdsvis større Mængde, medens man har al Grund til at antage, at selv de Substanser, som findes i en næsten forsvindende Mængde, spille deres bestemte Rolle ved Planternes Udvikling. Det kan næppe være Tvivl underkastet, at selv visse metalliske Substantser ere charakteristiske for bestemte Planter, der da maa antages at samle disse Stoffer af Jorden eller Vandet . . . .“

Om Træaske meddeler F., at han har undersøgt Asken af Fyr, Eg, Birk og Bøg. Han har heri fundet: „Jern, Mangan, Kobber, Tin, Bly, Zink, Kobolt og sandsynligvis Nikkel“.

Anm. Som et Supplement eller en Art Kontrol med Forchhammers Angivelser om Metalforekomster i Asken af dansk Træ blev af Forfatteren rent foreløbig foretaget et Par mindre Undersøgelser, som her kan gengives.

A. En Prøve af Birketræ af dansk Avl, der udgjorde et Stammestykke med paasiddende Bark 40 cm langt og 7,5 cm i Diameter, blev savet i Stykker og yderligere ved Kløvning findelt.

7,4370 gr tabte ved Tørring til konstant Vægt 1,1365 gr = 16,37 % Tørretab. Tørringen tog lang Tid, 4 Døgn ved 100° og tilsidst et Døgn ved 105°.

588,0 gr lufttørt findelt Træ blev forkullet over Flammespreder i en Platinskaal ved svagest mulige Varme og derefter forbrændt ved stærkere Varme. Askemængden blev vejet og skyllet over i en Porcellænsskaal og behandlet med fortyndet Saltsyre. Asken var ganske mørkebrun af Manganilter og udviklede Klor og Kulsyre ved Saltsyrebehandlingen. Efter Opløsning i Saltsyre bliver der nogle Kulpartikler og uopløst Stof tilbage, og dette filtreres fra paa et vejet Filter. Bundfaldet udvaskes, tørres og vejes, og Filtret glødes derefter i en vejet Platindigel. Herved bestemmes Mængden af de i Asken værende Kulpartikler. Den anførte Vægt Birketræ gav saaledes 3,3079 gr kulfri Aske = 5,62 % Aske af det lufttørre Stof.

Den saltsure Opløsning af Asken blev inddampet til Tørhed og den udskilte Kiselsyre frafiltreret og vejet i Platindiglen sammen med den glødede Rest fra det vejede Filter. Kiselsyren blev derefter bortskaffet med Flussyre og Svovlsyre, og Diglen blev atter glødet og vejet. Den rene Kiselsyres Vægt var 0,1280 gr = 3,87 % af Askemængden. Mod Forventning viste den i Diglen tilbageværende Masse sig at være helt fri for Titansyre, og bestod af Bariumsulfat 0,0457 gr. Det saltsure Filtrat fra Kiselsyren blev mættet med Svovlbrinte og gav et brunsort Bundfald, der blev frafiltreret og udvasket med Svovlbrintevand. Svovlbrintebundfaldet blev behandlet med en frisk fremstillet Opløsning af Natriumsulfid og efterlod et Bundfald, der indeholdt svage Spor af Bly og gav 0,0110 gr CuO. Natriumsulfidopløsningen blev gjort svagt sur med Svovlsyre og afsatte ved Henstand et gulbrunt Bundfald, der nok, som Forchhammer angiver, kunde se ud til at indeholde Tinsulfid. Det bestod dog hovedsagelig af Svovl og gav ved Glødning kun 0,0014 gr af et rødbrunt Ilte, der ikke indeholdt Spor af Tin men gav stærk Jernreaktion. Jerniltet stammer utvivlsomt fra Natriumsulfidet. Filtratet fra Svovlbrintebundfaldet blev inddampet med Svovlsyre, til Saltsyren var afdrevet, og efter Fortynding kogt med

Forchhammer har utvivlsomt Ret i disse Stoffers almindelige Udbredelse i Planteriget, selvom vi for danske Planters Vedkommende ganske savner Undersøgelser i saa Henseende udover F.s Angivelser. Kun overfor den angivne Forekomst af Tin maa Forf. af flere Grunde endnu stille sig noget tvivlende.

Et Stof, hvis Tilstedeværelse i forskellige Naturprodukter Forchhammer forfulgte med særlig Forkærlighed, var Manganet. Ikke alene viste han, at det fandtes i Asken af Birk og Eg, men i Bændeltangen *Zostera marina* og i de brune Striber paa den almindelige Havesnegls Skaller[1]. Han kom til den utvivlsomt rigtige Antagelse, at da Manganet forekom i saa mange Plantearters Aske, maatte Stoffet have en eller anden fysiologisk Funktion i den levende Plante. Skønt man ikke endnu kender noget nærmere til, hvorledes Manganforbindelserne i Planterne virker, er det dog blevet sandsynliggjort, at Manganforbindelser overfor visse Planter — saaledes Byg — virker i ikke ringe Grad frugtbargørende[2] og ligeledes er det bevist, at selv en saa ringe Mængde Mangan som 50 Kg. Mangansulfat pr. Hektare kan, naar det anvendes paa rette Maade, virke beskyttende eller helbredende overfor Angreb

Ammoniumpersulfat i Opløsning, hvorved der blev udfældet Manganilte, der ved Glødning gav 0,2218 gr $Mn_3 O_4$. I Asken af Birketræ er altsaa fundet

$Cu O$ = 0,33 %
$Pb O$ = svage Spor
$Mn_3 O_4$ = 6,71 %
$Ba O$ = 0,93 %
$Si O_2$ = 3,87 %

Desuden de sædvanlige „plantenærende Stoffer": Svovlsyre, Fosforsyre, Kulsyre, Jernilte, Kalk, Magnesia, Kali, hvis Mængder det i denne Sammenhæng ikke har Interesse at bestemme. Derimod kunde der ikke i den forhaandenværende Askemængde paavises Titan, Cerium eller Vanadin og som nævnt heller ikke Tin.

B. Ved Undersøgelse af Eg, blev benyttet et Brudstykke af en c. 50 cm tyk Stamme uden Bark af dansk Avl. Prøven blev behandlet paa samme Maade som Birken, og Undersøgelserne gav følgende Resultat:

I den lufttørre Eg fandtes ved Tørring ved 105° 19,08 % Vand.
- — - — 0,26 % Aske.

Asken indeholdt

$Cu O$ = 0,31 %
$Pb O$ = Spor
$Mn_3 O_4$ = 0,32 %
$Ba O$ = 0,15 %
$Si O_2$ = 4,20 %

Tin kunde heller ikke paavises her. Forfatteren mener dog, at disse Undersøgelser bør genoptages senere, og, at der navnlig bør benyttes unge Grene eller Skud, da de er meget askerigere end Stammestykker. Fremstillinger af større Askemængder i ren Tilstand af Træ er dog en ret møjsommelig Opgave, naar man ikke har en større Muffelovn udforet med Platin tilgængelig.

[1] J. G. Forchhammer: „Metallerne i Planternes Aske". Anf. Std. S. 400.

[2] Paul Leidreiter: „Studien über das Verhalten des Mangans im Boden zu einigen landwirthschaftlichen Kulturpflanzen". Dissert. Univ. Rostock. Referat i Jahresber. d. Agricultur-Chemie. Dritte Folge XIV. 1911. S. 213. Se Smstd. 1912. S. 136—137. — Th. Pfeiffer & E. Blanck: „Beitrag zur Frage über die Wirkung des Mangans auf das Pflanzenwachstum". Landw. Vers. St. 77. 1912. S. 33—36.

af visse Mikroorganismer, der ellers i Form af „Lys Pletsyge" hos Byg kan gøre store Ødelæggelser. Det bør maaske ogsaa her ved Omtalen af Forchhammers Forhold til Manganet fremhæves, at den for Manganiltet karakteristiske Reaktion ved Ophedning med Blyperoxyd og Salpetersyre at give Permanganatfarven som bekendt skyldes Forchhammer[1], skønt den ofte — men med Urette — kaldes Walter Crum's Reaktion[2] eller Vollhardt's Reaktion[3].

Forchhammers Angivelser om Manganets Udbredelse i Planteriget er ganske blevet bekræftet ved nyere Undersøgelser i Udlandet. Alex Müller har vist, at Kartoffelsorten *Early Rose*, der blev dyrket paa Morænegrus ved Stensjöholm nær Wexiø, i Asken indeholdt „lidt Jern og meget Mangan"[4]. R. Hornberger har paavist Mangan i Asken af Bog og i Asken af mange Skovtræer og Buske[5], og Buemann har anvendt den af ham fastslaaede forholdsvis store Manganmængde — 9% af Asken — i *Digitalis* som et Karakteristikum for Droguen, der fremstilles ved Tørring af denne Plante. Han antager endvidere: „Es ist auf den mangelnden Mangangehalt des Bodens zurückzuführen wenn in einzelnen Gegenden der Schweiz die *Digitalis purpurea* nicht gedeiht"[6].

Forchhammers sidste Arbejde, der blev publiceret et godt Aars Tid førend hans Død, var den i Johnstrups Liste under Nr. 20 anførte partielle Undersøgelse af Leret fra Vellensby paa Bornholm[7]. Administrator Fritz Holm ved den kgl. Porcellænsfabrik havde gjort F. opmærksom paa: „at han ved nogle Isolationskopper til Telegraphtraadene havde iagttaget, at Vædsken, som filtrerede igjennem det glødede Porcellain, antog en guul Farve, og han formodede, at dette maatte hidrøre fra chromsure Alkalier". Dette gav Anledning til, at Forchhammer undersøgte Leret noget nærmere, og ved at benytte 30 ℔ Ler, som han glødede med 20 ℔ Natriumnitrat, og bagefter udkoge Massen med Vand, fik han en Opløsning, hvori han kunde paavise Krom, Vanadin, Molybdæn og en ringe Mængde af et Stof, som han med en vis Ret formodede var et nyt Grundstof[8].

Det er blevet fremført, at Forchhammers Angivelse af „det nye Grundstof" var fremkommet ved, at F. paa uretmæssig Maade havde sat sig i Besiddelse af en Opdagelse, daværende Adjunkt Jespersen i Rønne havde udført. Det er en fuldstændig grundløs Antagelse. Jespersens barnagtige formentlige Opdagelser til forskellige

[1] J. G. Forchhammer: „De Mangano". Kbhvn. 1820. S. 25. F.s Iagttagelser, at Manganilte med Blyperoxyd og Salpetersyre eller Svovlsyre gav Permanganat, benyttede han ganske vist mere som en Præparationsmetode end som en Reaktion, men Opdagelsen er hans.

[2] W. Crum: Ann. Pharm. 60. S. 219.

[3] Vollhardt: Ibid. 198. S. 354. — De to sidste Citater efter Gmelin-Kraut: „Handb. d. Chemie". 6. Aufl. 2. Bd. II. Abt. S. 437.

[4] Alex Müller: „Die Ammendienste der Mutterkartoffeln". Landw. Vers. St. Bd. XXXVI. 1889. S. 265—267.

[5] R. Hornberger: „Ueber den Mineralstofgehalt und Düngerwert der Becherhülle der Buche von verschiedenen Boden". Ibid. S. 329—335.

[6] Naturw. Wochenschrift. N. F. XI. 1912, Nr. 8 efter Schweizer Wochensch. für Chem. & Pharm. 1911 S. 562.

[7] Kgl. d. Vid. S. Overs. 1864. S. 88 o. flg.

[8] K. Rørdam: „De mesozoiske Lerarter og Kaolin paa Bornholm". D.G.U.II.R. Nr. 1. Kbhvn. 1890. S. 48.

Tider af nye Grundstoffer, som han søgte at paavise ved tarvelig udførte kvalitative Reaktioner og Blæserørsprøver, og som han gav de besynderligste Navne, har intet med virkelig kemisk Undersøgelse at gøre, og tilmed er de Jordarter, hvori han mente at finde nye Grundstoffer, hverken m. H. t. geologisk Alder, Oprindelse eller Beliggenhed de samme som Vellensbyleret[1].

Af andre Stoffer foruden de nævnte Krom og Vanadin, som Forchhammer paaviste havde en ret almindelig Udbredelse, kan nævnes Cerium[2], Titan[3] og Zirkon[4].

Efter Forchhammers Død i 1865 blev hans kemisk-geologiske Undersøgelser ikke fortsat af hans Efterfølger, og agrikulturkemiske Jordbundsundersøgelser blev slet ikke foretaget i Danmark, med mindre man vil regne J. F. Johnstrups Afhandling fra 1866 „Om Fugtighedens Bevægelse i den naturlige Jordbund" derind under[5]. Denne Afhandling skylder egentlig ogsaa Forchhammer sin Fremkomst, da den sammen med en lignende, hvis Forfatter var Landinspektør Ring, udgjorde Besvarelserne af den for 1863 af det kgl. d. Videnskabernes Selskab udsatte Prisopgave.

Det var intet Under, at de følgende Aar var en gold Tid for kemiske Jordbundsundersøgelser i Danmark, naar man ser, hvor ringe Betydning man indenfor ledende Kredse i Landbruget tillagde den Slags Undersøgelser. Herpaa haves der et ret slaaende Eksempel: En fremragende praktisk Landmand H. F. Fenger, Ejer af Augustenborg Hovedgaard paa Als, som tidligere havde drevet større Landejendomme i Danmark, sendte i 1869 en lille velskreven Afhandling ind til „Ugeskrift for Landmænd". Dens Titel var: „Bør Agriculturchemie beskæftige sig med Jordanalyse?" Fenger, der som nævnt var mangeaarig Landmand, fremhæver den store Nytte, som han selv i sin praktiske Virksomhed havde haft af Jordanalyser, som han havde ladet foretage m. H. t. Spørgsmaalet om Mergling og anden Jordforbedring. Han fremhævede, hvor mangelfuldt det var, naar Landmanden blot lod sig nøje med Analyser af Foderstoffer og Gødningsstoffer, men ikke havde noget virkelig grundigt Kundskab til den Jord, der blev dyrket. Man skulde synes, at det var et Emne, som dog i alt Fald var værdigt at diskutere, men Redaktionen var af modsat Mening. Fengers Artikel, der var rolig og forstandig skrevet, nægtede man rent ud Optagelse i Ugeskriftet under Paaskud af, at „Agriculturchemien formaar endnu næppe tilstrækkeligt at magte Spørgsmaalet om Jordanalyse". .... „Jordanalyser kunne vel endog gjøre Skade, saalænge et større Kjendskab til Agriculturchemien ikke er udbredt blandt Jordbrugere i Almindelighed" o. s. v. Fenger udgav derpaa sit lille Skrift selvstændigt med et velskrevet Tilsvar til Redaktionen.

Det varede dog kun to Aar, inden der fremkom i „Tidsskrift for Landøkonomi"

[1] M. Jespersen: „Naturvidenskabelige Meddelelser". Skoleprogram fra Nykjøbing Kathedralskole 1886. J. gav sit Grundstof Navnet Mingonn!

[2] Kgl. d. Vid. S. Skrifter. Naturv.-math. Afd. 4. R. V. Kbhvn. 1832, S. LVI. „Porcellainsjorden fra Bornholm indeholder et Ceriumsilikat". Smlgn. J. G. Forchhammer: „Danmarks geogn. Forh." Kbh. 1835. S. 94. „Rullestensleret indeholder efter mine Unders. Cerium".

[3] Nordisk Universitets-Tidsskrift III. Aarg. 2. H. S. 74: „Titanjern i Flyvesand".

[4] J. G. Forchhammer: „Lærebog i Stoffernes alm. Chemie". Kbh. 1842. S. 385.

[5] Kgl. d. Vid. S. Skrifter. Naturv.-math. Afd. 5. R. VII. S. 409—448. Johnstrups Analyser af Kul i Vid. S. Oversigt 1873, S. 147—188, bør ogsaa medregnes til den kemiske Geologi.

1871 en Række Jordanalyser, som daværende Assistent ved Landbohøjskolen Th. Petri havde udført.

Af betydelig større Vigtighed var dog de af daværende Assistent C. F. A. Tuxen i „Tidsskrift for Skovbrug" for 1876—84 publicerede Jordanalyser, der danner det kemiske Grundlag for P. E. Müllers berømte biologiske Undersøgelser af Skovjord og Hedejord[1].

En Afhandling, der har Berøring med den kemiske Agrogeologi er den i 1883 udkomne Rasmus Pedersen: „Forelæsninger over Plantefysiologi" I. Planternes Næringsstoffer. Historisk Indledning. Som Forf. andetsteds har vist, gaas der i Rasmus Pedersens interessante Bog, der kan siges at rumme de vigtigste Træk af Plantefysiologiens Historie, lovlig stærkt til Felts mod de gamle Forfatteres nu naturligvis forældede, men for sin Tid ingenlunde urimelige Anskuelser. R. Pedersens Bog har været stærkt benyttet af mange, der her har fundet en let tilgængelig Kilde til historisk Viden. Denne er dog ikke altid fra første Haand. Kopp: „Geschichte der Chemie" er i mange Retninger R. Pedersens Kilde, hvor man ved mere flygtigt Studium tror at have Originalresultater for sig. Bogen skæmmes af adskillige højst besynderlige Oversættelsesfejl fra Engelsk[2], men indeholder som anført meget belærende historisk Stof.

I 1888 begyndte Danmarks geologiske Undersøgelse sin Virksomhed ved Forf. geologiske Rekognosceringer i Nordsjælland. Publikationerne fra nævnte Institution indeholder, dels indføjede i Kaartbladsbeskrivelserne, dels som selvstændige Værker, et betydeligt Antal kemiske Undersøgelser af Sten- og Jordprøver fra Danmark af forskellig Art og i forskelligt Øjemed, men da Forf. selv for vel den største Del har udført disse Undersøgelser, er han afskaaret fra nærmere kritisk Omtale af dem. Den geologiske Undersøgelse udsender fra Tid til anden Oversigter over de ved Undersøgelsen udførte Arbejder, hvortil der kan henvises.

Foruden Arbejderne ved D. G. U. er der ikke udkommet stort af Betydning for den kemiske Geologi i Danmark fra 1888 og til Nutiden, selvom der i Hedeselskabets Tidsskrift og i Beretningerne fra Forsøgsstationerne kan findes en og anden Analyse af Tørv eller Jord, der maa siges at være af Interesse m. H. t. den agrikulturkemiske Jordbundsundersøgelse. Det bør ogsaa fremhæves, at i 1902 udsendte T. Westermann: „Undersøgelser over Typer af danske Jorder", der indeholder mange kvantitative kemiske Bestemmelser af „Plantenæringsstofferne", udført af daværende Assistent, Landbrugskandidat P. Christensen.

E. M. Nørregaard har i „Meddelelser fra dansk geologisk Forening"

[1] 1876 „Nogle Analyser af jysk Hedejord". 1877 „Om Lyngskjoldens Udluftning". 1879 „Nogle kem. Unders. over Jordbund i Bøgeskove". 1884 „Nogle kem. og fys. Unders. af Jordbund i Skove og paa Heder". — Angaaende C F. A. Tuxens øvrige Arbejder se „Festskrift for d. kgl. Veterinær- og Landbohøjskole". Kbh. 1908. S. 582.

[2] Eksempelvis kan anføres, at R. Pedersen S. 7 omtaler en mystisk Jordart, som han kalder „den saakaldte Jomfrujord", hvormed engelske Plantefysiologer gør Forsøg (d. e. *virgin soil* — ugødet eller ikke frugtbargjort Jord). S. 337 omtales den saakaldte Køkkenmajs, og i Parentes sættes den engelske Glose *chicken-corn*, d. v. s. Majs saa lille i Kornstørrelse, at Kyllinger kan æde den; den har intet at gøre med et Køkken (kitchen) o. s. v.

(1903 o. flg. Aar) givet adskillige interessante Beretninger om kemisk-petrografisk Undersøgelse af Rav, Dolomit, Flint (fra Alunskiferen) m. m.

E. Rostrup gav i 1906 en botanisk-biologisk Monografi af „Gammelmose", hvori der ogsaa findes anført Analyser af de undersøgte Tørv og Tørveaske, som Forf. har haft Lejlighed til at udføre efter Prof. Rostrups Ønske[1].

I 1905 begyndte „Meddelelser fra det forstlige Forsøgsvæsen" at udkomme og er siden fortsat med en Række statelige Afhandlinger. De er rige paa kemiske Jordbundsundersøgelser af forskellig Art.

Mergelundersøgelser har ogsaa fra forskellige Sider været drevet i udstrakt Maalestok i de senere Aar og drives, saa vidt vides, for Tiden ved D. G. U. i en meget stor Udstrækning.

Det tør maaske til Slutning anføres, at i den 1908—1910 udkomne „Geologi og Jordbundslære" af Forf. findes navnlig i Bd. II—III anført Analyser af næsten alle danske Sten- og Jordarter.

[1] E. Rostrup: „Gammelmose". Bot. Tidsskr. 27. B. 3. H. Kbh. 1906.

Navnefortegnelse.

	Side
Abildgaard, P. C.	13
Abildgaard, S.	11
Aphelen, H. v.	13
Babo, L. v.	20
Bastholm, Th.	2
Begtrup, G.	17
Birch, A.	8
Blanck, E.	24
Borch, Ole	7
Bradt, D. E.	13
Buemann	25
Christensen, P.	28
Clement, Ad.	18
Coninck, F. de	16
Crum, W.	25
Dalgas, C.	20
Dau, J. H. Chr.	18
Drewsen, J. Chr.	16
Dyssel, I. A.	11
Erichsen	12
Esmarch, L.	21
Fabricius, J. C.	9
Fausbüll, C. L.	19
Fenger, H. F.	26
Fjelstrup	17
Fleischer, E.	13
Forchhammer, J. G. 7, 18, 21 o. fl.	
Fries, sen.	14
Helms, Apoteker	17
Heltzen, C. E.	13
Holm, Frits	25
Home, Francis	11
Hornberger, R.	25
Jespersen, M.	25
Johnstrup, J. F.	21, 26
Jørgensen, S. M.	7
Krarup-Hansen, C. J. L.	20
Krutzsch, K. L.	20
Lange, J. C.	10
Langebek, J.	9
Leidreiter, P.	24
Manthey, J. G. L.	14, 15
Meyer, J. J.	13
Müller, A.	25
Müller, P. E.	14, 27
Münster, Chr. S.	17, 18, 21
Nørregaard, E. M.	27
Olufsen, Chr.	15
Oppermann, A.	13
Pedersen, Rasmus	19, 27
Petri, Th.	27
Pfeiffer, Th.	24
Pontoppidan, E.	8, 9
Ring, C. C.	26
Rostrup, E.	28
Rothe, W.	19
Scharling, E. A.	7
Schumacher, C. F.	12
Schäffer, M. G.	14
Sprengel, C.	20
Steenstrup, Jap.	19
Steenstrup, P.	18
Testrup, Søren	12
Thaer, A. v.	16
Thomsen, Jul.	20
Tobiesen, L.	19
Tuxen, C. F. A.	27
Tychsen, N.	13
Vollhardt	25
Westermann, Th.	15, 28
Zeise, W. C.	19
Ørsted, H. C.	21

II.

Paavisning af smaa Mængder af Metaller i danske Jord- og Stenarter.

Ved en Række Undersøgelser af forskellige Prøver af Undergrunden af de jyske Heder, som blev udført i 1905—1909, hvorved der blev foretaget kvantitative kemiske Bestemmelser af de saakaldte Plantenæringsstoffer[1], blev jeg opmærksom paa, at naar man anvendte 100 gr Jord, kunde der i det saltsure Udtræk af Prøverne foruden de altid tilstedeværende Stoffer — Kiselsyre, Fosforsyre, Aluminiumilte, Jernilte, Calciumilte, Magniumilte, Natriumilte og Kaliumilte — ofte ogsaa paavises smaa Mængder af Kobber, Nikkel og andre Metaller[2]. Ved den omtalte Række Undersøgelser var der dog ikke Lejlighed til at komme nærmere ind paa denne Side af Sagen, da Bestemmelserne af de egentlige plantenærende Stoffer i Jordbundsextrakterne krævede et saa stort analytisk-kemisk Arbejde for at faa de optagne Hovedspørgsmaal belyste, at Sidespørgsmaal som de nævnte sporadiske Forekomster af saadanne Metaller (eller rettere Forbindelser af dem) i Jordbunden maatte vente.

Ved lejlighedsvis Beskæftigelse med Spørgsmaalet kom der ogsaa Klarhed over, at skulde det behandles paa tilstrækkelig betryggende og udtømmende Maade, maatte det underkastes en ganske selvstændig Undersøgelse, da man er nødt til at arbejde med langt større Vægtmængder af Jordprøver, end man til almindelig Brug ved kvantitative Undersøgelser af Jord kan tage i Arbejde paa engang. Man er desuden ved disse Undersøgelser i en ganske særlig Grad nødt til at stille Fordringer til de i store Mænder anvendte Reagensers Renhed, og tillige maa der benyttes en fra den almindelige analytiske Praksis noget afvigende Apparatur for ikke at faa Jordbundsextrakterne, som man arbejder med undertiden Maaneder igennem, forurenede udefra, maaske med netop de Stoffer — navnlig Kobber — hvis Tilstedeværelse og Mængde man søger at bestemme i de i Arbejde tagne Prøver.

Skønt der i Tidens Løb er kommet et betydeligt Antal Jordprøver fra Danmark i min Besiddelse, var det dog nødvendigt at supplere denne Samling med andre Rækker af Prøver af Jord- og Stenarter, der maatte indsamles rundt om i Landet for saa vidt muligt at faa nogle af de vigtigste Repræsentanter for de forskellige Formationer her i Landet undersøgt.

[1] P. E. Müller, K. Rørdam, Johs. Helms, E. H. Wøldike: „Bidrag til Kundskab om Rødgranens Vækstforhold i midtjysk Hedebund". Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark. 3 .Bd. 1. H. Kbh. 1910.

[2] Anf. Std., S. 141.

Kridtformationens Stenarter er dog ikke blevet inddraget under dette Arbejde. Grunden hertil er, dels at Forf. allerede tidligere — 1897 — har underkastet de fleste af den danske Kridtformations Stenarter en ret indgaaende kemisk Undersøgelse[1], dels at disse Stenarter, som i Reglen indeholder betydelig over 90% $CaCO_3$, næppe kan ventes at give ret meget af de Stoffer, som er blevet eftersøgt i de andre Jordarter, selv om man, naar man tager 3—4 Kg. i Arbejde og gaar frem paa passende Maade, bl. a. i Skrivekridtet fra Stevns Klint kan paavise meget smaa Mængder af Cu og Ni foruden de velkendte Forekomster af Sr og Ba.

Efter at det før omtalte Arbejde om de plantenærende Stoffer i Undergrunden for jysk Hedejord var sluttet, gik jeg i Gang med Spørgsmaalet om Paavisning af smaa Mængder af Metaller i danske Sten- og Jordarter paa følgende Maade. Inden den egentlige Undersøgelse blev udført, maatte der som nævnt foretages nogle forberedende Arbejder vedrørende det destillerede Vands og Reagensernes Renhed.

Forberedende Arbejder.

Den vigtigste Betingelse for at kunne udføre Undersøgelser af omhandlede Art er, at det benyttede destillerede Vand er fuldkommen frit for de Stoffer, som man søger efter.

Det destillerede Vand, der stod til Forfatterens Raadighed, var destilleret paa et almindeligt større fortinnet Kobberdestillationsapparet, forsynet med en indvendig fortinnet Køleslange af Kobber. Destillatet viste sig rent ved Prøve med de almindelige Reagenser, men naar man anvendte større Mængder af Vand, var Forholdet noget anderledes, som følgende Undersøgelser vil vise.

10 cm^3 fortyndet Svovlsyre inddampes i en glødet og vejet Platinskaal til Tørhed, og den brunlige Rest glødes og vejes. Der er dog kun saa lidt tilbage efter Glødningen, at Vægten ikke giver kendeligt Udslag — det vil sige, der er mindre end 0,0001 gr Stof i Glødningsresten.

II. 2000 cm^3 destilleret Vand, hvortil der blev sat 10 cm^3 fortyndet Svovlsyre, blev inddampet til Tørhed i en Platinskaal. Hertil blev benyttet en Lampe af Porcellæn og Trefødder af Jern. Inddampningsresten opløstes i et Par Draaber Saltsyre, og der blev tilsat Ammoniakvand i Overskud. Opløsningen ialt 5 cm^3 blev tydelig blaa som Tegn paa Tilstedeværelsen af Kobber. Et lille Bundfald af Ferrihydroxyd blev frafiltreret, hvorefter Filtratet blev kogt med Na_2CO_3 og Bundfaldet frafiltreret og glødet. Det vejede 0,0017 gr, men indeholdt endnu 0,0001 gr Fe_2O_3, saaledes at der altsaa i 2 Mill. Vægtdele Vand er 1,6 Vægtdele CuO, altsaa 0,8 CuO pr. 1 Mill. Vægtdel Vand.

III. 24 Liter dest. Vand, der havde henstaaet noget længere i den fortinnede Kobberbeholder, gav paa samme Maade 0,0293 gr CuO, altsaa 1,22 CuO pr. Mill. Vægtdele Vand.

[1] K. Rørdam: „Kridtformationen i Sjælland i Terrænet mellem København og Køge og paa Saltholm". D. G. U. II. Række, Nr. 6. Kbhvn. 1897.

IV. 51 Liter Vand, der blev destilleret i Glasdestillationsapparat, gav paa samme Maade i Destillationsresten 0,0600 gr Cu O, altsaa 1,17 Cu O pr. Million Vægtdele Vand.

Det destillerede Vand er altsaa kobberholdigt, naar det fremstilles paa den i Laboratorier almindelige Maade, en Kendsgerning, som allerede tidligere ogsaa er paavist af andre, og som maa tages i Betragtning bl. a. ved nøjagtigere plantefysiologiske Forsøg, hvor større Mængder af saadant Vand benyttes[1].

For at skaffe Vand, der var fuldstændig kobberfrit, blev det destillerede Vand redestilleret i et kontinuerligt virkende Destillationsapparat af Glas forsynet med et Liebigsk Svalerør af Glas. Herved blev vundet Vand, som er absolut frit for tunge Metaller, selv om det maaske nok kommer til at indeholde lidt Alkalier. Da dest. Vands Kogning i Glasapparater paa Grund af Overophedning er tilbøjelig til at foregaa meget uregelmæssig, blev der til Vandet i Destillationskolben sat fortyndet Svovlsyre og en Otto Pettersons Brintudvikler[2], hvorved der foregaar en ganske regelmæssig Kogning, selv om Destillationen fortsættes uafbrudt i Ugevis. Overalt, hvor der i det følgende tales om destilleret Vand, menes saadant redestilleret kobberfrit Vand.

For at være sikker paa Reagensernes Renhed blev der af conc. Saltsyre, conc. Salpetersyre og conc. Ammoniakvand anskaffet større Beholdninger af de reneste Varer, der haves i Handelen. Disse Stoffer blev naturligvis ogsaa prøvet for deres Renhed, som viste sig tilfredsstillende.

200 cm^3 conc. Saltsyre og 200 cm^3 conc. Ammoniakvand fortyndet med 600 cm^3 dest. Vand blev inddampet til Tørhed. Ammoniumkloridet blev glødet bort i Platinskaal. Der efterlades en ringe graalig Rest, der hovedsagelig bestaar af findelt Platin, fremkommet ved Ammoniumkloridets destruerende Virkning paa Platinskaalen under Glødningen. Glødningsresten udtrækkes med lidt fortyndet Saltsyre og spædes op med rent mættet Svovlbrintevand, til det hele har et Rumfang af c. 10 cm^3. Opløsningen henstod i lukket Glas i et Døgn og afsatte et brunligt-graat Bundfald, der øjensynlig for største Delen bestod af Svovl fra Svovlbrinten. Bundfaldet blev frafiltreret, glødet og vejet i en iforvejen glødet og vejet lille Porcellænsdigel. Vægtforøgelsen udgjorde ikke 0,0001 gr, saa der i hvert Fald ikke er mere Kobber i de i Arbejde tagne Stofmængder og sandsynligvis ikke engang Halvdelen, da Digelen, naar den udkoges med ganske lidt fortyndet Saltsyre, giver en næppe synlig Reaktion paa Kobber med Ferrocyankalium. Filtratet fra Svovlbrintebundfaldet blev inddampet til Tørhed i en lille vejet Porcellænsskaal, men Vægtforøgelsen, som Inddampningsresten foraarsagede, beløb sig dog ikke til 0,0001 gr. Ved Opløsning i et Par Draaber fort. Saltsyre gav Bundfaldet dog tydelig Jernreaktion med Kaliumrhodanid.

200 cm^3 conc. Salpetersyre giver efter Neutralisation med Ammoniak ved Ind-

[1] O. Loew: Landwirtsch. Jahrb. 20 (1891) S. 235. E. Schulze: ibid. S. 236.

[2] Otto Petterson & Gustaf Ekman: Kgl. Svenska Vetenskaps-Akadem. Handlingar. Bd. 24. Nr. 11. (Stockholm 1891). S. 17.

dampning og Glødning en uvejelig ringe jernholdig, men kobberfri Rest. De i det følgende ved alle Vægtbestemmelser anvendte Filtre er de bekendte med Saltsyre og Flussyre extraherede saakaldte askefri Filtre fra Carl Schleicher & Schüll i Bonn. Et Filter der er 11 cm i Tværsnit, efterlader ikke mere end 0,00017 gr snehvid Aske, der vistnok kun bestaar af Kiselsyre og Aluminiumilte, og i hvert Tilfælde er frit for tunge Metaller.

Ved Undersøgelserne blev kun benyttet Bunsenske Lamper af Porcellæn eller større Gaskogeapparater helt af Jern. Vandbadene var af Porcellæn. Alle analytiske Redskaber var af Platin, Kvarts, Porcellæn eller Resistensglas, saa at Mulighed for Forurening af Jordopløsningerne gennem det undertiden lange Tidsrum, hvori de var i Berøring med Redskaberne, saavidt muligt var udelukket.

Undersøgelserne.

„It is an old and probably a true saying,
that every element could be detected everywhere,
had we sufficiently delicate tests for it."

Sir William Crookes.
„Select methods". S. 106.

Blandt Haandbøger og Vejledninger, som har været til væsentlig Hjælp under Arbejdets Gang, kan følgende nævnes:

W. F. Hillebrand: „The analysis of silicate and carbonate rocks". U. S. Geol. Survey. Bull. 422. Wash. 1910.

A. Classen: „Augewählte Methoden der analytischen Chemie". Braunschweig 1901.

Wm. Crookes: „Select methods in chemical analysis". London 1905.

G. Krüss: „Specielle Methoden d. Analyse". Hamburg & Leipzig. 1892.

Jos. v. Panayeff: „Verhalten d. wichtigsten seltenen Erden zu Reagentien". Halle. 1909.

G. H. Failyer: „Barium in soils". U. S. Dep. of Agricult. Bull. 72. Wash. 1910.

R. J. Meyer & O. Hauser: „Die Analyse der seltenen Erden und Erdsäuren". Stuttgart. 1912. — Dette Værk udkom dog først efter at Forf.s Arbejde for en væsentlig Del var fuldført.

I det følgende er Prøverne ordnede efter deres geologiske Alder, saaledes at de yngste er anført først. Begyndelsen er gjort med et Stof, der forsaavidt nærmest maa betegnes som et Kunstprodukt, nemlig Jernokker eller Ferrihydroxyd udfældet ved Udluftning af det oppumpede Vand fra de mange Brønde i Københavns Omegn[1], som Kbhvn.s Kommune har ladet bore. Stoffet er dog et paa en ret naturlig Maade udskilt Sekretionsprodukt af Grundvandet.

Dernæst er beskrevet to recente Dyndprøver opfiskede fra Havbunden med „Dr. Petersens Bundhenter"[2] paa en Ekskursion omkring i Issefjordens Forgreninger,

[1] Københavns Vandværk 1859—1909. Hist. Beretn. om Stadens Vandforsyning. København. 1909. S. 107 o. flg.

[2] C. G. Joh. Petersen: Determ. of the quantity of animal life on the sea-bottom etc. Annales de l'Institut océanographique. T. VI.

som jeg i dette Øjemed havde Lejlighed til at foretage med Fiskeriundersøgelsesdamperen „Sallingsund“ ved velvillig Imødekommenhed fra Dr. phil. C. G. Joh. Petersen, Chef for den danske biologiske Station.

Efter Dyndprøverne gaas der over til ældre og ældre Aflejringer for at slutte med Graniten fra Allinge paa Bornholm.

Denne Ordning af Prøverne efter deres geologiske Alder, som maa anses for den naturligste, har imidlertid foraarsaget, at Prøverne ikke er blevet anført i den Orden, hvori de er blevet analyserede. Dette har atter foranlediget den tilsyneladende noget vekslende Fremgangsmaade ved Analysernes Udførelse, hvad der har sin Grund i følgende Forhold. Ved Analyserne, der er udført i Tidsrummet 1909—1912, er der benyttet to noget forskellige Fremgangsmaader. Den første Fremgangsmaade, som Forf. selv har tilrettelagt efter almindelige analytiske Principper, kan kaldes Ammoniakmetoden. Den gaar nærmest ud paa ved Tilsætning af Ammoniakvand at skille den store Mængde i Opløsning værende Aluminiumilte ud, og saaledes beholde de tunge Metaller, som man søger at bestemme kvantitativt, i Opløsning. Da jeg imidlertid ved Tilsendelsen af et Særtryk fra Forfatteren blev bekendt med den af Prof. Julius Petersen tilrettelagte Metode til Analyse af, hvad man sædvanligvis tidligere i Laboratorierne har kaldt „Svovlammoniumbundfaldet“, indsaa jeg straks Fordelene ved at bruge denne fortræffelig gennemtænkte Metode ogsaa ved de her igangværende specielle Undersøgelser. Metoden kan siges nærmest at gaa ud paa at beholde Aluminium i Opløsning ved Tilsætning af Natriumsulfid, Natriumkarbonat og Natriumhydroxyd og at udskille alle andre tilstedeværende Stoffer[1].

Nr. 1. Jernokker, Vandværket Borups Allé.

En større Prøve frisk udfældet geleagtig Jernokker fra Udluftningsapparaterne ved Københavns Kommunes Vandværk i Borups Allé blev lufttørret og finmalet. En mindre Prøve heraf blev underkastet kvalitativ og kvantitativ kemisk Analyse paa almindelig Maade.

Det lufttørre Stof indeholder følgende Bestanddele:

Fe_2O_3	= 44,11 %
Al_2O_3	= 0,17 —
Mn_3O_4	= 5,05 —
$CaCO_3$	= 5,94 —
$MgCO_3$	= 0,21 —
$CaSO_4$	= 0,63 —
CaO	= 0,25 —[2]
Vand & Humus	= 31,63 —
Sand & amorf SiO_2	= 11,77 —
Ialt	= 99,76 %

[1] Julius Petersen: Analyt. Tab. og Oversigter m. Henvisn. til Barfoeds Lærebog i uorg. kval. Analyse. Tillæg.

[2] Bundet til Humussyre.

750,0 gr lufttør Jernokker blev udkogt med stærk Saltsyre og inddampet til Tørhed (tre Gange gentaget). Inddampningsresten blev befugtet med stærk Saltsyre og opløst i kogende Vand. Ved Filtrering efterlades paa Filtret et Bundfald af Humus, Sand og amorf Kiselsyre. Bundfaldet glødes og behandles med 2% holdig Natronopløsning, hvorved den amorfe Kiselsyre opløses. Der bliver tilbage 22,16 gr Sand (= 3,05%). Under Mikroskopet ses Sandet at bestaa af finkornet Kvarts med en ringe Mængde Feldspat, Glimmer og Hornblende.

Saltsyreopløsningen, der for største Delen bestaar af Ferriklorid bliver udrystet med Æter efter Rothes Metode[1]. Den omtrent jernfri vandige Opløsning bliver ved Inddampning befriet for Størstedelen af Saltsyreoverskudet. Ved Fortynding bliver Opløsningen uklar af udskilt Titansyre, der efter Henstand frafiltreres. Opløsningen inddampes stærkt, udrystes atter med Æter og behandles videre som ovenfor beskrevet. Denne Behandling gentages ialt fire Gange, saa at man til Slut har en saa godt som fuldkommen jernfri Opløsning. Opløsningen fældes med Svovlbrinte, hvorved der faas et sort Bundfald af Kobber- og Blysulfid, der opløses i Salpetersyre og skilles ved Inddampning med Svovlsyre og Fortynding. Kobberet fældes i Filtratet fra Blysulfatet ved Tilsætning af Natriumkarbonat.

Filtratet fra Svovlbrintebundfaldet fældes med Natronhydrat og Natriumsulfid. Bundfaldets Farve er som Mangansulfids. I den natriumsulfidholdige Opløsning findes noget Aluminiumoxyd, men ikke Vanadin opløst. De frafiltrerede fældede Sulfider behandles med fortyndet Saltsyre, hvorved der efterlades et sort Bundfald af Sulfider af Co, Ni, Zn. Opløsningen i Saltsyre indeholder meget Mangan, men et næppe nok paaviseligt Spor af Zink.

Kobolt-, Nikkel- og Zinksulfidet opløses i Kongevand og inddampes til Tørhed, opløses i Vand under Tilsætning af lidt Salpetersyre, hvorefter Kobolt udskilles som Kalium-Kobolt-Nitrit og vejes som Co_3O_4. I Filtratet udskilles efter Inddampning med Saltsyre Nikkel med Natronhydrat og vejes som NiO. Zink udfældes som Sulfid, opløses og udfældes med Natriumkarbonat og vejes som ZnO. For Zink gøres Kontraprøve ved Dannelsen af Rinmans Grønt. For Kobolt giver Gloderesten meget tydelig Kontrareaktion ved Tilsætning af to Draaber conc. Saltsyre til det i Digelen værende Co_3O_4, der udgør ialt 0,0025 gr. For Nikkel gøres Kontraprøve ved at opløse det glødede Ni O i Saltsyre. En enkelt Draabe af Opløsningen giver meget tydelig Reaktion med Diacetyldioxim og Ammoniakvand[2].

De samlede Bundfald af Titansyre blev smeltet med Natriumpyrosulfat og Smeltekagen opløst i Vand i en Rysteflaske. Opløsningen blev filtreret, og Bundfaldet paany smeltet med Pyrosulfat, paany opløst i Vand o. s. v., hvilket blev gentaget ialt tre Gange, indtil Opløsningen ikke mere viste Titanreaktion ved Tilsætning af Brintperoxyd. Titansyreopløsningen blev kogt med Natriumacetat, Eddikesyre og lidt Svovlsyrling. Zirkonsyre kunde ikke paavises i den saa-

[1] Classen: Anf. Sted. Bd. 1. S. 495.

[2] L. Tschugajeff: „Ueber ein neues empfindliches Reagens auf Nickel". Ber. d. d. chem. G. 1905. Bd. III. S. 2520. Stoffet kaldes ogsaa α-Dimethylglyoxim.

ledes udskilte, glødede og vejede Titansyre, naar Hillebrands Metode blev benyttet[1].

Paa ovenanførte Maade blev følgende Stofmængder paavist i Jernokkeren fra Vandværket:

Beregnet for 1000,0 gr lufttør Jernokker:

Cu O	= 0,0099 gr	$Co_3 O_4$	= 0,0033 gr
Pb O	= 0,0181 -	Zn O	= 0,0013 -
Ni O	= 0,0267 -	$Ti O_2$	= 0,0252 -

Nr. 2. Dynd fra Holbækfjord.

Dyndprøven er opfisket den 21de Maj 1909 paa 5 Meters Vanddybde i Holbækfjord nær Udløbet i Issefjord. Ved Optagelsen var Prøven sort af Ferrosulfid, reagerede surt og lugtede af Svovlbrinte. Af synlige Organismerester indeholdt den kun Skaller af *Scrobicularia*, der saavidt muligt blev fraskilte. Prøven blev derefter lufttørret og fintmalet.

Der tages 1000,0 gr i Arbejde af det lufttørre Stof, der behandles med 200 cm^3 conc. Saltsyre, 50 cm^3 conc. Salpetersyre og 500 cm^3 Vand. Opløsningen, der skummer stærkt, inddampes gentagne Gange til Tørhed med Saltsyre, behandles med et Par Liter saltsyreholdigt Vand og filtreres. Den filtrerede Opløsning og Vaskevandet inddampes stærkt og udskiller Gibs, hvorfor der tilsættes et Rmf. Alkohol, og filtreres efter Henstand. Gibsen indeholder ikke paaviselige Mængder af Strontium eller Barium.

Opløsningen inddampes stærkt under stadig Udskillelse af Gibs. Ferriklorid udrystes af Opløsningen med Æter, som tidligere omtalt. Æterbehandlingen maa gentages tre Gange efter fornyet stærk Inddampning og Tilsætning af conc. Saltsyre.

Den ganske jernfri Opløsning fældes med Overskud af Ammoniak under Tilsætning af Bromvand for at udskille Manganet sammen med Aluminiumhydroxydet.

Bundfaldet behandles med Eddikesyre, hvorved Manganilterne bliver uopløst tilbage paa Filtret, medens Al $(O H)_3$ opløses. Manganilterne opløses ved Kogning med stærk Saltsyre, hvorefter der tilsættes Ammoniakvand, og en lille Rest af Aluminiumhydroxyd kan frafiltreres. Af Opløsningen fældes Mn ved Kogning med Bromvand og bestemmes som Mn_3O_4 ved Glødning.

Da Hillebrand har vist[2] at: „For all practical purposes it is probably safe to assume that the small amounts of vanadium met with in rocks are wholly in the alumina precipitate", blev den aluminiumholdige Opløsning fældet med Ammoniumsulfid og filtreret. Filtratet blev gjort surt med Eddikesyre. Det udskilte noget brunfarvede Svovl efterlod ved Glødning et lille sort Bundfald, som ikke var vanadinholdigt, men bestod af Ni O, der blev føjet til den senere omtalte Hovedportion. Aluminiumhydroxydet, der var fældet med Ammoniumsulfid, blev opløst i fortyndet

[1] W. F. Hillebrand: Anf. Std. S. 141.

[2] Anf. Std. S. 110.

Svovlsyre og efterlod et lille Bundfald af Ni S. Aluminiumopløsningen kogtes under Tilsætning af Ammoniumacetat, hvorved der blev udskilt Titansyre, som blev frafiltreret.

I det første ammoniakholdige Filtrat fra Aluminium- og Manganilterne fandtes Kobber, Kobolt og Nikkel samt lidt Titansyre. Kobberet blev udskilt med Svovlbrinte, efter at Væsken var inddampet næsten til Tørhed og gjort sur med Saltsyre. I Filtratet kunde lidt Titansyre udskilles med Ammoniak, og i Filtratet herfra blev Nikkel og Kobolt udfældet som Sulfider. Sulfiderne blev opløste i Kongevand og Kobolt og Nikkel adskilt paa sædvanlig Maade. Ogsaa i Kobbersulfidet, der var udfældet med Svovlbrinte, fandtes lidt Titansyre, der blev fraskilt ved at opløse det glødede Cu O i Salpetersyre. Det samlede Bundfald af Ti O_2 blev smeltet med Natriumpyrosulfat. I Opløsningen heraf, der blev gjort stærk eddikesur, blev Titansyre udfældet ved Kogning.

Det viste sig, at der i Filtratet fra Ti O_2 endnu fandtes et Stof, der maatte være Ceriumilte, da det ved Tilsætning af Ammoniak og Brintperoxyd gav et kanariegult Bundfald. Opløsningen heraf i Saltsyre blev i sur Væske fældet med Ammoniumoxalat, frafiltreret, glødet og vejet. En Kontrolprøve ved Tilsætning af Strykninsulfat og conc. Svovlsyre gav en tydelig Ceriumreaktion: violet Farve[1].

Ialt blev i 1000,0 gr lufttør Dynd fundet:

Cu O	= 0,0172 gr	
Co_3O_4	= 0,0058 -	Tydelig Kontrapr.[2]
Ni O	= 0,0620 -	
Mn_3O_4	= 0,0898 -	
Ce_3O_4	= 0,0083 -	
Ti O_2	= 0,0700 -	

Zink kunde jeg ikke paavise, derimod forekommer maaske nok Bly, som dog ikke blev paavist med Sikkerhed.

Nr. 3. Dynd fra Bramsnæsvig.

Dyndprøven er opfisket 20de Maj 1909 paa 8 Meters Vanddybde udfor Søminestationen i Bramsnæsvig i Issefjord. Prøven er af samme Beskaffenhed som Nr. 2, men i fugtig Tilstand saa overordentlig voluminøs — geleagtig — at c. 3 Liter kun giver en Rest af lufttørt Stof paa 271,5 gr. Denne Vægtmængde behandles paa samme Maade som Nr. 2 og giver:

Cu O	= 0,0088 gr
Ni O	= 0,0046 -
Co_3O_4	= forekommer, men under 0,001 gr
Mn_3O_4	= ikke bestemt i denne Portion.
Ti O_2	= 0,1918. Cerium kunde ikke paavises.

[1] Pflugge's Reaktion for Ce_3O_4 — Ztschr. f. analyt. Chem. **32**. 327.

[2] C. Reichard: „Beiträge zur Kenntnis der Metalreaktionen". Chem. Ztg. **30**. P. 556—57. 6/6 06.

Beregnet for 1000 gr bliver det:

$Cu\ O$ = 0,0324 gr
Co_3O_4 = paaviselig.
$Ni\ O$ = 0,0169 gr
Mn_3O_4 = 0,2760 - best. særskilt i 25 gr Stof.
$Ti\ O_2$ = 0,7064 -

Nr. 4. Kildekalk fra Torup ved Ulslev.

Graabrun, jordagtig Kildekalk modtaget til Analyse fra Konsulent M. KRISTENSEN, Skanderborg. Prøven stammer fra en Forekomst i Torup pr. Ulslev, hvor den graves og benyttes som Jordforbedringsmiddel[1]. I lufttør Tilstand indeholder Stoffet:

3,5 % Vand (gaar bort ved 100°)
67,0 % $Ca\ C\ O_3$
4,2 % Sand

Resten er Humus og Ferrihydroxyd m. m.

Af det lufttørre Stof tages 1000,0 gr i Arbejde. Det behandles med netop den nødvendige Mængde 10 % holdige Saltsyre til at opløse Calciumkarbonatet. Herved vindes:

I. En Opløsning, II. Et Bundfald, som frafiltreres og udvaskes.

I. Opløsningen. Efter stærk Inddampning og Iltning med Bromvand af den af Humus noget brunfarvede Væske tilsættes den beregnede Mængde Svovlsyre, saa at al Kalken kan omdannes og tildels udfældes som Gibs, der frafiltreres[2]. Væsken inddampes stærkt under stadig Gibsudskillelse. Til Slutningen haves et Rumfang af c. 100 cm^3 Opløsning, der sættes til Opløsningen af Bundfald II.

II. Bundfaldet. Glødes svagt i Muffel for at bortbrænde Humus. Udkoges med 200 cm^3 conc. Saltsyre og 10 cm^3 conc. Salpetersyre. Filtreres, udvaskes. Behandlingen gentages tre Gange, til der ikke opløses mere.

Den uopløste Rest vejer 42,3 gr og bestaar af ganske rent Kvartssand.

Opløsningen inddampes til Tørhed med Saltsyre gentagne Gange for at fordrive Salpetersyren. Til Slutning opløses i Vand og filtreres fra lidt udskilt Gibs. Opløsningen gøres stærkt saltsur, og Ferrikloridet udrystes med Æter efter Rothes Metode. Opløsningen inddampes paany, udrystes atter med Æter o. s. v., hvilket gentages ialt 4 Gange, indtil Opløsningen er næsten jernfri.

Opløsningen fældes med Svovlbrinte og giver et Bundfald III og en Opløsning IV.

[1] Prøven er fra Randers Amts Husholdningsselskab. Beskrivelse i: „Vejledning for de Besøgende". Foreningen af jyske Landboforeningers Planteavls Udstilling i Aarhus. 1909. XI. Mergeludstillingen. S. 87.

[2] A. CLASSEN: Anf. Std. Bd. I. S. 102.

III. Svovlbrintebundfaldet opløses i Kongevand og giver:

$PbSO_4$ = 0,0475 gr
Bi_2O_3 = 0,0029 - Tydelig Kontrapr. med H_2O_2 og NaOH
CuO = 0,0748 -

IV. Filtratet fra Svovlbrintebundfaldet behandles med Natronhydrat og lidt Natriumsulfid. Giver en Opløsning V og et Bundfald VI.

V. Opløsningen (indeholder meget Al) gøres svagt sur med fortyndet Saltsyre, hvorved udfældes et Bundfald af Svovl, der er lidt brunlig farvet. Man maatte formode, at der var Vd, men det forekommer ikke, men Bdf. giver ved Glødning 0,0006 gr CuO.

VI. Bundfaldet behandles med 5% holdig Saltsyre og giver et Bundfald VII og en Opløsning VIII. Fældningen og Opløsningen gentages.

VII. Bundfaldet. Intet Spor af Kobolt, men Nikkel og lidt Zink. NiO = 0,0249 gr, Zn-Opl. føjes til VIII.

VIII. Opløsningen inddampes stærkt, og noget Gibs fraskilles med Svovlsyre. Opl. fældes med NaOH.

IX. Opløsningen, der indeholder Zink, fældes med Eddikesyre og H_2S. Zinksulfidet omdannes til Karbonat og glødes.

Zn O = 0,0068 gr. Kontrapr. Rinmans Grønt.

X. Bundfaldet opl. i Saltsyre og fældes med Ammoniak, hvorved lidt Ferrihydroxyd og Calciumfosfat kan fraskilles. Af Opløsningen fældes Mangan med Bromvand.

Mn_3O_4 = 0,8395 gr.

Da der maatte bruges c. 4 ltr. Æter til at extrahere $FeCl_3$, blev Æteropløsningen afdestilleret under Tilsætning af Vand, og den vandige Opløsning fældet med H_2S. Ved Glødning af det udskilte Svovl efterlodes der en Rest, der indeholdt 0,0153 gr CuO, men ikke andre Metaller.

Titansyre kunde ikke paavises i Opløsningen, ejheller i en særskilt fremstillet Opløsning af 100,0 gr af Kildekalken, som derimod gav 0,0870 gr Mn_3O_4 i ret god Overensstemmelse med den i Hovedportionen fundne Mængde.

I 1000 gr Stof fandtes altsaa:

PbO	= 0,0349 gr	NiO	= 0,0249 gr
CuO	= 0,0901 -	ZnO	= 0,0068 -
Bi_2O_3	= 0,0029 -	Mn_3O_4	= 0,8395 -

Nr. 5. Moræneler, Bernstorfsvej i Gentofte Sogn.

En Prøve af blaagraat meget kalkholdigt Moræneler blev indsamlet i Oktober 1911 i Bunden af den store Viaduktudgravning ved Jernbaneoverskæringen af Bern-

storfsvej i Gentofte Sogn. Af den knuste Prøve borttages ved Sigtning Sten over 2 mm i Tværsnit og Finjorden benyttes til Analyse. To Forsøg gav henholdsvis 8,83 % og 8,86 % CO_2 altsaa 20,0 % $CaCO_3$. Ved Tørring ved 100° tabes 0,82 % hygroskopisk Vand.

1000,0 gr Finjord udtrækkes med netop den nødvendige Mængde 10 % holdige Saltsyre til at opløse Karbonaterne og giver en Opløsning I og et Bundfald II.

I. Opløsningen af væsentlig $CaCl_2$ fældes med ganske rent Kalkvand, og et lille derved opstaaet Bundfald sættes til II.

II. Bundfaldet udkoges med 200 cm^3 conc. Saltsyre og 10 cm^3 conc. Salpetersyre + 200 cm^3 Vand. Opløsningen filtreres og Udkogningen gentages 3 Gange. Den filtrerede Opløsning inddampes med Saltsyre gentagne Gange, til den er salpetersyrefri, og fortyndes med Vand, hvorved der udskilles noget TiO_2, der borttages. Opløsningen gøres stærkt saltsur og $FeCl_3$ udrystes med Æter. Opløsningen fældes med H_2S. Bundfaldet frafiltreres.

III. Æteropløsningen af $FeCl_3$ destilleres efter Tilsætning af Vand og i Remanensen udfældes med H_2S lidt Sulfid, der giver:

$$CuO = 0{,}0094 \text{ gr.}$$

IV. Svovlbrintebundfaldet behandles paa tidligere angiven Maade og giver:

CuO = 0,0219 gr
$PbSO_4$ = 0,0053 - Meget tydelig Kontrapr. med NaOH og Kromat.

V. Filtratet fra Svovlbrintebundfaldet behandles med NaOH, Na_2S og lidt Na_2CO_3. En Opl. VI og et Bundf. VII.

VI. Opløsningen indeholder kun Al ikke Vd.

VII. Bundfaldet behandles med 5 % hold. Saltsyre. Et Bdf. VIII af Nikkel- og Koboltsulfid, der opløses i Kongevand og skilles paa sædvanlig Maade. Der findes:

Co_3O_4 = 0,0029 gr Kontrap. med Metylam. klorid.
NiO = 0,0108 - . . . . . Diacetyldioxim.

IX. Opløsningen i 5 % Saltsyre fældes med NaOH og lidt Na_2CO_3. I Opløsningen lidt Zinkoxyd, dog under 1 mgr.

X. Bundfald. Opløses i Saltsyre og fældes med NaOH og Natriumperoxyd, hvorved Manganet fældes, og Kromet gaar i Opl.

$$Mn_3O_4 = 0{,}0165 \text{ gr.}$$

Opløsningen af Natriumkromat gøres sur med Saltsyre og reduceres med SO_2, hvorefter Kromet fældes med NaOH.

$$Cr_2O_3 = 0{,}0107 \text{ gr.}$$

De samlede Titansyrebundfald smeltes med $Na_2S_2O_7$ og opløses i Vand. TiO_2 udskilles under Kogning med Eddikesyre.

$$TiO_2 = 0{,}8690 \text{ gr.}$$

I 1000,0 gr Moræneler fra Bernstorfsvej findes altsaa:

PbO	= 0,0039 gr	Mn_3O_4	= 0,0165 gr
CuO	= 0,0313 -	Cr_2O_3	= 0,0107 -
Co_3O_4	= 0,0029 -	ZnO	= paavist (under 0,001 gr)
NiO	= 0,0108 -	TiO_2	= 0,8690 gr

Det maa dog bemærkes, at Opløsning VI, der som angivet indeholder Al, naar den gøres sur med Svovlsyre, ved Henstand afsætter et Bundfald af Svovl, der er lidt mørkere farvet end rent Svovl. Det efterlader ved Glødning en yderst ringe Rest, der ved meget stærk Glødning farver Digelens Glasur rosarød og derfor sandsynligvis er Guld.

Nr. 6. Moræneler, Tyregod Sogn, Nørvang Herred.

En større Prøve af Moræneler, der blev benyttet som Mergel, blev i Foraaret 1909 modtaget fra Gaardejer Thomas Sørensen i Tyregod Sogn. Efter Lufttørring blev Jordarten knust og sigtet gennem 2 mm Sigten. Finjorden blev benyttet til Analyse.

1000,0 grm afvejes, og der tilsættes fortyndet Saltsyre, til Brusningen er ophørt. Den frafiltrerede Opløsning fældes med rent Kalkvand, og det udvaskede Bundfald sættes til det kalkfri Ler. Dette udkoges med 200 cm^3 conc. Saltsyre og 10 cm^3 conc. Salpetersyre og filtreres efter Fortynding. Behandlingen gentages 3 Gange.

Opløsningen inddampes med Saltsyre til Tørhed gentagne Gange, til den er salpetersyrefri. Ved Opløsning i saltsyreholdigt Vand, udskilles meget, men uren (jernholdig) Titansyre, der frafiltreres.

$FeCl_3$ borttages med Æter. Behandlingen maa som tidligere beskrevet gentages flere Gange, og hver Gang kan efter Inddampning og paafølgende Fortynding paany borttages mere TiO_2.

Æteren afdestilleres efter Vandtilsætning, og i Remanensen fældes med H_2S et Bdf., som sammen med en stor Mængde S indeholder lidt CuS, der omdannes til Oxyd:

CuO = 0,0014 gr.

Den med Æter fra $FeCl_3$ befriede Opløsning maa inddampes stærkt for at faa Overskud af Saltsyre bort. Ved Fortynding udskilles atter TiO_2, der borttages. Da den udfældede TiO_2 ikke kan frafiltreres, men maa fraskilles ved Dekantering, tager Titansyre-Separeringen meget lang Tid, men kan vanskelig undgaas, da man ikke kan holde Titansyre i Opløsning uden et meget stort Overskud af Saltsyre, og dette virker hindrende ved de andre Stoffers Adskillelse.

Den jernfri Hovedopløsning fældes med H_2S. Bundfaldet og Filtratet fra Svovlbrintebundfaldet behandles som angivet i Nr. 5.

De samlede Titansyrebundfald smeltes med $Na_2S_2O_7$, opløses i Vand i en Flaske

i Rysteapparat og fældes ved Kogning med Eddikesyre. Saaledes udskilt lader Titansyren sig let frafiltrere og udvaske.

I 1000,0 gr Moræneler fandtes:

CuO	= 0,0315 gr	Mn_3O_4	= 0,3806 gr
PbO	= paavist (under 0,001 gr)	Cr_2O_3	= 0,0144 -
Co_3O_4	= 0,0074 gr	TiO_2	= 1,1529 -
NiO	= 0,0290 -	ZnO	= paavist (under 0,001 gr).

Nr. 7. Hedesand, Høgildgaards Plantage S. for Herning.

A. Fra Undergrunden c. 2 m under Overfladen optoges 16/8 1906 en Prøve til Undersøgelse for Indholdet af Plantenæringsstoffer[1]. Jordarten er gulgraat leret Sand med meget faa og smaa Sten. Sten over 6 mm udgjorde kun 0,8 % af hele Prøven. En Prøve paa 100,00 gr blev ekstraheret med Saltsyre og bagefter med 2 % Natronopløsning. Ved Analyse af disse Ekstrakter ved en paa andet Sted udførlig omtalt Fremgangsmaade[2] blev jeg opmærksom paa Tilstedeværelsen af Cu, Ni m. m., hvad der som tidligere anført gav Anledning til, at jeg tog hele Spørgsmaalet om disse Stoffers Forekomst i andre danske Jord- og Stenarter op til Behandling.

100,00 gr Sand viste sig at indeholde følgende Stofmængder:

CuO	= 0,0023 gr.	Au formodes at være tilstede. Dgl. rosafv.
NiO	= 0,0028 -	Co kan paavises ved at opl. NiO i Boraxperlen.
Fe_2O_3	= 0,8420 -	Vd paavist med Sikkerhed.
Al_2O_3	= 1,0877 -	
Mn_3O_4	= 0,0077 -	
CaO	= 0,0049 -	
MgO	= 0,0453 -	
K_2O	= 0,0690 -	Lithium kan paavises.
Na_2O	= 0,0314 -	
SiO_2	= 1,5928 -	
TiO_2	= 0,0432 -	
P_2O_5	= 0,0044 -	
Ialt opløst	= 3,7313 gr	

Da der som nævnt blev paavist Tilstedeværelsen af Vanadin i Ekstrakten af 100 gr Sand, blev hele den forhaandenværende Beholdning af den omhandlede Jordart — ialt 1500 gr — ekstraheret med Saltsyre, og i Ekstrakten blev de fleste andre af de tilstedeværende Stoffer skilt ud med Ammoniak og Ammoniumsulfid.

Den sulfidholdige Opløsning er kirsebærrød af Vanadinsulfid, der kan udfældes

[1] P. E. Müller m fl.: „Det forstlige Forsøgsvæsen". III. Bd. 1 H. Beskrivelse af Jordbunds-Profilet findes S. 132.

[2] Sm. Std. S. 141 og flg. findes Beskr. af Fremgangsmaaden.

af Opløsningen ved at gøre den sur. En lille Rest, der bliver tilbage i Opløsningen, udvindes ved Inddampning og gentagen Fældning.

Af 1500 gr Sand vandtes 0,0258 gr Vd_2O_5. Hvis der var Au i Sandet, maatte det ved den benyttede Fremgangsmaade findes sammen med Vanadinet. Helt sikre Beviser paa dets Tilstedeværelse kan dog ikke anføres, ud over den stærke rosa Farve, som Diglen, hvori Vanadinsyren har været glødet, vedbliver at beholde efter Behandling med conc. Saltsyre.

B. En større Prøve af Undergrunden fra Høgildgaards Plantage fra en Udgravning, beliggende umiddelbart op til den foregaaende Lokalitet, blev ved velvillig Imødekommenhed tilstillet mig af Hr. Forstcand. HEINETH.

Denne Jordart var ogsaa meget stenfattig, og næsten alle de Sten, der forekom i Prøven, som var taget 2 m under Overfladen, var stærkt sandslidte Kvartsiter eller Sandsten.

1000,0 grm Sand, hvorfra Sten over 6 mm var borttagne, blev udkogt med Saltsyre og lidt Salpetersyre, filtreret, atter udkogt o. s. v. ialt 3 Gange, til Væsken ikke mere farvedes gul af opløst $FeCl_3$.

Saltsyreekstrakten inddampes til Tørhed med conc. Saltsyre gentagne Gange, til Salpetersyren er uddrevet, fortyndes og filtreres fra den udskilte SiO_2 og TiO_2.

Filtratet inddampes stærkt og $FeCl_3$ udrystes med Æter.

I. Æterekstrakten viser sig kun at indeholde $FeCl_3$ og ingen andre Metaller.

II. Den vandige Rest fra Æterekstrakten udskiller mere TiO_2 ved Indd. og Fort. Filtratet fældes med H_2S.

III. Svovlbrintebdf. indeholder kun CuS, der omdannes til CuO.

IV. Filtratet fra Svovlbrintebdf. inddampes og koges efter Tilsætning af Am. acetat, hvorved der udskilles TiO_2, som borttages.

Det stærkt inddampede Filtrat er grønt af Ni. Opløsningen fældes med NH_3 og $(NH_4)_2S$ og filtreres.

V. Svovlambdf. behandles som sædvanlig og giver NiO og Mn_3O_4. Kobolt og Zink forekommer, men i saa ringe Mængder, at Vejningsbestemmelse er usikker.

VI. Filtratet fra Svovlambdf. giver ved at gøres sur Vanadinsulfid, der omdannes til Vd_2O_5. Filtratet fra Vanadinsulfid giver efter Inddampning og Glødning og Bortskaffelse af Ca og Mg Alkalierne som Sulfater.

I Alkalisulfaterne bestemmes Li_2SO_4 — ialt 0,0076 gr — paa den af HILLEBRAND[1] — efter Gooch — angivne Maade.

De samlede Titansyre-Bundfald behandles til Titansyrens Rensning med $Na_2S_2O_7$, Opløsning i Vand og Fældning ved Kogning med Eddikesyre. I den glødede og vejede TiO_2 bestemmes Zirkkonsyre som Ortofosfat, efter den af HILLEBRAND — efter G. H. BAILEY — tilrettelagte Metode[2].

[1] HILLEBRAND: Anf. Std. S. 175.
[2] „ Anf. Std. S. 141.

1000,0 grm Sand indeholder:

CuO = 0,0130 gr
NiO = 0,0216 -
Co_3O_4 = } forekommer
ZnO = }

Mn_3O_4 = 0,0666 gr
Vd_2O_5 = 0,0058 -
TiO_2 = 0,2930 -
ZrO_2 = 0,0015 -
LiO_2 = 0,0021 -

Nr. 8. Diluvialler, Feldborg.

A. Graat, stenfrit, lagdelt, kalkholdigt Dilluvialler fra en større Mergelgrav S. for Skovridergaarden i Feldborg Statsplantage blev i Januar 1907 modtaget til Analyse ved velvillig Imødekommenhed fra Hr. Skovrider Helms i Feldborg.

Jordarten er fuldstændig stenfri. Den blev trykket itu og lufttørret. Den lufttørre Prøve indeholder:

Hygroskopisk Vand = 3,60 %
CO_2 = 16,25 % = 36,93 % $CaCO_3$
K_2O = 0,16 % } opl. i conc. Saltsyre.
P_2O_5 = 0,20 % }

Ved Slemning med Schönes Apparat viser det sig, at alle Partikler i Jordarten har en Kornstørrelse under 0,01 mm.

1000,0 gr lufttørt Ler udrøres i 1 ltr. Vand, og der tilsættes den beregnede Mængde Saltsyre. Opl. af $CaCl_2$ frafiltreres, og Bundfaldet udvaskes. Opl. og Vaskevand inddampes og gøres alkalisk med lidt ren Kalkmælk. De udskilte Hydroxyder af Jern m. m. opløses i Saltsyre og sættes til det kalkfri Ler.

I. Opløsningen af $CaCl_2$ fældes derefter med Svovlsyre. Sulfatet udvaskes og omdannes til Nitrat. Dette behandles med Æter-Alkohol, men Strontium og Barium kunde ikke paavises.

II. Det for Calciumkarbonat befriede Ler behandles med HCl og lidt HNO_3 paa den ved de tidligere nævnte Prøver angivne Maade. SiO_2 og TiO_2 fraskilles. $FeCl_3$ udrystes med Æter, mere TiO_2 udskilles af den vandige Opløsning og denne fældes efter Inddampning og Fortynding med Vand med H_2S.

III. Svovlbrintebdf. Heri findes Bly og Kobber.

$PbSO_4$ = 0,0013 gr. Meget tydelig Kontrapr. som Kromat.
CuO = 0,0175 -

Af Filtratet fra Svovlbrintebdf., der er blevet stærkt inddampet, udskilles ved Kogning efter Tilsætning af Am. acetat mere TiO_2, der frafiltreres. Det stærkt inddampede Filtrat fældes med NH_3 og $(NH_4)_2$ S og filtreres.

IV. Svovlambdf. behandles som sædvanlig og indeholder: Kobolt, Nikkel, Zink, Mangan og Krom.

V. Filtratet fra Svovlambdf. Heri kan ikke paavises Vanadin med Sikkerhed, men paa tidligere beskreven Maade udvindes af Alkalisulfaterne Lithiumsulfat: Li_2SO_4 = 0,0023 gr, der giver meget tydelig Flammereaktion og Spektrum af Li, men dog næppe er helt kalifrit.

VI. Det samlede Bdf. af uren TiO_2 smeltes sammen med $Na_2S_2O_7$, og ren TiO_2 udskilles paa tidligere angiven Maade.

I 1000,0 gr Ler findes:

CuO	= 0,0175 gr	Mn_3O_4	= 0,4576 gr
PbO	= 0,0009 -	Cr_2O_3	= 0,0488 -
NiO	= 0,0119 -	TiO_2	= 0,7524 -
Co_3O_4	= 0,0109 -	$Zr\ O_2$	= ?
ZnO	= 0,0598 -	Li_2O	= paavist.

B. En Prøve fra samme Lokalitet, men fra et andet Sted i Lergraven blev behandlet paa væsentlig samme Maade og gav følgende Resultat:

CuO	= 0,0274 gr	Mn_3O_4	= 0,4021 gr
PbO	= 0,0033 -	Cr_2O_3	= 0,0494 -
NiO	= 0,0191 -	TiO_2	= 0,7060 -
Co_3O_4	= 0,0184 -		
ZnO	= 0,0448 -		

Nr. 9. Miocænt Glimmerler.

En Prøve af brunt, kalkholdigt, miocænt Glimmerler, der blev benyttet som Mergel fra en Grav hos Gartner A. C. Andersen, Hjulkærhus ved Rødkærsbro, blev modtaget i Sommeren 1909 fra Silkeborg Omegns Landboforening gennem Konsulent M. Kristensen i Skanderborg.

Prøven indeholder 3,74 % hygroskopisk Vand (Tørretab ved 100°) og 26,0 % $CaCO_3$.

1000,0 gr lufttørt Ler glødedes svagt i Muffel for at bortbrænde de i rigelig Mængde tilstedeværende brunkulagtige organiske Stoffer.

Den gulrøde Glødningsrest blev derefter ekstraheret paa sædvanlig Maade med HCl & HNO_3. Opløsning og Vaskevand inddampes stærkt, noget TiO_2 udskilles og borttages, og $FeCl_3$ udrystes med Æter. Mere TiO_2 udskilles af den vandige Opløsning, der inddampes, saa at det store Overskud af HCl gaar bort, hvorefter den fortyndes og fældes med H_2S. Af Opløsningen af $FeCl_3$ i Æter vindes efter Æterens Afdampning under Vandtilsætning med H_2S sammen med Svovl 4,$_3$ mgr CuO (som CuS), der føjes til Svovlbrintebdf.

I. Svovlbrintebdf. Behandles som sædvanlig og giver:

$PbSO_4$ = 0,0179 gr
Bi_2O_3 = 0,0012 -
CuO = 0,0251 -

II. Filtratet fra Svovlbrintebdf. inddampes og TiO_2 udskilles. Filtratet fældes med Na_2S og giver en Opløsning III og et Bundfald IV.

III. Opløsningen indeholder kun Al og ikke Vd.

IV. Bdf. indeholder Co, Ni, Zn, Mn og Cr.

Stofferne adskilles paa den sædvanlige Maade efter den tidligere omtalte af Julius Petersen tilrettelagte Metode. Der er dog for meget Mn til at faa en nøjagtig Bestemmelse, og dette Stof bestemmes derfor i en lille Portion.

2,0580 gr Ler giver 0,0084 gr Mn_3O_4 = 0,41 %.

Det samlede Bdf. af TiO_2 smeltes med $Na_2S_2O_7$, og rent TiO_2 udskilles som sædvanlig ved Kogning af den opløste Smeltekage med SO_2 og Eddikesyre.

I 1000,0 gr lufttørt Ler findes:

PbO	= 0,0083 gr	Mn_3O_4	= 4,082.. gr
Bi_2O_3	= 0,0012 -	Cr_2O_3	= 0,0495 -
CuO	= 0,0251 -	TiO_2	= 0,0234 -
Co_3O_4	= 0,0028 -		
NiO	= 0,0207 -		
ZnO	= 0,0010 -		

Det bemærkes, at der trods de ringe Mængder kunde faas tydelige Kontraprøver for Bi, Co og Zn ved de tidligere angivne Maader.

Nr. 10. Alunjord eller sort Glimmerler.

I Marts 1907 modtog jeg en større Prøve af tertiært — vel nok miocænt — sort Glimmerler eller Alunjord fra Hr. Proprietær Thierry, Over-Løgstrup i Lavrbjerg Sogn, Randers Amt. Jordarten er ganske stenfri, men noget sandet og indeholder omtrent ½ % i Vand opløselige Salte — væsentlig Jernvitriol og Gibs — hidrørende fra forvitrende Svovlkis. I lufttør Tilstand afgiver en Prøve af Jordarten 2,75 % ved Tørring ved 100°, men da Fe^{II} ved Opvarmningen delvis iltes til Fe^{III}, er Bestemmelsen ikke helt rigtig.

1000,0 gr lufttør Alunjord afvejes til Analyse og behandles med HCl & HNO_3 som sædvanlig. $FeCl_3$ udrystes med Æter, og den næsten jernfri vandige Opløsning, der befries for noget TiO_2, fældes med H_2S. Filtratet fra Svovlbrintebdf. fældes med NH_3 og $(NH_4)_2S$.

I Svovlammoniumbdf. findes Ni, Co, Mn, Cr, Zn og Ti. Filtratet fra Svovlammoniumbdf. giver ved at blive gjort surt med HCl i ringe Overskud et Bdf. af

Svovl, der er noget mørktfarvet og ved Glødning efterlader en sortrød Rest. Ved at udkoge denne med Saltsyre opløses lidt Jern- og Nikkelilte. Tilbage i Digelen bliver en ringe Rest, der trykket med Agat under en stærk Lupe viser ganske utvivlsomme Skæl af metallisk Guld. Det er dog endnu blandet med noget uopløst kohærent Fe_2O_3, og da hele Bdf. ikke vejer 0,001 gr, er det ikke vel muligt at foretage yderligere Reaktioner dermed. I det surgjorte og filtrerede Filtrat fra Svovlammoniumbdf. blev, efter at Ca og Mg var bortskaffet, Li bestemt som Sulfat paa tidligere angiven Maade. Der fandtes 0,0040 gr Li_2SO_4 = 0,0009 gr Li_2O, der dog ikke er helt kalifrit.

I 1000,0 gr lufttør Alunjord findes:

PbO	= 0,0010 gr	Mn_3O_4	= 0,2246 gr
CuO	= 0,0431 -	Cr_2O_3	= 0,0654 -
Co_3O_4	= 0,0030 -	TiO_2	= 0,1899 -
NiO	= 0,0135 -	Li_2O	= paavist.
ZnO	= 0,0101 -	Au	= paavist.

Nr. 11. Liasler, Nebbeodde, Bornholm.

Fra Rhæt-Liasformationen ved Nebbeodde paa Bornholm blev i Juli 1912 indsamlet en større Prøve af det derværende graa Ler. Det svarer ganske til den af Forf. i 1889 undersøgte Prøve, som i tørret Tilstand (120°) indeholdt følgende Bestanddele[1]:

Amorfe Silikater	= 77,77 %
Feldspat	= 2,63 %
Kvarts	= 18,50 %
Kul	= 0,91 %
Ialt . . .	= 99,91 %

De nærmere Bestanddele er angivet i den anførte Afhandling. Den i Sommeren 1912 tagne Lerprøve er fra samme Lag som den ovenanførte analyserede Prøve, men da der er hengaaet omtrent 25 Aar mellem de forskellige Prøveudtagninger, og der i Mellemtiden dels er gravet Ler, dels er skyllet væk af Klinten ved Havets Nedbryden af Kysten, er Prøven fra 1912 fra et Punkt længere inde i Laget end den ældre Prøve. De nedenfor anførte Tal gælder Prøven, der er taget i 1912. Før Undersøgelsen havde Prøven henligget paa et meget tørt Sted. Den saaledes lufttørrede Prøve indeholdt 0,97 % hygroskopisk Vand, der gaar bort ved Tørring ved 100°.

1000,0 gr lufttørt Ler blev behandlet som sædvanlig med HCl og HNO_3. Af den for Salpetersyre ved Inddampning med Saltsyre befriede Opløsning udrystes $FeCl_3$ med Æter. Den vandige næsten jernfrie Opløsning fældes med H_2S. Filtratet

[1] K. Rørdam: Undersøgelse af mesozoiske Lerarter og Kaolin paa Bornholm. D. G. U. II. Række. Nr. 1. Kbhvn. 1890. S. 24 o. fl.

fra H_2S Bdf. fældes med NaOH og Na_2S. I Opløsningen findes Molybdæn og Vanadin. Vanadinet blev iøvrigt bestemt særskilt ved at smelte 50,0 gr Ler i en rummelig Nikkeldigel med NaOH og $NaNO_3$. Smeltemassen blev behandlet som af Forchhammer angivet for Vellensbyleret[1]:

I 1000,0 grm lufttørt Ler fandtes:

PbO	= 0,0128 gr	Mn_3O_4	= 2,2765 gr
CuO	= 0,0229 -	Cr_2O_3	= 0,1211 -
Co_3O_4	= 0,0103 -	Vd_2O_5	= 0,1700 -
NiO	= 0,0812 -	MoO_3	= 0,0184 -
ZnO	= 0,0573 -	TiO_2	= 1,2592 -

Foruden Vanadin og Molybdæn findes smaa Mængder af andre Stoffer, der giver Sulfider, der er opløselige i Na_2S og udfældes deraf med Eddikesyre med brun Farve, men i den foreliggende Prøve var der for lidt til at afgøre, om det maaske var lidt Tin, der var undgaaet Fældningen med Svovlbrinte eller maaske Wolfram. Forf. agter at komme tilbage til dette Spørgsmaal, naar han har faaet indrettet sig paa at behandle meget store Mængder af Ler uden at behøve at ofre saa overordentlig lang Tid paa det som ved de foreliggende Undersøgelser.

Nr. 12. Lerjernsten, Nebbeodde Bornholm.

Fra samme Lokalitet som Prøven Nr. 11 blev ligeledes i Sommeren 1912 udtaget en større Prøve af det bekendte store Lag af Lerjernsten, som blandt andet omtales af J. F. Johnstrup[2].

I frisk Tilstand er Lerjernstenen lysegraa af Farve, men bliver meget hurtig noget brunlig paa Overfladen paa Grund af Iltning. Ligger Prøverne hen paa et tørt Sted, gaar Forvitringen dog kun meget langsomt i Dybden, men i fri Luft iltes Ferrokarbonatet hurtig, uden dog at Stenarten derfor mister Sammenhængen.

Prøven blev knust og finmalet som Forberedelse til denne Analyse. Denne foregik efter de sædvanlig benyttede Metoder og gav som Resultat:

Fe_2O_3, Al_2O_3, P_2O_5	= 37,29 %	P_2O_5 = 0,23 % bestemt i en særskilt Portion.
Mn_3O_4	= 0,48 —	
NiO & CuO	= 0,06 —	
CaO	= 2,03 —	Til det fundne Glødetab skal lægges 1,83 % Ilt, som FeO har optaget ved Glødningen under Omdannelse til Fe_2O_3 — ikke til Fe_3O_4 som man ofte ser anført. — Denne Forbindelse naas først ved den stærkeste Hvidglødhede.
MgO	= 0,73 —	
Glødetab	= 21,95 —	
Uopløst	= 36,60 —	
I Alt	= 99,14 %	

[1] J. G. Forchhammer: Kgl. d. Vid. S. Overs. 1864. S. 88 o. fl.

[2] J. F. Johnstrup: „Abriss der Geologie von Bornholm". Greifswald 1889. S. 36.

Mængden af FeO — som $FeCO_3$ — og Mængden af Fe_2O_3 blev bestemt ved Titrering med Kaliumpermanganat[1]. P_2O_5 blev bestemt i en særskilt Portion ved Vejning af det udfældede og glødede Fosformolybdat. Derefter lader Mængden af Al_2O_3 — hvori dog ogsaa er indbefattet TiO_2 — sig beregne. CaO og MgO er ligesom FeO tilstede som Karbonater. Mangan angives som sædvanlig som Forbindelsen Mn_3O_4. Heri ligger dog ikke, at Stoffet forekommer nødvendigvis i denne Form i Stenarten og ikke som et andet højere Ilte.

Stenartens nærmere Sammensætning bliver derefter følgende:

	$FeCO_3$	= 46,42 %	
	$CaCO_3$	= 3,62 —	
	$MgCO_3$	= 1,53 —	
	Al_2O_3	= 3,62 —	Heri ogsaa TiO_2
	Fe_2O_3	= 2,80 —	
	Mn_3O_4	= 0,48 —	
	CuO & NiO	= 0,06 —	
	P_2O_5	= 0,23 —	
Kemisk bundet	H_2O	= 3,29 —	Heri ogsaa lidt Kulpartikler
Hygroskop. bundet	H_2O	= 0,49 —	
	Uopløst	= 36,60 —	
	I Alt	= 99,14 %	

Det uopløste er væsentlig noget glimmerholdigt ganske fint Kvartssand med et meget lille Indhold af Ler. Den gængse Betegnelse Lerjernsten for denne Stenart er derfor ikke synderlig velvalgt. Den ældre Benævnelse Spatjernsten maa siges at være betydelig mere træffende.

En større Portion finmalet lufttør Lerjernsten (270,3 gr) blev opløst i conc. Saltsyre i en rummelig Kolbe under Kogning. Behandlingen er ret vanskelig og langvarig, da Lerjernstenen væsentlig kun angribes af Saltsyren, naar den er kogende, men i saa Fald skummer meget og uregelmæssig.

Efter at Udviklingen af CO_2 var sluttet, blev der tilsat HNO_3 i smaa Portioner for at ilte FeO. Opløsningen blev filtreret og ved Inddampning med HCl blev HNO_3 bortskaffet. Ved Æterbehandling blev alt $FeCl_3$ udrystet og af den jernfri Opløsning blev det store Overskud af HCl bortskaffet ved Inddampning til et lille Rmf. Efter Fortynding og Bortskaffelse af den forholdsvis store Mængde udskilt TiO_2 blev fældet med H_2S. Ogsaa i Svovlbrintebundfaldet fandtes TiO_2, og mere blev udskilt af Filtratet ved Inddampning med H_2SO_4 Fortynding og langvarig Kogning.

Filtratet fra TiO_2 fældes med NaOH & Na_2S. I Opløsning Al og Vd. Det sorte Bundfald behandles med 2 % Svovlsyre og giver en Rest af Sulfider af Ni, Co og noget Zn, samt en Opløsning, hvori findes Mn og lidt Zn.

Manganet udskilles af Opløsningen ved Kogning med Ammoniumpersulfat i

[1] Undersøgelsen blev velvilligst udført af cand. polyt. Frk. A. Lund.

svag sur Væske, og i Filtratet fældes Zink som ZnS. Krom synes mærkelig nok ikke at forekomme i Lerjernstenen.

Beregnet for 1000,0 gr lufttør Lerjernsten findes:

PbO	= 0,0014 gr	Mn_3O_4	= 4,7120 gr
CuO	= 0,0636 -	TiO_2	= 4,7243 -
ZnO	= 0,0511 -	Vd_2O_5	= 0,0921 -
NiO	= 0,2205 -		
Co_3O_4	= 0,0551 -		

Det er mærkeligt nok, at Zinkindholdet i den undersøgte Prøve ikke er større, da man som bekendt af og til kan finde millimeterstore Krystaller af et Mineral, der i det ydre meget ligner Zinkblende, udskilt i den bornholmske Lerjernsten. Vanadinbestemmelsen blev gentaget ved at smelte 50,00 gr Lerjernsten med NaOH & $NaNO_3$ i en Nikkeldigel. Af Opløsningen af Smeltemassen, der var filtreret fra det uopløste, blev Vd udskilt som af Forchhammer angivet[1]. Beregnet for 1000 gr fandtes 0,0980 gr Vd_2O_5. Heller ikke i denne Portion kunde paavises Krom.

Nr. 13. Trinucleusskifer, Vasagaard, Bornholm,

Stenarten og Forekomsten nær Vasagaard ved Læsaa paa Bornholm er beskrevet af flere, saaledes af J. F. Johnstrup i den anførte Afhandling[2] og af J. P. J. Ravn[3], der navnlig har beskæftiget sig med Forsteningerne i denne interessante Aflejring. I de c. 35 Aar Forf. har kendt Forekomsten af Trinucleusskiferen ved Vasagaarden, har Forholdene været omtrent uforandrede svarende til Johnstrups Beskrivelse. I Foraaret 1907 indsamlede Landbrugskandidat Koefoed en Del større Prøver til nærmere Undersøgelse.

Trinucleusskiferen fra Vasagaarden er en brunlig-graa temmelig blød Lerskifer med graa Streg. Ved Forvitring fremkommer paa Spaltefladerne metallisk glinsende Overtræk af Manganilter. Allerede i Kulden udvikler den pulveriserede Stenart foruden Kulsyre kendelige Mængder af Klor ved Behandling med 10 % holdig Saltsyre. Stenarten lader sig temmelig let male til et fint Pulver.

Det lufttørre Stof taber 1,51 % ved Tørring 100°.

Der blev foretaget Analyse af Stenarten efter den almindelige Fremgangsmaade for Silikaters Analyse. Kulsyre blev bestemt i en særlig Portion med Scheiblers Apparat under Benyttelse af 10 % holdig Salpetersyre. Der fandtes i to Forsøg 3,18 % og 3,05 %, i Middeltal 3,12 % CO_2 = 7,09 % $CaCO_3$.

Fosforsyre blev bestemt i en Portion paa c. 10 gr Stof ved Ekstraktion med

[1] Forchhammer: Anf. Std.

[2] J. F. Johnstrup: Anf. Std. S. 26 o. flg.

[3] K. A. Grønwall, J. P. J. Ravn, A. Hjorth, N. V. Ussing: „Bidrag til Bornholms Geologi". D. G. U. II. Nr. 10. Kbhvn. 1899. S. 49 o. flg.

Salpetersyre, Fældning med Ammoniummolybdat og Vejning af det gule Bundfald efter Glødning.

P_2O_5 = 0,098 %

Alkalierne blev bestemt efter Glødning af Stoffet med $CaCO_3$ og NH_4Cl. Herved fandtes følgende Bestanddele i det lufttørre Stof:

$CaCO_3$	= 7,09 %	
SiO_2	= 56,42 —	
P_2O_5	= 0,10 —	
Al_2O_3	= 11,17 —	
Fe_2O_3	= 9,33 —	Iltningsgraderne er ikke best.
Mn_3O_4	= 2,96 —	
CaO	= 0,36 —	
MgO	= 2,42 —	
K_2O	= 2,62 —	
Na_2O	= 0,88 —	
Kemisk bundet H_2O	= 4,95 —	
Org. Stof	=	
Hygroskop. H_2O	= 1,51 —	
	Ialt = 99,81 %	

1000,0 gr pulveriseret og lufttør Skifer opvarmes paa Vandbad med 200 cm^3 conc. Saltsyre + 10 cm^3 conc. Salpetersyre og 100 cm^3 H_2O. Opløsningen frafiltreres, og Behandlingen gentages tre Gange. De samlede Filtrater inddampes med Saltsyre, og $FeCl^3$ udrystes med Æter. Den vandige jernfri Opløsning er græsgrøn. Overskudet af Saltsyre bortskaffes ved Inddampning, og Vædsken fældes efter Fortynding med Svovlbrinte. I Svovlbrintebundfaldet findes Pb, Cu og et Spor af Bi. Filtratet fra Svovlbrintebdf. indeholder Co, Ni, Zn, Mn, Cr og Ti, men ikke kendelige Mængder af Vd. Adskillelsen og Bestemmelsen af disse Stoffer blev udført som i den foregaaende Analyse. I 1000,0 gr lufttør Skifer fandtes:

PbO	= 0,0153 gr	Mn_3O_4	= 29,6... gr[1]
CuO	= 0,2963 -	Cr_2O_3	= 0,1190 -
Bi_2O_3	= Spor	TiO_2	= 0,0174 -
ZnO	= 0,0594 -		
Co_3O_4	= 0,0225 -		
NiO	= 0,0372 -		

Nr. 14. Graptolitskifer, Vasagaard, Bornholm.

Nedre Graptolitskifer fra ældre Silur, der bl. a. findes i Læsaaens Brinker ved Vasagaard paa Bornholm, er omtalt i de samme Afhandlinger, der blev anført ved Beskrivelsen af Trinucleusskiferen S. 303 i denne Afhandling.

[1] Mangan er ikke bestemt i de 1000 gr paa Grund af den store Mængde, men som tidligere anført blev der ved den alm. Analyse fundet 2,96 % Mn_3O_4.

Der blev undersøgt to Prøver.

A er taget i Foraaret 1907 af Landbrugskandidat KOEFOED i Aabrinken ved Vasagaard.

B er taget i Sommeren 1912 af Forf. paa samme Lokalitet, men vel næppe nøjagtig i samme Horisont.

I Udseende ligner Prøverne ganske hinanden, det er en blød, sort, bituminøs Skifer med sortebrun Streg, der let lader sig male til et fint Pulver.

A taber i lufttør Tilstand 1,50% ved Tørring ved 100° og B 1,27%. Ved Glødning i Muffelovn taber begge Prøverne c. 9% organisk Stof og kemisk bundet Vand.

Som Forberedelse til Analyse blev en afvejet Portion 1000,0 gr malet lufttør Skifer glødet paa en Jernbakke i en Muffelovn under Omrøring med en Jerntraad for at forbrænde det organiske Stof. Analysen af det glødede Skiferpulver foregik derpaa ganske som Analysen af Trinucleusskiferen. Herved fandtes i 1000,0 gr lufttør Skifer følgende Stofmængder:

	A	B
PbO	= 0,0547 gr	= 0,0348 gr
CuO	= 0,1162 -	= 0,1400 -
ZnO	= 0,0189 -	= 0,0048 -
Co_3O_4	= 0,0237 -	= 0,0178 -
NiO	= 0,0859 -	= 0,0246 -
Mn_3O_4	= 0,1529 -	= 0,2182 -
Cr_2O_3	= 0,1315 -	= 0,1390 -
Vd_2O_5	= 0,0059 -	= 0,0189 -
TiO_2	= 0,6888 -	= 2,9800 -
ZrO_2	= ? -	= 0,0210 -

Titansyre og Zirkonsyre i Nr. 14 B er bestemt i en særskilt Portion paa 10 gr ved efter Glødning at smelte den med $Na_2S_2O_7$ og behandle Smeltekagen efter Opløsning i Vand som tidligere angivet.

Nr. 15. Alunskifer, Limensgade, Bornholm.

Fra Limensgade ved Læsaa paa Bornholm blev i Sommeren 1912 udtaget en større Prøve af den øvre Alunskifer — kambrisk Formation — der forekommer som Underlag for Silurkalken i en Væg i et derværende gammelt Stenbrud. Det er en sort bituminøs Skifer med sort Streg, der indeholder bygkornlignende 2—3 mm lange Svovlkiskrystaller, der vel nok har noget at gøre med en eller anden Organisme, men hvis nærmere Oprindelse iøvrigt er ukendt.

Den lufttørre malede Skifer taber 2,45% ved Tørring ved 100°.

1000,0 gr glødes svagt i Muffel. Gløderesten udkoges med 200 cm^3 conc. Saltsyre og 25 cm^3 conc. Salpetersyre. Den fortyndede Opløsning frafiltreres, og Be-

handlingen gentages tre Gange. Opløsningen inddampes til Tørhed med Saltsyre, spædes op med Vand og filtreres.

Efter at $FeCl_3$ var udrystet med Æter, blev den jernfri Opløsning fældet med H_2S. I Bundfaldet Pb, Cu og maaske lidt Bi, samt noget sammen med Sulfiderne udskilt TiO_2. Af Filtratet fra H_2S Bdf. udskilles mere TiO_2, der frafiltreres.

Filtratet fældes med NaOH og Na_2S. Bdf. behandles med 2 % holdig Saltsyre. De uopløste Sulfider frafiltreres, og Opløsningen fældes paany med NaOH og Na_2S. Behandlingen maa gentages fire Gange paa Grund af den store Mængde Vanadin. Forekomsten af Zn er tvivlsom, og Cr kunde slet ikke paavises.

For at bestemme Manganmængden blev 3,8875 gr glødet i Platindigel og bagefter smeltet med $NaKCO_3$ som et Silikat. Efterat SiO_2 var udskilt med Saltsyre, blev Opløsningen fældet med Ammoniak og filtreret. Det udvaskede Bdf. blev atter opløst og udfældet, og de samlede ammoniakalske Filtrater blev kogt med Bromvand. Herved vandtes 0,0143 gr Mn_3O_4.

Titansyre blev særskilt bestemt i 10,00 gr malet Skifer, der blev glødet i en Kvartsdigel og bagefter smeltet med $Na_2S_2O_7$. Smeltekagen blev opløst i koldt Vand og filtreret. Bdf. blev paany smeltet med Pyrosulfat, og Behandlingen gentaget ialt tre Gange. De samlede Opløsninger blev fældet med Ammoniak for at befries for den store Mængde Natronsulfat og udvasket noget. Bdf., der bestaar af Hydroxyder af Fe, Al og Ti, blev opløst i H_2SO_4. Til Opløsningen blev sat Vinsyre og tilledet H_2S, hvorefter alt Jernet blev udfældet som Sulfid efter Tilsætning af NH_3, medens Al og Ti forbliver i Opløsningen. Denne blev dernæst inddampet til Tørhed i en Kvartsdigel, og Ammoniaksaltene og Vinsyren destrueret ved Glødning. Resten i Digelen blev smeltet med Pyrosulfat, og i den opløste Smeltemasse blev Titansyren udskilt ved Kogning med Eddikesyre. Der fandtes 0,0328 gr ren TiO_2.

I de 1000,0 gr var der i forskellige Portioner fundet ialt 0,5770 gr Vd_2O_5. For en Sikkerheds Skyld blev Bestemmelsen gentaget med 10,00 gr Skifer, der blev glødet og bagefter smeltet i en Nikkeldigel med NaOH og $NaNO_3$. I Smeltemassen blev Vanadinet bestemt paa den tidligere omtalte af Forchhammer angivne Metode. Der blev fundet 0,0059 gr Vd_2O_5, en Bestemmelse, der i Betragtning af de relative Mængder, maa siges at stemme godt med Bestemmelsen i den store Portion.

Efter disse Bestemmelser vil der altsaa i 1 m^3 Alunskifer fra Limensgade være over 1 Kg Vanadinsyre. En teknisk Udnyttelse af Skiferen til Fremstilling af Vanadinsyre vil derfor være mulig, hvis videregaaende Undersøgelser vil vise, at Stoffet er jævnt fordelt gennem Skiferlagene.

1000,0 gr Alunskifer fra Limensgade indeholder:

CuO	= 0,0629 gr	Mn_3O_4	= 3,678. gr
PbO	= 0,0433 -	Vd_2O_5	= 0,5770 -
Co_3O_4	= 0,0014 -	TiO_2	= 3,28.. -
NiO	= 0,0563 -		

Nr. 16. Granit, Allinge, Bornholm.

Fra Stenbrudet lige ved Allinge Havn N.V. for samme blev i Sommeren 1912 indsamlet Prøver af Allingegraniten. Det er en rødliggraa Granit, hvis petrografiske Beskaffenhed er nærmere omtalt i Cohen & Deecke's Beskrivelse af det krystallinske Grundfjeld paa Bornholm[1].

Stenarten blev slaaet til smaa Skærver og malet fint, hvad der lader sig gøre forholdsvis let, da selv den friske uforvitrerede Allingegranit er ret sprød. Ved Tørring ved 100° tabes kun 0,03 % hygroskopisk Vand.

Ved Analyse paa almindelig Maade fandtes som Middeltal af en Række Undersøgelser dels af Forf., dels af Hr. cand. pharm. Dahm følgende Sammensætning. Alkalierne blev bestemt dels ved Glødning med $CaCO_3$ & NH_4Cl, dels ved Behandling med HF & H_2SO_4. Den første Fremgangsmaade synes konstant at give noget mindre K_2O end den sidste ved Stoffer, der er saa kiselsyreholdige som Graniten og derfor kræver temmelig langvarig Glødning for at blive fuldstændig dekomponerede.

Allingegraniten indeholder i lufttør Tilstand:

	SiO_2	= 72,96 %	
	Al_2O_3	= 13,40 —	Heri indbef. TiO_2.
	Fe_2O_3	= 3,40 —	Iltningsgraden ikke bestemt.
	CaO	= 1,32 —	
	MgO	= 0,52 —	Heri et lille Spor af Mn.
	K_2O	= 5,32 —	
	Na_2O	= 2,47 —	
	P_2O_5	= 0,15 —	
Kemisk bd.	H_2O	= 0,34 —	
Hygroskop.	H_2O	= 0,03 —	
	Ialt	= 99,91 %	

Den samlede Sum af de fundne Bestanddele er noget for høj, da en Del af den som Fe_2O_3 opgivne Jernmængde er tilstede som FeO. 3,40 % Fe_2O_3 er omregnet = 3,06 FeO. Manganmængden viste sig ved den senere omtalte Undersøgelse af en større Portion at være 0,05 % Mn_3O_4, og Titansyremængden 0,25 % TiO_2. Desuden findes vistnok smaa Mængder af F og Li, det sidste er indbefattet i de 5,32 % K_2O. Ved Ophedning i Platindigel giver Allingegraniten et ringe, men dog kendelig hvidligt Sublimat — maaske AlF_3 — der afsætter sig paa Platindigelens Laag, naar dette ikke ophedes altfor stærkt. Desuden indeholder Allingegraniten, i alt Fald naar den som den foreliggende Prøve stammer fra Granitbænke temmelig nær ved Overfladen, et ringe Spor af organisk Stof, maaske en Imprægnation fra humusholdigt Vand, som giver sig tilkende ved en branket Lugt, naar Stoffet ophedes langsomt.

[1] E. Cohen & W. Deecke: „Ueber das krystalline Grundgebirge der Insel Bornholm". IV. Jahresber. d. geograph. Gesellschaft z. Greifswald. Greifswald 1889.

1000,0 gr lufttør, finmalet Granit gav ved Behandling med Saltsyre og Salpetersyre paa tidligere beskrevet Maade følgende Stofmængder:

PbO	= 0,0172 gr	Mn_3O_4	= 0,5060 gr
CuO	= 0,0330 -	Vd_2O_5	= 0,0033 -
Co_3O_4	= 0,0020 -	TiO_2	= 2,5199 -
NiO	= 0,0695 -		
ZnO	= 0,0047 -		

For ogsaa i Graniten at bestemme den Mængde Titansyre, der er tilstede som Rutil eller andet tungtopløseligt Mineral, blev 25,00 gr fint pulveriseret Granit smeltet i Kvartsdigel med $Na_2S_2O_7$. Smeltemassen blev opløst i Vand og TiO_2 udskilt paa tidligere omtalt Maade. Den rensede og vejede Titansyre, der udgjorde 0,0698 gr, blev atter opløseliggjort ved Smeltning med Pyrosulfat og prøvet for Zirkon paa den af Hillebrand angivne, tidligere beskrevne Maade. Der blev kun fundet en meget ringe — mindre end 0,0007 gr — og usikker Mængde ZrO_2.

I 1000 gr Granit findes altsaa ialt: 2,792 gr TiO_2, hvoraf 2,5199 gr er opløselig i Saltsyre, men 0,272 gr er tilstede som Rutil.

Oversigt over de foretagne Undersøgelser.

De undersøgte Jord- og Stenprøver er følgende. De er som tidligere omtalt ordnede efter deres geologiske Alder, saaledes at de yngste anføres først.

Nr. 1. Jernokker, Vandværket Borupsallé, København.
- 2. Dynd, 5 Meters Dybde, Mundingen af Holbækfjord.
- 3. — 8 — — Bramnæsvig i Isefjord.
- 4. Kildekalk, Torup ved Ulslev.
- 5. Moræneler, Bernstorfvej, Gentofte Sogn ved Kbhvn.
- 6. — Tyregod i Nørvang Herred.
- 7. Hedesand, Høgildgaards Plantage, S. for Herning.
- 8A. Diluvialler, Feldborg.
- 8B. — —
- 9. Miocænt Glimmerler, Hjulkærhus ved Rødkærsbro.
- 10. — Alunjord, Over-Løjstrup i Lavrbjerg Sogn.
- 11. Liasler, Nebbeodde, Bornholm.
- 12. Lerjernsten — —
- 13. Trinucleusskifer, Vasagaard, Bornholm.
- 14A. Graptolitskifer — —
- 14B. — — —
- 15. Alunskifer, Limensgade —
- 16. Granit, Allinge, —

Undersøgelserne blev udført paa den tidligere beskrevne Maade ved at anvende i Reglen 1000,0 gr finmalet, lufttørt Stof. Ved Tørring ved 100° tabte de lufttørre Jord- og Stenarter nedenfor angivne Mængder hygroskopisk Vand:

Nr. 1	= 10,70 %	Nr. 10	= 2,75 %
- 2	= 3,92 —	- 11	= 0,97 —
- 3	= 5,91 —	- 12	= 0,49 —
- 4	= 3,50 —	- 13	= 1,51 —
- 5	= 0,82 —	- 14A	= 1,50 —
- 6	= 1,02 —	- 14B	= 1,27 —
- 7	= 0,17 —	- 15	= 2,45 —
- 8A	= 3,60 —	- 16	= 0,03 —
- 9	= 3,74 —		

I 1000,0 gr lufttørt Stof findes:

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.
CuO =	0,0099 gr	0,0172 gr	0,0324 gr	0,0901 gr	0,0313 gr	0,0315 gr
PbO =	0,0181 -	—	—	0,0349 -	0,0039 -	+
Bi_2O_3 =	—	—	—	0,0029 -	—	—
Co_3O_4 =	0,0033 -	0,0058 -	+	+	0,0029 -	0,0074 -
NiO =	0,0267 -	0,0620 -	0,0169 -	0,0249 -	0,0108 -	0,0290 -
ZnO =	0,0013 -	—	—	0,0068 -	+	+
Mn_3O_4 =	50,5... -	0,0898 -	0,2760 -	0,8395 -	0,0165 -	0,3806 -
Cr_2O_3 =	—	—	—	—	0,0107 -	0,0144 -
Vd_2O_5 =	—	—	—	—	—	—
MoO_3 =	—	—	—	—	—	—
Ce_3O_4 =	—	0,0083 -	—	—	—	—
Li_2O =	—	—	—	—	—	—
TiO_2 =	0,0252 -	0,0700 -	0,07064 -	—	0,8690 -	1,1529 -
ZrO_2 =	—	—	—	—	—	—
Au =	—	—	—	—	+	—

	Nr. 7.	Nr. 8 A.	Nr. 8 B.	Nr. 9.	Nr. 10.	Nr. 11.
CuO =	0,0130 gr	0,0175 gr	0,0274 gr	0,0251 gr	0,0431 gr	0,0229 gr
PbO =	—	0,0009 -	0,0033 -	0,0083 -	0,0010 -	0,0128 -
Bi_2O_3 =	—	—	—	0,0012 -	—	—
Co_3O_4 =	+	0,0109 -	0,0184 -	0,0028 -	0,0030 -	0,0103 -
NiO =	0,0216 -	0,0119 -	0,0191 -	0,0207 -	0,0135 -	0,0812 -
ZnO =	+	0,0598 -	0,0448 -	0,0010 -	0,0101 -	0,0573 -

	Nr. 7.	Nr. 8 A.	Nr. 8 B.	Nr. 9.	Nr. 10.	Nr. 11.
Mn_3O_4 =	0,0666 gr	0,4576 gr	0,4021 gr	4,082. gr	0,2246 gr	2,2765 gr
Cr_2O_3 =	—	0,0488 -	0,0494 -	0,0495 -	0,0654 -	0,1211 -
Vd_2O_5 =	0,0058 -	?	—	—	—	0,1700 -
MoO_3 =	—	—	—	—	—	0,0184 -
Ce_3O_4 =	—	—	—	—	—	—
Li_2O =	0,0021 -	+	?	—	+	—
TiO_2 =	0,2930 -	0,7524 -	0,7060 -	0,0234 -	0,1899 -	1,2592 -
ZrO_2 =	0,0015 -	+	+	—	—	—
Au =	—	—	—	—	+	—

	Nr. 12.	Nr. 13.	Nr. 14 A.	Nr. 14 B.	Nr. 15.	Nr. 16.
CuO =	0,0636 gr	0,2963 gr	0,1162 gr	0,1400 gr	0,0629 gr	0,0330 gr
PbO =	0,0014 -	0,0153 -	0,0547 -	0,0348 -	0,0433 -	0,0172 -
Bi_2O_3 =	—	+	—	—	—	—
Co_3O_4 =	0,0551 -	0,0225 -	0,0237 -	0,0178 -	0,0014 -	0,0020 -
NiO =	0,2205 -	0,0372 -	0,0859 -	0,0246 -	0,0563 -	0,0695 -
ZnO =	0,0511 -	0,0594 -	0,0189 -	0,0048 -	—	0,0047 -
Mn_3O_4 =	4,712. -	29,6... -	0,1529 -	0,2180 -	3,678. -	0,5060 -
Cr_2O_3 =	—	0,1190 -	0,1315 -	0,1390 -	—	—
Vd_2O_3 =	0,0921 -	—	0,0059 -	0,0189 -	0,5770 -	0,0033 -
MoO_3 =	—	—	—	—	—	—
Ce_3O_4 =	—	—	—	—	—	—
Li_2O =	—	—	—	—	—	—
TiO_2 =	4,7243 -	0,0177 -	0,6888 -	2,9800 -	3,280. -	2,5199 -
ZrO_2 =	—	—	?	0,0210 -	—	—
Au =	—	—	—	—	—	—

Gennemgaar man herefter de enkelte Bestemmelser i ovenstaaende Tabeller, vil man kunne gøre følgende Iagttagelser.

Kobber er paavist i alle de undersøgte Jord- og Stenarter uden Undtagelse. Forf. har desuden kunnet paavise dette Stof i saa godt som alle de paa andet Sted beskrevne Prøver af Jordbunden fra jyske Heder og Plantager, selv om Stoffets Mængde ikke i disse Tilfælde er blevet bestemt kvantitativt[1].

Minimum 0,0099 gr CuO i 1000 gr Stof findes i Nr. 1, Jernokker fra Vandværket i Borups Allé, Kbhvn., eller hvis man indskrænker sig til de naturlig opstaaede Jordarter, bliver:

Minimum 0,0130 gr CuO i 1000 gr i Nr. 7, Hedesand fra Høgildgaards Plantage S. f. Herning. De andre Prøver af Hedesand indeholder en lignende Mængde

[1] P. E. Müller etc: „Rødgranens Vækstforhold". Anf. Std. S. 141.

Kobber. Da en Kubikmeter Sand vejer c. 2000 kg i den naturlig aflejrede Tilstand, findes der altsaa i 1 m^3 Hedesand 26 gr CuO.

Et Lag paa en Meters Tykkelse af Hedesand, der dækker over en Hektar Land, vil altsaa indeholde 26 Kg. Kobberilte eller omtrent 21 Kg. Kobber.

Maximum 0,2963 gr CuO i 1000 gr findes i Nr. 13 Trinucleusskifer, Vasagaard, Bornholm. 1 m^3 Skifer indeholder følgelig 593 gr Kobberilte eller 474 gr Kobber.

Kobber er et af de i Jord- og Stenarterne mest udbredte Stoffer, om end det som Regel kun er i meget smaa Mængder. Foruden de tidligere omtalte af J. G. Forchhammer udførte Undersøgelser kan nævnes, at den franske Forsker M. L. Dieulafait har eftersøgt og paavist Kobber i smaa Mængder i 88 Prøver af forskellige Porfyrer, i 64 Graniter, i 65 Gneisarter, i 28 Glimmerskifere og i 70 Talkskifere[1].

Stenarterne var fra Corsica, Frankrig, Schweiz, Sverige og Grønland. Ligeledes omtales af samme Forf. Kobberets Forekomst i mineralholdigt Gennemsivningsvand fra Urbjerget og i Havvand. I Planter og Planteaske er der oftere paavist Kobber. I 1893 samlede Plantefysiologen Richard Otto de vigtigste af de indtil da foreliggende Efterretninger om Kobberets Forekomst i Planteriget[2]. Hasselhof havde i 1891[3], ligesom Otto i 1893, gjort Forsøg ved igennem Vandkultur, der indeholdt Opløsninger af Kobbersulfat, at tilføre Planterne Kobber. De fandt — hvad man paa Forhaand kunde være sikker paa selv uden Undersøgelse — at en Opløsning af Kobbersulfat var giftig for Planterne. Det andet Resultat, Otto kom til, at Planterne ikke kunde optage Kobber, skyldes derimod de altfor grove analytiske Fremgangsmaader, som han benyttede, idet han bl. a. gik ud fra, at Plantevæv ikke indeholdt Kobberforbindelser, naar det ikke blev synligt blaafarvet ved at overhældes med Ammoniakvand.

[1] M. L. Dieulafait: „Le cuivre". Ann. de Chimie et de Physique. V. Sér. Tome 18, Paris 1879. S. 349 o. flg. — Kobber i Stensalt og Kalisalte omtales af Biltz: „Analyt. Beitr. z. Chemie d. Kalisalzlager u. Salztone". Zeitschr. f. angew. Chem. 1910. S. 1954.

[2] Rich. Otto: „Ueber Aufnahme und Speicherung von Kupfer durch die Pflanzenwurzeln". Naturw. Wochenschr. VIII. Bd. Nr. 51. 1893.

1832. De Candole (Physiologie végétale 1832. I. S. 389) fremsatte den Anskuelse, at Planter kan optage Kobberforbindelser.

1855. J. G. Forchhammer (Jahrb. d. Chemie 1855. VIII. S. 987. Smlg. denne Afhd. S. 274) paaviste, at Kobber forekommer i Jordbunden og blev Planterne tilgængelig, sandsynligvis ved at opløses i Alkaliklorider.

1863. Gorup Besanez (Ann. d. Chem. u. Pharm. 1863. S. 243) dyrkede forskellige Planter: *Polygonum fagopyrum, Pisum sativum, Secale cereale* i kobberholdig Jordbund, men formaaede ikke at paavise Kobber i Planterne.

1882. Francis Phillips (Chem. News. XLVI. 1882. S. 224) fandt, at en hel Række forskellige Planter optog Cu.

— Freitag (Bot. Centralbl. XII. 1882. S. 127) fandt, at Eg og Birk fra Omegnen af Mansfeld-Gruberne indeholdt Cu.

1891—02. A. Tschirch („Das Kupfer v. Stp. d. gericht. Chem. Toxich. & Hygieine". Stuttgart 1893) fandt ved Dyrkningsforsøg, at baade Kartofler og Hvede optog Cu.

[3] Hasselhoff: Landwirtschft. Jahrb. Bd. XX. 1891. S. 261.

Mac Dougal fandt derimod i 1900, at *Quercus macrocarpa* indeholder i Tørstoffet 0,05 % Cu. Han anfører, at Planten *Polycarpea spirostylis* ligefrem kan tages som Indikator paa kobberholdig Jordbund[1].

Bly er paavist i alle Prøverne med Undtagelse af Nr. 2, 3 og 7.

Maximum 0,0547 gr PbO i 1000 gr findes i Nr. 14 A, Graptolitskifer fra Læsaa, Bornholm.

Vismut er ikke nær saa almindelig udbredt og kun paavist i tre Prøver, nemlig Nr. 4, Kildekalk fra Torup, Nr. 9, Glimmerler (miocænt) fra Hjulkærhus, og i den meget mineralrige Nr. 13, Trinucleusskifer fra Vasagaard paa Bornholm.

Forekomsten af Vismut i Kildekalken kan siges at være i god Overensstemmelse med de tidligere paaviste Forekomster af Vismut i Jernokker fra forskellige Kilder ved Casteggio i Italien, ved Flinsberg i Schlesien, ved Liebenstein i Thüringen m. fl. Std.[2]

Kobolt og Nikkel forekommer i alle Prøverne. Der er altid mere Ni end Co. Maximum af begge Stoffer findes i Nr. 12 Lerjernsten fra Nebbeodde, Bornholm, hvor der er 0,0551 gr Co_3O_4 og 0,2205 gr NiO i 1000 gr. Om Forekomsten af Ni i Meteoriter findes der en uhyre omfattende Litteratur[3]. K. Kraut har med Benyttelse af Tschugajeff's før omtalte Reagens kunnet paavise Ni i Lava, i Aske af Tørv, Kul m. m.[4]

Kobolt anses i Almindelighed for ikke at have nær saa stor Udbredelse som Nikkel[5]. De her foreliggende kvantitative Bestemmelser viser at Co ganske vist forekommer i betydelig mindre Mængder end Ni, men at det dog altid ved omhyggelig udført Analyse kan eftervises i alle de hidtil undersøgte Jord- og Stenarter. Hermed stemmer, at den bekendte Meteoritforsker Cohen (dansk født, men virkende i Greifswald som Professor i Mineralogi til sin Død for faa Aar siden) har gjort det sandsynligt, at Co forekommer i alle Meteoriter, men at de ældre Analyser ikke er paalidelige i saa Henseende[6].

Den almindlige Forekomst af Nikkel og Kobolt i alle Jordlag, hvortil de her omhandlede Undersøgelser har givet deres Bidrag for Danmarks Vedkommende, leder Tanken hen paa A. E. Nordenskiölds bekendte og meget omstridte kosmologiske Teorier, hvori samme Forfatters Paavisning af Ni & Co i Støvmasser, som han havde udsmeltet af Sne paa nordlige Breddegrader, spiller en saa stor Rolle. Senere er Teorier, der i Principperne staar nær ved N's, som bekendt fremsat med stor Styrke af T. C. Chamberlin, G. H. Darwin m. fl.

Det er dog næppe Stedet her at gaa nærmere ind paa disse Kosmogonier, som for Tiden vistnok maa siges at være paa Moden blandt adskillige Geologer, saa meget mere som der for et Par Aar siden af Hj. Sjögren i hans udførlige „Minnes-

[1] Mac-Dougal: Botan. Centralbl. Beih. 1900. 9. S. 174.

[2] Gmelin-Kraut: Handb. d. Chem. 7. Aufl. III. Bd. 2. Abt. S. 935.

[3] — — — V. Bd. 1. Abt. S. 1 o. flg.

[4] K. Kraut: „Uber die Verbreitung des Nickels und Kobalts in der Natur". Zeitschrift f. angw. Chem. XIX. 1906. S. 1793.

[5] Gmelin-Kraut: l. c. 7. Aufl. V. 1. S. 190.

[6] Sm. Std.

teckning" over A. E. Nordenskiöld blev givet Beretning over denne Forskers Arbejder i saa Henseende, ledsaget af de fornødne Literaturhenvisninger[1].

Zink kunde ikke paavises med Sikkerhed i Prøverne Nr. 2, 3 og 15, men Prøvemidlerne for Zink er ikke særlig skarpe. I alle Tilfælde, hvor Zn er angivet i Analysen er der anstillet Kontrolprøve ved at omdanne det vejede ZnO til Rinmans Grønt. Ogsaa Zinkiltets Farveskiften ved Opvarming er et godt, men ikke meget fint Identifikationsmiddel.

Maximum 0,0598 gr ZnO i 1000 gr forekommer i Nr. 8 A, Graptolitskifer, dog har Nr. 13, Trinucleusskifer med 0,0594 gr samme Mængde, og Nr. 11, Liasler, Nr. 12, Lerjernsten med henholdsvis 0,573 gr og 0,0511 gr ZnO er nær der op imod.

Om Zinks Udbredelse i Jordlagene foreligger der ikke meget udover Forchhammers tidligere omtalte Undersøgelse. Derimod har Stoffets Forekomst i Planter tildraget sig endel Opmærksomhed lige fra 1854, da Braun paaviste Zn i *Viola calamaria*[2]. Den tilsyneladende Modsigelse, der er mellem Zinkforbindelsers antagne Virkning som en stærk Plantegift og Zn's almindelige Forekomst i Planter, er omhandlet af L. Laband[3]. I Realiteten er der dog ikke noget særlig ejendommeligt for Zn i dette Forhold, concentrerede Opløsninger taales, som det vil vides, i Reglen ikke af Planter.

Mangan findes i alle de undersøgte Jord- og Stenarter, men i meget varierende Mængder fra flere Procent ned til kun 0,0165 gr i 1000 gr i Nr. 5, Moræneler fra Bernstorfvej. Dets almindelige Udbredelse i Plante- og Dyreriget paaviste Forchhammer, som allerede omtalt. I den nyeste Tid er Manganindholdet i Planter og Plantedele af den mest forskellige Art blevet kvantitativt bestemt af F. Jadin & A. Astruc. Maximum 0,033 gr Mn i 100 gr Tørstof fandt de i de overjordiske Dele af en Cistus-Art, Rødderne indeholdt noget mindre[4]. G. Bertrand & F. Medigreceanu har paa lignende Maade paavist Mn i dyriske Organer[5]. I Tilslutning til disse Undersøgelser er foretaget en Række Bestemmelser af Manganindholdet i Fødemidler og Drikkevarer af P. Carles[6]. Gennem Brød og andre Fødemidler, der hidrører fra Korn, og gennem Vin, navnlig ung Rødvin, kan der tilføres det menneskelige Legeme ikke ubetydelige Mængder Mn.

Krom og Vanadin forekommer i 10 af de 18 undersøgte Prøver, men ikke altid i samme Prøve. Udenfor Forekomsterne i de kromførende Mineraler som Kromjernsten, rød Blymalm, Vaquelinit, i visse Granater og Glimmerarter anses Krom i Almindelighed for et ret sjældent Stof, dog næppe med Rette[7]. Men noget særlig

[1] Hj. Sjögren: „Adolf Erik Nordenskiöld". Geol. Föreningens i Stockholm Förhandlingar. XXXIV. 1912. S. 45 o. flg.

[2] Braun: Pogg. 92. S. 175.

[3] L. Laband: „Die Verbreitung des Zinks im Pflanzenreiche". Jahresb. für Agrikultur-Chem. 3. F. 1901. IV. S. 185.

[4] F. Jadin & A. Astruc: Comptes rendus. T. 155. 1912. S. 406.

[5] G. Bertrand & F. Medigreceanu: ibid. 154. 1911. S. 941 & 1450.

[6] P. Carles: Ann. de Chimie analyt. 17. 1912. S. 411. Anf. efter Jahresber. der Agrikulturchem. 1912. S. 215.

[7] Gmelin-Kraut: l. c. 7. Aufl. III. Bd. 1. Abt. S. 314.

fint Reagens paa Cr haves heller ikke. A. Jorissen har dog paavist Cr i Kullag — Sod og Slagger — fra La Haye ved Liege[1].

For Vanadins Vedkommende er Forholdet ganske anderledes. Man har paavist Vd i alle Slags eruptive Stenarter, i Sandsten sammen med Uran, i mange Lerarter fra forskellige Formationer, i Kul m. m.[2]. Et meget stort Antal tekniske Produkter og Affaldsstoffer, saasom Jern, Højovnsslagge, Lervarer, Soda, Natronhydrat o. a., indeholder paaviselige Mængder Vd. A. Wachtel har paavist det i Roepotaske[3], og E. v. Lippmann i „Schlempe-Kul“[4]. I den nyere Tid har Eug. Demarçay gjort et betydeligt Arbejde med Paavisning af Vanadin, Molybdæn, Krom, tildels ogsaa Zink i forskellige Træarter saasom: Skovfyr, Hvidgran, Bøg, Eg, Poppel, Vinstokken m. m.[5].

Titansyre er paavist i alle Prøver i ret betydelig Mængde — op til c. 5 gr TiO_2 i 1000 gr Stof — og herved maa endda erindres, at den i Analyserne angivne TiO_2 Mængde kun repræsenterer, hvad der er opløseligt i Saltsyre, altsaa væsentlig TiO_2 stammende fra forvitret Titanjern, medens TiO_2, der er tilstede som Mineralet Rutil, slet ikke opløses ved denne Fremgangsmaade, men heller ikke i denne Form kan antages at have nogensomhelst Betydning for Plantevæksten. Titansyre er et overordentlig almindelig forekommende Stof og er paavist i Sand, Ler, Kul, Tørv, Kød, Knogler m. m.[6]. I 1892—97 paaviste Dunnington TiO_2 i 90 Prøver af Agerjord fra Alverdens forskelligste Egne og fandt, at Jorden gennemsnitlig indeholdt 0,57 % TiO_2[7]. Hvilken Rolle Stoffet spiller i fysiologisk Henseende, kan der for Tiden næppe siges noget bestemt om, skønt det fra Jordbunden gaar over i Planterne og derfra over i Dyrenes og Menneskets Organisme.

Zirkon er, som det fremgaar af Tabellerne, paavist i nogle Tilfælde sammen med Titan og forekommer maaske i flere, men i hvert Fald i saa overmaade smaa Mængder, at selv om man nok kan faa udskilt nogle Fnug af Zirkonfosfat efter Hillebrands tidligere omtalte Metode i den med Brintperoxyd iltede Titanopløsning, er det dog altfor lidt til at give nogen rigtig Vægtbestemmelse af ZrO_2.

De to kun sporadisk paaviste Stoffer Cerium og Litium findes sandsynligvis i flere andre af Prøverne, men Paavisningen af dem vil som Regel kræve særegne Fremgangsmaader. Forchhammer har, som omtalt, paavist Cerium i flere Sten- og Jordarter, og Litium er utvivlsomt et Stof, der i Naturen oftest ledsager Kalium i dets Forbindelser, altsaa i Feldspat og de af feldspatholdige Stenarter afledede Jordlag.

[1] A. Jorissen: Bull. Acad. roy. Belgique. 1905. S. 178.

[2] Gmelin-Kraut: l. c. 7. Aufl. III. Bd. 2. Abt. S. 59 o. flg.

[3] A. Wachtel: Jahresber. über die Fortschritte d. Chem. 1883. S. 1577.

[4] E. O. v. Lippmann: Ber. d. d. chem. Ges. 21. 1888. S. 3492.

[5] Eug. Demarçay: „Sur la présence dans les végétaux du Vanadium, du Molybdéne et du Crome“. Comptes rend. T. 130. 1900. S. 910 o. flg.

[6] Gmelin-Kraut: l. c. 7. Aufl. III. B. 1. S. 10.

[7] F. P. Dunnington: „Distribution af Titanic oxide on the surface of the earth.“ Chem. News. T. 6. S. 221—222. Anf. efter Jahresber. d. Chem. 1897. I. S. 681.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Indledning	255
I. Den kemiske Geologis og den kemiske Agrogeologis Historie i Danmark	257
A. I Tidsrummet før 1800	259
B. I Tidsrummet efter 1800	265
Navnefortegnelse	280
II. Paavisning af smaa Mængder af Metaller i danske Jord- og Stenarter	281
Planen for Arbejdet	283
Forberedende Arbejder	284
Undersøgelserne	286
Nr. 1. Jernokker, Vandværket, Borups Allé, København	287
- 2. Dynd, Holbækfjord	289
- 3. Dynd, Bramnæsvig, Isefjord	290
- 4. Kildekalk, Torup ved Ulslev	291
- 5. Moræneler, Bernstorfsvej, Gentofte S.	292
- 6. — Tyregod i Nørvang Herred	294
- 7. Hedesand, Høgildgaards Plantage	295
- 8A. Diluvialler, Feldborg	297
- 8B. — —	298
- 9. Miocænt Glimmerler, Hjulkærshus ved Rødkærsbro	298
- 10. — Alunjord, Over-Løjstrup, Laubjærg St.	299
- 11. Liasler, Nebbeodde, Bornholm	300
- 12. Lerjernsten, — —	301
- 13. Trinucleusskifer, Vasagaard, Bornholm	303
- 14A. Graptolitskifer — —	304
- 14B. — — —	305
- 15. Alunskifer, Limensgade, —	305
- 16. Granit, Allinge, —	307
Oversigt	308

EXPERIMENTELLE UNDERSØGELSER

OVER

KORSEDDERKOPPENS GIFTE

(*EPEIRA DIADEMA*, WALCK.)

AF

L. E. WALBUM

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, 7. RÆKKE, NATURV. OG MATHEMATISK AFD. XI. 6

KØBENHAVN

HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1914

FORORD

Kendskabet til dyriske Gifte og disses Virkninger er af gammel Dato, men først i de sidste Aartier har den experimentelle Biologis store Udvikling givet Mulighed for en mere indgaaende Undersøgelse af disse interessante og vigtige Stoffer.

For enkelte af disse Giftes Vedkommende har man været i Stand til at klarlægge den kemiske Konstitution (f. Eks. Cantharidin, Salamander- og Tudsegifte, Adrenalin o. fl.), idet disse Forbindelser viste sig at være i Besiddelse af den fornødne Stabilitet overfor kemiske og fysiske Indgreb. Den langt overvejende Mængde af de dyriske Gifte synes imidlertid i forskellige af deres Egenskaber at minde om Enzymer, Toksiner eller lignende Forbindelser, og oftest er det ikke muligt at adskille dem fra de ledsagende Proteinstoffer; en dyberegaaende kemisk Undersøgelse efter de almindelige Principer er derfor i disse Tilfælde paa Forhaand udelukket.

Da saaledes adskillige af disse Giftstoffer i mange af deres Forhold minder om den store Mængde af andre dyriske Forbindelser, hvis Udforskning den moderne og navnlig den medicinske Biologi med særlig Forkærlighed og med stort Udbytte har kastet sig over, ligger det nær at overføre de her herskende Anskuelser og Synsmaader samt den nu ret udviklede Forsøgsmetodik ogsaa paa Studiet af de dyriske Gifte. Selv om dette naturligvis i udstrakt Grad allerede har fundet Sted (saaledes særlig for Slangegiftenes Vedkommende), er Antallet af systematiske Undersøgelser paa disse Omraader dog ret lille.

Da jeg i Aaret 1908 paabegyndte disse Studier, havde jeg tænkt mig, at de skulde omfatte Leddyrenes Gifte, idet der indenfor denne Række og særlig i de tre Klasser *Insecta*, *Myriopoda* og *Arachnida* findes talrige Gifte med saa udprægede Egenskaber, at et biochemisk Studium heraf ikke alene vilde være meget fristende, men sandsynligvis ogsaa give Anledning til en Række nye Iagttagelser. Det viste sig imidlertid allerede ved de orienterende Undersøgelser, at dette Felt meget stærkt maatte beskæres, hvis det skulde lykkes indenfor en rimelig Tid at bringe mere end rent overfladiske Undersøgelser ud deraf. Jeg indskrænkede derfor Undersøgelserne til at omfatte Edderkoppegift, Bigift og Hvepsegift. Efter et Par Aars Forløb antog de samlede Forsøg dog et saadant Omfang, at jeg valgte foreløbig kun at fremme Undersøgelserne over Edderkoppegiftene og kun Giftene hos *Epeira diadema*, Walck.

— vor hjemlige Korsedderkop. Forsøgene med Bi- og Hvepsegift var dog allerede da ført ret langt frem, og de herved indsamlede Resultater haaber jeg i nær Fremtid at faa Lejlighed til at supplere med nye og saaledes blive i Stand til at forelægge de samlede Undersøgelser i en senere Afhandling.

Der foreligger en meget sparsom Literatur over Edderkoppenes Gifte, og det er egentlig kun R. Kobert's og H. Sachs' Arbejder, henholdsvis over det for varmblodige Dyr giftige Stof og den specifike Blodgift Arachnolysin, der har givet vægtige Bidrag til vor nuværende Viden om disse Stoffers Natur.

Disse Undersøgelser er udførte paa Statens Seruminstitut, hvis Direktør, min Chef og udmærkede Lærer, Dr. med. Thorvald Madsen, jeg er overmaade megen Tak skyldig for Raad og Vejledning, samt for den store Velvilje og Interesse, hvormed han til enhver Tid har omfattet mine Bestræbelser for at gennemføre det foreliggende Arbejde.

Ogsaa paa dette Sted vil jeg rette en Tak til Professor, Dr. phil. S. P. L. Sørensen for den lærerige Tid, jeg i 1911—1912 tilbragte paa Carlsberg-Laboratoriet væsentlig for at studere de elektrometriske og kolorimetriske Methoder til Bestemmelse af Brintionkoncentrationen, samt for de for mig overmaade nyttige Raad og Vink, jeg saa ofte senere har modtaget. Cand. polyt. Sven Palitzsch bringer jeg ligeledes min forbindtligste Tak.

For at tilvejebringe det fornødne Materiale af Korsedderkopper, henvendte jeg mig i Efteraaret 1911 og 1912 til en Række af Landets højere Skoler med Anmodning om Støtte ved Indsamlingen; det Materiale, jeg paa denne Maade modtog, var meget stort og smukt, og jeg vil ogsaa her takke de Herrer Rektorer og Lærere, samt Skolernes Elever for deres uegennyttige og møjsommelige Arbejde.

Dyrlæge Wollesen i Rude skylder jeg Tak for den utrættelige Iver, hvormed han har staaet mig bi ved Indsamlingen af forskellige Dyr.

Forf.

INDLEDNING

Vor almindelige Korsedderkop, *Epeira diadema*, Walck., hører til Ordenen *Araneina* (de ægte Edderkopper), en Orden indenfor *Arachnida*. Giftapparatet er — som hos alle ægte Edderkopper — kraftig udviklet. Chelisererne er toleddede og Basalleddet særlig kraftig uddannet; Endeleddet er kloformet og kan slaas ind, er forsynet med en skarp Spids og tjener til at saare Bytte eller Fjender. Ved dettes Spids udmunder Giftkanalen, der løber igennem Basalledet til Giftkirtelen, der er omgivet af et spiralformet snoet Muskellag; ved Sammentrækning af dette Muskellag presses Giftkirtelens Indhold ud i det af Kloleddet frembragte Saar.

Dens Bid er, som alle Edderkoppers, giftigt for Insekter; den angriber kun overmaade sjælden Mennesker, for hvem dens Bid synes at være ret ufarligt; der findes dog Angivelser af Ozanam (1) (1856), ifølge hvilke Korsedderkoppens Bid hos Mennesker har foraarsaget Leddesmerter, almindelig Mathed, Blødninger, Hovedpine samt Kolik; det forekommer yderligere Kobert (2) (1901), at der er al mulig Grund til at være mistænkelig overfor en Edderkop, der har to saa ondartede Slægtninge som *Epeira lobata* og *Epeira fasciata*, og efter at det er lykkedes Kobert at vise, at den almindelige Korsedderkop overalt i sit Legeme indeholder store Mængder af en Gift med ligesaa frygtelige Egenskaber som Giften i de farlige russiske Lathrodectus-arter, finder han Anledning til at gøre opmærksom paa, at de kraftigere Korsedderkopper utvivlsomt vil være i Stand til at gennembide den sarte Barnehud, særlig hvor denne er tynd, som f. Eks. paa Læberne, og derved fremkalde Forgiftninger. De andre her i Norden almindelig forekommende Arter af Edderkopper (Tegenaria, Drassus, Agalena, Argyroneta o. fl. a.) synes ikke at indeholde saadanne Giftstoffer og maa vel betragtes som ufarlige for Mennesker.

De giftigste og for Mennesker og Husdyr farligste Edderkopper findes i Troperne; de der forekommende Arter er ofte meget store; Fugleedderkoppen, *Mygale fasciata*, samt den i Sydamerika levende *Theraphosa Blondii* o. fl. a. bliver 8—20 cm lange, og allerede paa Grund af Giftkirtlernes Størrelse maa man formode, at disse Dyrs Bid kan være farligt. Dog er det ikke altid saaledes, at de største Edderkopper er de farligste, saaledes som v. Linstow (3) formoder, idet han fremsætter som sin Anskuelse, at Giftvirkningens Størrelse er proportional med Edderkoppens Størrelse.

KOBERT imødegaar denne Paastand og siger, at dette passer for Dyr af samme Art og for det første Bid; for Edderkopper af forskellig Art gælder dette derimod ikke, idet saavel Giftens Art som ogsaa Bideorganerne hos ligestore Edderkopper af forskellige Arter kan være ret forskellige; saaledes formaar selv en ret stor Korsedderkop i Almindelighed ikke at gennembide den menneskelige Hud, medens den meget mindre *Karakurt* foruden Menneskets tillige formaar at gennembide Oksens, Hestens og Kamelens betydelig tykkere Hud.

Meddelelserne om Forgiftninger efter Bid af de tropiske Arter er, ligesom forøvrigt ogsaa for de europæiske Arters Vedkommende, stærkt modstridende. Enkelte lagttagere finder Forgiftningerne mindre alvorlige og ofte ganske ufarlige, medens andre betegner dem som overmaade farlige og ofte dødelige. C. L. CREMER (4) beretter saaledes om et Tilfælde i Brasilien, hvor fire Medlemmer af den samme Familie døde i fire paa hinanden følgende Nætter, uden at man vidste hvoraf, da de alle om Aftenen havde været sunde og friske; da man paa Underarmen af den sidst døde fandt et lille Bidsaar, foretoges straks en Husundersøgelse, hvorved man fandt en stor Kæmpeedderkop, og efter at denne var bleven dræbt, ophørte de pludselige Dødsfald.

Edderkoppeforgiftninger har været kendt langt tilbage i Tiden, og den fyldigste Gengivelse af disse Forgiftningers Historie foreligger utvivlsomt i R. KOBERT's Monografi: Beiträge zur Kenntnis der Giftspinnen (1901); det fremgaar heraf, at Edderkoppernes Giftighed var almindelig kendt paa SOKRATES' Tid, altsaa c. 400 Aar før vor Tidsregning. Allerede ARISTOTELES skelner mellem flere Arter, hvoraf to er stærkt bidende; at ARISTOTELES til forskellige Tider solgte Edderkopper til Apotekerne viser, at man allerede da anvendte disse Dyr som Lægemiddel. Saavel ARISTOTELES som en stor Række senere Forfattere beskriver mere eller mindre indgaaende Forgiftningssymptomerne efter Edderkoppebid. Meddelelserne er dog — som ovenfor nævnt — paa mange Punkter stærkt divergerende, og vil man have et nogenlunde paalideligt og udførligt Billede af disse europæiske Forgiftningers Forløb, maa man gennemgaa den nyere Literatur lige op til vor Tid.

Den eneste i Tyskland hjemmehørende energisk bidende Edderkop er ifl. BERTKAU[1] *Chiracanthium nutrix Walck.* FOREL (5) saavelsom BERTKAU blev bidt af den og led meget under Biddets Følger. FOREL maatte, da han gik hjem, lade sig støtte af en anden. BERTKAU følte Biddet som en hæftig Brænden, der næsten øjeblikkelig bredte sig over Armen og Brystet; to Gange indtraadte kortvarige Kuldegysninger. Almenbefindendet blev først normalt efter to Ugers Forløb.

I tidligere Aarhundreder frygtede man meget *Tarantelen*, da dens Bid mentes at være Aarsag til en livsfarlig med Ophidselsestilstande og Danseraseri forbundet Sygdom, for hvilken Musik var det eneste Helbredelsesmiddel. Det maa nu betragtes som utvivlsomt, at Tarantelens Bid for Mennesket er ret ufarligt og i det højeste kan give Anledning til lignende Forgiftninger som af Chiracanthium nutrix, saa den omtalte Sygdom — Tarantismen — maa vist udelukkende tilskrives den da herskende

[1] cit. efter KOBERT (2).

Uvidenhed og Overtro. Til Tider antog forøvrigt Tarantismen epidemisk Udbredelse (Tarantelepidemi); til de syge sluttede sig andre, og i store Skarer drog de fanatiserede Mennesker dansende og spillende fra By til By. De som Tarantisme opfattede Tilfælde har sandsynligvis været af meget forskellig Art, og i mange har det vist drejet sig om hysteriske, nervøse eller sindssyge Individer.

Vi adskiller nu den italienske Tarantel, *Tarantula Apuliae Rossi s. Lycosa Tarantula L.* fra den russiske *Trochosa singoriensis.* En tredie Art er den græske Tarantel, *Lycosa Hellenica.*

Til Europas farligste Arter hører Slægten *Lathrodectus.* De i Frankrig forekommende Eksemplarer af *Lathrodectus tredecimguttatus* er dog ofte saa lidet giftige, at man (Bordas[1]) har stillet dens Giftighed stærkt i Tvivl, medens dog andre (Guibert[1]) har iagttaget svære Forstyrrelser i Muskel-, Nyre- og Tarmfunktionerne hos Patienten.

Foruden denne, den italienske Malmignatte *(Lathrodectus tredecimguttatus)*, hører ogsaa den græske Malmignatte *(Lathrodectus conglobatus)* og den russiske Karakurt *(Lathrodectus lugubris s. Lathrodectus Erebus)* herhen; den sidste er af disse langt den giftigste; den bider Mennesker og Husdyr og anretter derved i de varme Sommermaaneder stor Skade i det sydlige Ruslands Steppeegne. Herom fortæller Motschulsky og A. Becker (6), at disse Edderkopper ofte optræder i saadanne Mængder, at alle Græsgange vrimler deraf; Kvæget kan ikke undgaa at træde dem ned og bliver derved ofte bidt, den derved opstaaede Smerte gør Dyrene rasende og jager dem fra hinanden i alle Retninger; de bides ofte flere Gange og dør undertiden i Løbet af ret kort Tid. De i disse Egne nomadiserende Folkeslag skal paa denne Maade i Aarene 1838—39 have mistet c. 70000 Okser. Schtschensnowitsch (7) meddeler, at der i et mindre Steppedistrikt syd for Gouv. Samara mellem Wolga- og Uralfloden i Løbet af een Sommer (1869) blev bidt:

48	Mennesker,	hvoraf 2	døde,
173	Kameler,	„ 57	„
218	Heste	„ 36	„
116	Okser,	„ 14	„

Schtschensnowitsch giver følgende Beskrivelse af Forgiftningens Forløb hos Mennesker, og da denne er en af de meget faa udførlige Meddelelser om dette Emne, aftrykkes den her in extenso.

Paa Bidstedet bemærker man for det meste to røde Prikker som efter Naalestik i en Afstand af 2—3 Linier fra hinanden. Den syge føler paa dette Sted en brændende, knibende Smerte uden Svulst eller Rødme af Huden. Fra det bidte Sted breder Smerten sig langs hele Lemmet i Løbet af 10—15 Minutter; efter 1—2 Timer har den bredt sig over hele Legemet og med Hovedsæde i Ryggen, hvorved den syge bliver urolig, kaster sig frem og tilbage og klager over en nagende og brændende Smerte, der ikke lader ham i Ro og fremkalder en rigelig og kold Svedafsondring særlig i Ansigtet. Efter at Smerten har bredt sig mere, opstaar Svimmelhed, Angstfølelse, Trykken for Bryst og Underliv samt cyanotisk Hudfarve. Efter nogle Timers galleholdige Opkastninger, Smerte i Hypochondrierne, Kramper i Fingre og

[1] cit. efter Kobert: Lehrbuch der Intoksikationen.

Tæer, Tilbageholdelse af Urinen og Bevidstløshed som ved tyfoid Feber. Smerterne i Knoglerne optræder periodisk, i Begyndelsen hvert 3die eller 5te Minut, derefter sjældnere, paa Sygdommens tredie Dag hver 2den eller 3die Time. Den syge taler meget lidt, svarer ugerne, stønner stadig, kaster sig frem og tilbage og skriger ofte. De hæftige Smerter forhindrer Søvn saavel om Dagen som om Natten. Huden, særlig paa de yderste Dele af Ekstremiteterne til Albuen og Knæet, er blaalig og kold som hos en Kolerapatient; yderligere føler den syge den hæftige Brænden og forlanger stadig at blive overhældt mnd koldt Vand. Pulsen er lille, haard og fremskyndet, Aandedrættet besværligt. Saasnart den forgiftede træt lukker Øjnene, ser han straks en Lathrodectus for sig, som vil bide ham, og han skriger op; i det hele iagttager man før Døden Angst og Frygt. Denne Tilstand kan vare tre til fire Døgn, hvorefter der som Regel indtræder en Reaktionsperiode, d. v. s. Huden bliver rød og varm, og Smerterne aftager; kort afbrudt Søvn indtræder, samt Lyst til Mad, og efter 5—6 Dage begynder den syge lidt efter lidt at komme sig; helt rask bliver han først efter 2—3 Uger, og hos nogle vedvarer en almindelig Svækkelsestilstand endnu 1—2 Maaneder. Hvis der efter et Lathrodectusbid straks optræder hæftige Forgiftningssymptomer, og ingen Hjælp er ved Haanden, kan den forgiftede dø i Løbet af 1—2 Døgn.

Det har i denne Forbindelse Interesse at se, hvorledes Kirgiserne og Kalmukkerne forstaar at beskytte sig selv og deres Husdyr imod disse farlige Edderkopper. Wlangali[1] beretter herom, at Edderkopperne nærer en stærk Frygt for Faarene, for hvem de udgør en lækker Spise, og naar de nomadiserende Folk drager til en ny Græsgang, hvor der findes giftige Edderkopper eller Skorpioner, driver de sædvanligvis først en Faarehjord derhen, hvorpaa de nogle Dage senere ubekymret slaar Lejr. Enhver, der i Sommermaanederne berejser de sydlige Stepper, sover med Faareskind under sig, da disses Lugt, særlig hvis de er friske, er tilstrækkelig til at holde Edderkopperne borte.

Paa Grund af de her beskrevne Forhold har man formodet, at Faarene var i Besiddelse af en vis Immunitet overfor Edderkoppebid, men dette synes ikke at være Tilfældet, idet Kobert ved Forsøg har godtgjort, at disse Dyrs Modtagelighed for Karakurtegiften ved intravenøs Injektion var ganske den samme som Hundes, Kattes og Geders. Kobert formoder derfor — og sikkert med Rette — at Beskyttelsen maa tilskrives disse Dyrs tætte Haarbeklædning og deres haarde Munddele.

Ifølge alle Meddelelser er Edderkoppebid farligst i de varme Sommermaaneder (Befrugtningstiden?).

Den therapeutiske Anvendelse af Edderkopper har nærmest kun kulturhistorisk Interesse. Som tidligere nævnt fandt en saadan Anvendelse Sted allerede i Oldtiden; Pedanius Dioskorides, der levede i det andet Aarhundrede efter vor Tidsregning, taler i sin berømte Materia medica om to Edderkoppearter, hvilke han saavel ind- som udvortes anvendte mod Koldfeber; det er ikke uden Interesse, at Dioskorides kendte den endnu som Folkemiddel almindelige Anvendelse af Spindelvæv som blodstillende Middel.

At Troen paa Edderkoppernes therapeutiske Værdi har holdt sig op igennem Tiderne, faar man et levende Indtryk af ved at gennemlæse Ozanams (1) Afhandling om dette Emne (1856). I største Alvor forsøger Ozanam at retfærdiggøre den ind-

[1] cit. efter Kobert (2).

vortes Anvendelse af Edderkoppegift i Therapien, idet han henviser til de Symptomer, der opstaar efter Edderkoppebid eller efter Indførelse af Giften i Saar. Forf. mener, at Giften ogsaa under visse Omstændigheder kan virke ved Absorption fra Maven, enten ved meget store Enkeltdoser eller ogsaa ved stærke Fortyndinger, idet den da modstaar Mavesaftens destruerende Indflydelse, og at der saaledes foreligger et Grundlag for den indvortes therapeutiske Anvendelse.

Tarantelen fremkalder ved Bid periodisk tilbagevendende Feber- og Nervetilfælde, hæftig Svedafsondring, Irritation af Genitalia m. m. Ifølge OZANAM lader Tarantelen sig derfor anvende indvortes mod haardnakkede Febertilstande, ved forskellige Nervelidelser, Hysteri, Hypokondri, Mani, Delirium, Epilepsi, nervøs Tarantismus og mod Følgerne af Tarantelstik, udvortes ved Phlegmoner og Anthrax.

OZANAM aabenbarer sig herved som Homøopath følgende den gamle Doktrin: *similia similibus*, en forøvrigt over 2000 Aar gammel Anskuelse med Hensyn til Edderkopper, idet det hos vilde Folkeslag og forøvrigt endnu i store Dele af Rusland formenes, at enhver Edderkop er det bedste Middel imod sit eget Bid.

Vi ser endvidere, at OZANAM troede paa Tarantismen som en direkte Følge af Tarantelbid.

I Meksiko anvendes Tarantelen ved forskellige Hudlidelser, særlig Lepra; man benytter dertil en alkoholisk eller ætherisk Tinktur af knuste Taranteler, et Dekokt af Taranteler eller et Cerat heraf.

Mygale frembringer og helbreder Kollaps og Feber, medens *Segestria, Clubione* og *Tegenaria* har en mere lokal Virkning og benyttes ved visse Betændelser i Huden. *Clubione medicinalis* anvendes i nogle Dele af Amerika som Vesicans ganske som Kantharider, indvortes som Aphrodisiacum og som Irritationsmiddel ved Blæresygdomme.

Lathrodectus berømmes som Middel mod Kollaps, Kardialgi, Asthma, Konvulsioner, kroniske Leddesmerter, samt Ikterus.

Vor hjemlige Korsedderkop, *Epeira diadema* har fundet Anvendelse som Antiperiodicum og Sudorificum.

I et Arbejde fra den senere Tid giver JÜHLING (8) (1900) Meddelelse om 18 forskellige Anvendelser af Edderkopper, der dog tildels dækker de af OZANAM anførte. Forf. oplyser her, at det bekendte Strobelbergske Plaster i det væsentlige bestod af knuste Husedderkopper. Det var dette Plaster, som Greven af Würtemberg afkøbte en vis Dr. Strobelberg fra Heilbronn for 100 Daler, for at dets Sammensætning paa Grund af dets store Nytte kunde blive almindelig bekendt.

Medens den moderne allopathiske Lægevidenskab ganske har forladt den therapeutiske Anvendelse af Edderkopper, finder Præparater af disse Dyr endnu Anvendelse i Homøopathien; i de homøopathiske Farmakopeer findes et Præparat *Araneïn*, der fremstilles ved Extraktion af de knuste Edderkopper med mere eller mindre fortyndet Alkohol. Hertil benyttes i Amerika *Mygale avicularis* og i Europa *Epeira diadema*.

De experimentelle Undersøgelser, der foreligger over selve Edderkoppernes

Kirtelsekret, er meget faa, og dette har vel sin nærmeste Aarsag i den store Vanskelighed, der er forbundet med Tilvejebringelse af det fornødne Materiale.

Selv Forsøg paa at studere Giftens Virkninger ved at lade Edderkopper bide de almindelige Forsøgsdyr er kun ganske faa.

Luigi Toti[1] (1787—1789) udførte saadanne Forsøg, idet han lod en Malmignatte (Lathrodectus) fire paa hinanden følgende Dage bide en Høne under Vingerne; hver Gang foraarsagede Biddet Konvulsioner, Dyret kunde kun med Anstrengelse holde sig paa Benene, og Kroppen svulmede stærkt op, men Dyret kom sig dog fuldstændigt i Løbet af tre Uger. Et lignende Forsøg med en Hane gav samme Resultat. En Due, i hvis Næb der blev anbragt en lille Malmignatte, blev bidt og fik hæftige Krampeanfald, og mistede Evnen til at bevæge Ben og Vinger; Kroppen svulmede op, og Dyret døde paa 8 Dage. Ganske unge Haner døde faa Timer efter Biddet. Toti lod en Malmignatte stikke en Hund i Underlæben, Dyret udstødte et Hyl og kastede sig omkring; Halsen svulmede op, og i flere Dage tog Dyret ingen Næring til sig, var mat og kunde næppe holde sig paa Benene; efterhaanden indtraadte dog Helbredelse. Katte, Hunde og Kaniner fik tørrede og pulveriserede Edderkopper ind med Føden, men forblev ganske sunde. En Dag blev Toti selv bidt paa forskellige Steder af Kroppen af fire ganske smaa Malmignatter; han følte Biddene som Loppestik, og paa Bidstederne optraadte smaa Pustler, men Forstyrrelser i Almenbefindendet indtraadte ikke.

Ant. Raikem[1] (1827) har ogsaa studeret Malmignattens Giftvirkning og lod en stor Kanin bide af fire Hunner og een Han; hver enkelt Edderkop bed i flere Minutter og nogle endog paa flere Steder. Paa hvert Bidsted saa man to røde Punkter. Bortset fra nogle Muskeltrækninger omkring de bidte Steder, en vis Træghed og Slappelse, syntes Dyret dog atter at komme sig. Den følgende Morgen kunde det dog næppe bevæge sig, tog kun lidt Næring til sig og havde hyppige Krampeanfald; den følgende Nat døde det. Raikem lod en anden Kanin bide af kun een Hunedderkop, men herefter optraadte hverken lokale eller universelle Forstyrrelser. Han forsøgte yderligere at lade en ny Kanin bide af en Edderkop, som han i Forvejen havde tirret; paa Bidsteddet opstod en rød Plet, i hvis Centrum der fandtes en hvid Pustel. Dyret syntes at befinde sig ganske vel, men efterhaanden blev det mat, mistede Appetiten og døde Natten imellem den femte og sjette Dag efter Biddet.

Forf. lod en Hunedderkop bide en Due i Abdomen; Dyret blev mat med hængende Hale, kunde næsten slet ikke bevæge sig og tog hverken Næring eller Vand til sig og døde efter 26 Timers Forløb. Forsøget gentoges med en anden Due (om der anvendtes den samme Edderkop eller en anden, fremgaar ikke af Raikems Meddelelse); den blev som den foregaaende slap og mat og spiste ikke, Legemet svulmede op, og paa Bidstedet opstod der en blaa Plet, men trods alt kom Dyret sig fuldstændig i Løbet af nogle Dage. En ung Hund, som R. lod bide af en Hunedderkop, havde flere Dage en over hele Legemet udbredt Sitren, men forblev forøvrigt sund.

[1] cit. efter Kobert (2).

KOBERT (2) forsøgte at lade russiske Taranteler (Trochosa singoriensis) bide saavel sig selv som sin Laboratorietjener, men det lykkedes ikke trods mange Anstrengelser.

Selv om der saaledes ingen Grund er til at betvivle Tilstedeværelsen af endog ofte meget stærkt virkende Kirtelgifte hos Edderkopperne, mener BLACKWELL (9) dog ved sine Forsøg at have vist, at Edderkoppernes Giftsekret er uden Virkning paa de bidte Insekter, samt at de bidte Dyr dør udelukkende som en Følge af den mekaniske Læsion, idet han viser, at Insekter, der er stukket med fine Naale, ligeledes gaar til Grunde. Disse Forsøg imødegaas stærkt af BERTKAU (10), der ved sine Undersøgelser naar til ganske andre Resultater; dog tror han at have iagttaget, at Giften er mindre virksom i fugtig, kølig Tordenluft, og antyder, at BLACKWELL muligvis har foretaget sine Forsøg under saadanne Omstændigheder, eller at han har anvendt Dyr, der har været holdt i Fangenskab i længere Tid, og som derfor har mistet noget af deres Giftighed.

Forøvrigt ved man om selve Giftsekretet, at det er en vandklar Vædske af „olieagtig" Konsistens. Almindeligst antages, at Sekretet har en sur Reaktion (bl. a BLACKWELL); KLINGER[1] angiver dog, at dette reagerer neutralt.

Ifølge MENGE (11) afsondrer Edderkopperne ved Behandlingen af deres Bytte en betydelig Mængde Spyt, hvilket ifl. WESTBERG (12) indeholder store Mængder af et proteinstofspaltende Enzym af trypsinagtig Karakter.

R. KOBERT (2) er den første, der efter de moderne farmakologiske Principper har undersøgt Edderkoppegiftenes Virkninger, og for til sine Forsog at faa Giften i Opløsning, extraherede han de hele Dyr eller Dele deraf dels med destilleret Vand og dels med fysiologisk Kogsaltopløsning. I Begyndelsen anvendte KOBERT kun Cephalothorax, da Giftkirtlerne findes heri, men iagttog dog snart, at Extrakterne af Bagkroppen var ligesaa virksomme, og slutter heraf, at Giftens Virkning ikke kan være afhængig af Giftkirtelens Indhold. K. finder ligeledes store Mængder Gift i Extrakter af Benene og viser saaledes, at Giftstofferne er at finde overalt i Dyrenes Legeme, endog i Æggene og i de nyfødte Dyr.

Med disse Giftopløsninger (dels af Karakurter, Lathrodectus Erebus og dels af Epeira diadema) har KOBERT udført et meget stort Antal Undersøgelser, der i det væsentligste gik ud paa at studere Forgiftningsbilledet hos Forsøgsdyrene.

Som Resultat af Forsøgene med Karakurtegiften finder KOBERT, at de iagttagne Forgiftningssymptomer i det hele og store passer med de kliniske Beretninger om Forgiftninger hos Mennesker og Dyr efter Bid af disse Edderkopper. Det fremgaar heraf, at Karakurten indeholder en Gift, der lammer Hjærtet og Centralnervesystemet uden forudgaaende Pirring af de motoriske Centrer. Er den Giftmængde, der kommer i direkte Berøring med Blodet, stor, kan der fremkomme Hæmolyse og Karthromboser. Giften er hverken et Alkaloid, et Glykosid eller en Syre, men kan karakteriseres som en Giftæggehvide eller et giftigt Enzym, der har en vis Lighed med andre dyriske Gifte og særlig med Skorpiongiften.

[1] cit. efter KOBERT (2).

Koberts Forsøg over Korsedderkoppens Giftstoffer viser, at disse er af lignende Natur som Karakurtegiften, men dog noget svagere virkende; de kemiske Undersøgelser gør det sandsynligt, at Giften er bundet til en Albumin. Begge Gifte destrueres ved Kogning.

Ifølge Koberts Undersøgelser fremgaar det yderligere, at Extrakter af Karakurter og Epeira diadema er i Besiddelse af stærkt udprægede hæmolytiske Egenskaber, samt er i Stand til at fremskynde Koagulationen af ikke defibrineret Blod. Udover disse Paavisninger foretog Kobert ikke Forsøg med disse Stoffer.

I 1902 — Aaret efter at Koberts Undersøgelser blev offentliggjorte — fremkom Sachs (13) med ret indgaaende Studier over dette i Epeira diadema forekommende Hæmolysin, idet han gav det Navnet *Arachnolysin*. Sachs viste, at Arachnolysinet virkede opløsende paa Blodlegemer af Kanin, Rotte, Mus, Menneske, Okse og Gaas, medens Blodlegemer af Marsvin, Hest, Faar og Hund var ganske ufølsomme; kun de følsomme Blodlegemearter formaar at binde Hæmolysinet. Sachs gør tillige opmærksom paa, at Blodlegemernes Følsomhed kan være afhængig af det Dyrs Alder, hvorfra Blodlegemerne stammer, idet saaledes Blodlegemer af nyfødte Høns er ufølsomme og ikke binder Lysinet, medens Blodlegemerne af ældre Høns binder dette og er ret følsomme. Belonowsky (14) meddeler, at Blodet af nyfødte Kaniner indeholder Blodlegemer, der er ufølsomme for Arachnolysinet ved Siden af andre meget følsomme.

Efter Sachs' Forsøg er dette Hæmolysin ret følsomt for Opvarmning; 40 Min. Opvarmning til 56° C. synes ikke at svække det, 40 Min. Opvarmning til 60° C. svækker det noget, og efter 40 Min. Opvarmning til 70—72° er det fuldstændig destrueret. Ifølge Belonowsky ødelægges Arachnolysinet efterhaanden ved gentagen Frysning og Optøning.

Kobert viste for det for varmblodige Dyr giftige Stofs Vedkommende, at en Tilvænning, en Immunisering, hos Forsøgsdyrene er mulig, uden dog at undersøge, om dette skyldes en Antitoksindannelse, eller iøvrigt at forfølge Spørgsmaalet videre. At der her virkelig er Tale om Antistoffer, der cirkulerer frit i de immuniserede Dyrs Blod, er senere vist af Belonowsky og Konstansoff (15).

Arachnolysinets Antigennatur konstateredes af Sachs, idet det lykkedes ham at fremstille virksomme Antihæmolysiner ved Immunisering af Marsvin og Kaniner.

Som omtalt paaviste Westberg (12) Tilstedeværelsen af proteolytiske Enzymer i Edderkoppernes Spyt. Om Proteasers Forekomst i Edderkopper findes forøvrigt en Del spredte Meddelelser (Bertkau (16), A. B. Griffiths og A. Johnstone (17), Plateau (18) og R. Kobert (19)), men udover at disse Enzymer synes at være af tryptisk Karakter, ved man intet om deres Egenskaber. I den nævnte Literatur findes ogsaa Angivelser om, at der i Edderkopper er paavist en Række andre Enzymer, nemlig *Diastase, Lipase, Inulinase* samt *Chymosin*, men udover denne Paavisning giver ingen af disse Undersøgelser nogen Oplysning.

Sachs er den eneste, der har forsøgt at indføre en Nomenklatur for de hos Edderkopperne forekommende Giftstoffer, idet han har givet det af Kobert fundne,

men af ham nøjere undersøgte Hæmolysin hos Korsedderkoppen, Epeira diadema, Navnet *Arachnolysin;* denne Betegnelse er mindre heldig valgt, da den nødvendigvis maa omfatte alle forekommende Hæmolysiner hos de forskellige Ordener, der hører til *Arachnoidea* (Arachnida), der som bekendt udgør en af Leddyrenes 4 Klasser; foruden *Araneina* (de ægte Edderkopper) hører hertil tillige bl. a. *Scorpionidae*, hos hvis Arter der findes udprægede Hæmolysiner, der er i Slægt med Slangegifthæmolysinerne, og ganske væsensforskellige fra de ægte Edderkoppers; Betegnelsen *Arachnolysin* kan derfor med samme Ret anvendes overfor Skorpionernes Hæmolysin, og noget saadant har selvfølgelig aldrig været SACHS' Mening.

Jeg foreslaar som Fællesbetegnelse for alle de hos de ægte Edderkopper forekommende Hæmolysiner Navnet *Araneilysin* (for de for varmblodige Dyr giftige Stoffer *Araneitoksin* og for de forekommende Tryptaser *Araneitrypsin*); de forskellige Arters Gifte, som *Epeiratoksin, Epeiralysin, Lathrodectuslysin* o. s. v., falder da naturlig her ind under.

Disse Undersøgelser over Korsedderkoppens Giftstoffer falder i to Grupper, nemlig: A. Undersøgelser over Giftkirtelens Sekret, og B. Undersøgelser over Epeiratoksin, -lysin og -trypsin. Da Giftkirtelsekretet maa betegnes som et overordentlig vanskelig tilgængeligt Materiale, er Undersøgelserne heraf naturligvis ret begrænsede og derfor alle samlede under A uden yderligere Gruppering. De under B nævnte tre Stoffer er imidlertid tilgængelige i saa godt som ubegrænsede Mængder, og Undersøgelserne herover er henført til tre særlige Afsnit.

A. Undersøgelser over Giftkirtelens Sekret.

Som omtalt er Edderkoppens Cheliserer toleddede. Basalledet er kraftig udviklet, hvorimod Endeleddet er betydelig mindre og kloformet; i dette sidstes Spids udmunder Giftkanalen, der strækker sig igennem Basalleddet og fører til den i den øverste Del af det uleddede Cephalothorax liggende langstrakte Giftkirtel.

Giftkirtelens Sekret er en klar, farveløs Vædske af en fad, undertiden let bitter Smag; dets Reaktion er ifl. BLACKWELLS (9) Forsøg sur, hvilken Angivelse findes hos KOBERT (2) og FAUST (20), og dette maa vel betegnes som den almindelige Opfattelse; da der imidlertid fandtes en Angivelse af KLINGER[1], ifølge hvilken Edderkoppernes Sekret har en neutral Reaktion, følte jeg mig foranlediget til selv at underkaste Spørgsmaalet om Giftens Reaktion en nærmere Undersøgelse.

Som allerede BLACKWELL (9) i Aaret 1848 bemærker, er det nødvendigt ved disse Undersøgelser at udvise stor Forsigtighed for ikke at faa Giften blandet med Dyrets Spyt, der — ligesom Blodet — reagerer ret stærkt alkalisk. Ved mine egne Undersøgelser er jeg gaaet frem paa følgende Maade: Dyret gribes ved Hjælp af en bred Pincet med et rask og sikkert Tag om Bagkroppen; i samme Øjeblik spærres Giftkrogene stærkt ud fra hinanden, og paa Spidsen af hver pipler hurtigt en lille klar Giftdraabe frem; denne opsuges straks af Lakmuspapir eller — hvad der er bedre — i et meget fint Haarrør; man maa paase, at Dyret ikke slaar Giftkrogene sammen og bider i Papiret eller Haarrøret, da derved let Spyt tilblandes. Det er nødvendigt at handle hurtig, og et godt Resultat opnaas ikke uden nogen Øvelse.

Et Forsøg ($^{19}/_{9}$ 1911) gav som Resultat, at Sekretet hos alle de undersøgte 10 Dyr reagerede stærkt alkalisk (paa Lakmuspapir).

Den $^{24}/_{9}$ 1911 undersøgtes 24 store Dyr, der var indfangede for 3 Dage tilbage, og som i dette Tidsrum ingen Føde havde indtaget. Giftsekretet af samtlige Dyr reagerede stærkt surt. For at undersøge, om den korte Sulteperiode var Aarsag til den sure Reaktion, fodredes hver Edderkop med en levende Flue. Alle Dyrene kastede sig graadig over Fluerne, og efter 5 Timers Forløb var saagodtsom alt forlængst opspist. Ved nu igen at undersøge Giftsekretet viste det sig, at det i alle Tilfælde reagerede stærkt alkalisk. En Del af Dyrene anbragtes i Iskælder (c.

[1] cit. efter KOBERT (2).

4—5° C.), medens Resten blev staaende ved Stuetemperatur, men saavel før som efter Fodring (hver 2den—3die Dag 1 Flue) reagerede Giften stadig alkalisk; Dyrenes Sekret undersøgtes med faa Dages Mellemrum — ogsaa efter længere Sulteperioder — til den $^{10}/_{11}$ 1911, men Reaktionen forblev i alle Tilfælde alkalisk.

Den $^{5}/_{10}$ 1911 undersøgtes 50 Edderkopper, der var indsamlede samme Dag, og alle Dyrenes Sekreter reagerede alkalisk.

Den $^{26}/_{9}$ 1911 indfangedes 10 store Dyr, hvis Sekret reagerede alkalisk; de blev staaende ved Stuetemperatur uden Foder; den 27. og 28. reagerede de alle alkalisk, den $^{29}/_{9}$ de 9 alkalisk og den ene sur, den $^{30}/_{9}$ alle alkalisk, den $^{2}/_{10}$ 9 alkalisk og 1 sur (ikke den samme som den $^{29}/_{9}$); den $^{3}/_{10}$ fik de alle en Draabe Vand, ligeledes den $^{5}/_{10}$ og $^{9}/_{10}$, og paa denne sidste Dag tillige hver en Flue, men i alle Tilfældene var Sekreternes Reaktion alkalisk.

Det synes saaledes ifølge disse Forsøg, at Edderkoppens Giftsekret kan have en højst forskellig Reaktion, svingende fra stærkt sur til stærkt alkalisk; i de undersøgte Tilfælde var Sekretets Reaktion dog overvejende alkalisk.

For at undersøge, om Giftstoffet indeholdt koagulable Proteinstoffer, opsamledes en ringe Mængde Sekret i et fint Haarrør, der efter at være tilsmeltet i begge Ender opvarmedes i Vandbad til forskellig Temperatur; Opvarmningen foretoges paa den Maade, at Haarrøret først anbragtes 5 Min. ved 50° C., hvorefter det iagttoges under Mikroskopet ved svag Forstørrelse og dæmpet Lys for at godtgøre, om der var indtraadt Koagulation eller ikke; derefter anbragtes det 5 Min. ved 55° C., og efter mikroskopisk Undersøgelse atter 5 Min. ved 60° o. s. v. med 5° Mellemrum til 100°. Det viste sig ved disse Forsøg, at begyndende Koagulation indtraadte ved 65° C., ved 70° C. var den stærkere og efter 5 Min. yderligere Ophedning til 75° C. var Koagulationen total, d. v. s., den skred ikke mere frem ved yderligere 5 Minutters Opvarmning i kogende Vand. Det fremgaar altsaa heraf, at Edderkoppens Giftsekret indeholder koagulable Proteinstoffer, hvis Koagulationstemperatur er den samme som for de almindelig kendte.

Paa Grund af det overmaade ringe Materiale var det ugørligt paa almindelig kemisk Vis nærmere at undersøge disse Proteinstoffers Natur; Forsøg paa ad biologisk Vej, d. v. s. ved Anvendelse af nogle af de almindelig anvendte Immunitetsreaktioner som Præcipitindannelse, Komplementbinding og Anaphylaxiforsøg at foretage videre Undersøgelser, bristede ligeledes og af samme Aarsag. Det vilde ellers ikke være uden Interesse paa denne Maade at foretage Identificeringsforsøg imellem Giftsekretets og f. Eks. Blodets Proteinstoffer.

At Edderkoppers Kirtelsekret ikke alene virker paa Insekter og lavere Dyr, men i flere Tilfælde ogsaa paa højere Dyr og Mennesker, er tidligere omtalt; experimentelle Undersøgelser over Giftsekretets Virkninger er imidlertid kun faa og alle af gammel Dato. Ifølge Angivelse af Kobert (2) har saaledes Luigi Toti (1787—1789)

og Reikem (1839) udført Undersøgelser i denne Retning, hvilke jeg allerede udførlig har beskrevet i Indledningen (p. 326—10). Efter disse og andre Forsøg kan der ikke være ringeste Tvivl om, at Edderkopper i deres Giftsekret besidder en Gift, der er dem til stor Nytte som Forsvarsmiddel og til Drab af Bytte, men hvis saavel kvalitative som særlig kvantitative Virkninger naturligvis varierer stærkt hos de forskellige Arter.

Som tidligere omtalt angriber Korsedderkoppen kun meget sjælden Mennesker, og dens Bid antages i Almindelighed at være ganske ufarligt; imidlertid har dog Ozanam (1) (1856) iagttaget Leddesmerter, almindelig Mathed, Blødninger, Hovedpine samt Kolik hos Mennesker, der var blevne bidte af disse Dyr. Da tilmed Korsedderkoppen er i Slægt med to saa ondartede Edderkopper som Epeira lobata og Epeira fasciata, og da Kobert (2) har paavist, at de i Korsedderkoppen indeholdte Giftstoffer er af lignende Virkning som Giften i de for Mennesker og Dyr saa farlige russiske Lathrodectusarter, er der Grund til at formode, at vor almindelige Korsedderkops Giftsekret ikke tør betragtes som ugiftigt for varmblodige Dyr. Grunden til, at man saa at sige aldrig hører om Forgiftninger af denne Art, maa søges dels i den Kendsgerning, at Korsedderkopper kun sjælden — i ophidset Tilstand — angriber Mennesker, og dels i, at deres Bideredskaber er for svage til at bide igennem den menneskelige Hud.

Jeg havde oprindelig tænkt mig at indsamle saa meget af Edderkoppernes Kirtelsekret, at det dermed vilde være muligt at gennemføre mindre Forsøgsrækker; men det viste sig hurtig at være uigennemførligt. Den Giftmængde, der fra en stor Korsedderkop efter en enkelt Udtømning kan opsamles i et Haarrør, er som Regel saa lille, at den vanskelig lader sig veje. Ved hver Dag i 8 Dage at udvinde Giftsekret fra c. 100 store og velvoksne Dyr lykkedes det at indsamle c. 82 Milligram. Hvis det skulde være muligt at udføre nogenlunde omfattende Forsøg med denne Gift, maatte den i hvert Fald være i Besiddelse af en meget stærk Giftighed. Ved efter Opløsning i 0,9% holdig Klornatriumopløsning at injicere Halvdelen af denne Giftmængde i Peritonæum paa en lille Mus (7 g) og Resten intravenøst paa en lille Kanin (840 g) forblev imidlertid begge Dyrene sunde og tiltog normalt i Vægt, saa Giftigheden overfor disse to Forsøgsdyr er i hvert Fald ikke overvældende stor.

Nu ved man intet om, hvor stor Tørstofmængden i Giftsekretet er, og den kan vel forøvrigt være ret svingende; hvis vi imidlertid antager, at den i dette Tilfælde udgjorde c. 30% (Giftsekreterne af Slanger og Bier indeholder som Regel c. 30% Tørsubstans), saa har Musen og Kaninen faaet hver c. 12 mg Tørstof, hvoraf langt den overvejende Mængde efter al Sandsynlighed er organiske Bestanddele.

Af de senere beskrevne Forsøg over Edderkoppeserums Giftighed vil man se, at dræbende Dosis heraf for en Mus paa c. 7 g vilde være c. 1,3 mg organisk Stof og for en Kanin paa c. 1 kg c. 20 mg org. Stof ved de omtalte Injektionsmethoder; der synes saaledes at være Sandsynlighed for, at Edderkoppernes Giftsekret er langt mindre giftigt for varmblodige Dyr end deres Blod-

vædske, og det turde vel være et Spørgsmaal, om de giftige Bestanddele, der findes udbredt i Dyrenes Legeme, særlig i Bagkroppen, og som vi senere omtaler under Navn af *Epeiratoksin*, overhovedet forekommer i Giftkirtelens Indhold.

Som de senere Forsøg vil vise, findes Epeiratoksinet ikke hos Dyrene til alle Aarstider, men kun i de senere Sommer- samt Efteraarsmaaneder (i Ægdannelsens Periode), og da Edderkopperne ogsaa udenfor denne Tidsperiode dræber Insekter, maa man formode, at Epeiratoksinet og den specifike Kirtelgift (ihvertfald hvad Giftigheden overfor Insekter angaar) næppe er identiske.

Da det maa antages, at Giftsekretet har en udpræget Virkning f. Eks. overfor Fluer, var der en Mulighed for at anvende disse Insekter som Forsøgsdyr; der udførtes ogsaa nogle Forsøg i denne Retning, idet der ved Hjælp af et lille Glasrør med en meget fint udtrukken Spids og forsynet med Gummihætte injiceredes smaa Mængder af Opløsninger af Giftsekretet i Abdomen paa Fluer; adskillige af disse Dyr døde ogsaa efter kortere eller længere Tid, men ved at anstille Kontrolforsøg med Injektion af fysiologisk Klornatriumopløsning, opnaaedes ganske samme Resultater, og allerede Læsionen ved Indsprøjtningen er aabenbart ofte tilstrækkelig til at hidføre Døden. Heller ikke ved at lade Fluerne svømme rundt i en Opløsning af Giftsekretet lykkedes det at fremkalde nogen iøjnefaldende Forgiftning.

I deres Studier over Cobragiftens og Bigiftens Virkninger anvendte Bang & Overton (21) Haletudser som Forsøgsdyr; jeg har ladet saadanne svømme rundt i en Opløsning af Korsedderkoppens Giftsekret, men med det Resultat, at Dyrene forblev sunde. Det maa dog erindres, at de her anvendte Giftopløsninger ifl. Sagens Natur var overmaade svage, hvorfor det ikke er udelukket, at en mere koncentreret Opløsning kunde have nogen Virkning. Giftsekretet har sandsynligvis været anvendt i en Fortynding fra 1--5000 til 1—10000 og i samme Styrke ved de ovenfor omtalte Forsøg med Fluer.

Det er interessant i denne Forbindelse at erindre sig Blackwells (9) tidligere omtalte Undersøgelser over Edderkoppegiftens Indvirkning paa Insekterne. Af en stor Række Forsøg slutter B. nemlig, at Edderkoppens Giftsekret i Virkeligheden er uden Virkning paa disse, men at Dyrene efter et eller flere Bid dør udelukkende som Følge af den mekaniske Læsion.

Nogle af hans Forsøg skal her anføres:

Dato	Edderkoppens Navn	Det stukne Insekts Navn	Virkning
7/8	Epeira diadema	Vespa vulgaris	† efter 13 Timer
--	—	Bombus terrestris	† — 58 —
8/8	Segestria senoculata	Musca vomitoria	† — 48 —
13/8	—	Acrida viridissima	† — 48 —
14/8	Epeira diadema	—	† — 48 —
29/8	Epeira quadrata	„Hive-bee“	† — 2 —
3/9	Segestria senoculata	Tipula oleracea	† — 3½ —
7/9	Epeira diadema	Musca vomitoria	† — 28 —
—	Epeira quadrata	Tipula oleracea	† — 23 —

For at godtgøre, at disse Insekter er døde af den mekaniske Læsion alene, har B. udført nogle andre Forsøg, hvor han indskrænker sig til at stikke Insekterne med en fin Naal.

$^{10}/_{9}$. Musca vomitoria stikkes i venstre Side af Abdomen med en fin Naal — døde efter 4 Timer.

$^{10}/_{9}$. Musca vomitoria stikkes i venstre Side af Abdomen med en fin Naal — døde efter 4 Timer.

$^{10}/_{9}$. Acrida viridissima stikkes dybt i højre Side af Abdomen med en fin Naal — døde efter 53 Timer.

$^{10}/_{9}$. Vespa vulgaris stikkes dybt i højre Side af Abdomen med en fin Naal — døde efter 8 Timer.

Det forekommer mig dristigt at drage Sammenligninger imellem disse to Forsøgsrækker, da det vel maa betragtes som overmaade vanskeligt fuldstændig at efterligne Edderkoppens Stik; Naalestikkene har utvivlsomt i disse Tilfælde været af en noget grovere Art. Blackwells Forsøgsresultater er da ogsaa, som omtalt p. 327, blevet imødegaaet af Bertkau (10), der netop betoner, at Biddets Hovedvirkning ikke ligger i den mekaniske Læsion, men i den indsprøjtede Gift. Til Forsøgene anvendte han *Meta Merianae, Philoica domestic.* og *Amaurobius ferox*. Efter Biddene blev Fluerne øjeblikkelig lammede, tumlede fra den ene Side til den anden og døde paa 2—3 Minitter. Bertkau iagttog forøvrigt, at Biddets Virkning var mindre i fugtig og kølig Luft, og antyder Muligheden af, at Blackwell har foretaget sine Forsøg under saadanne ugunstige Omstændigheder, eller at han har anvendt Dyr, der i længere Tid har været holdt i Fangenskab og derfor mistet noget i Virksomhed; at saadanne Dyrs Bid taber en Del i Virkning er iagttaget af Ludeking[1] for *Mygele Sumatrensis*' Vedkommende.

A. Forel (5) har ladet mindre Insekter bide af Edderkopper og konstateret, at Insekterne efter Edderkoppens første Bid dræbtes næsten øjeblikkelig, medens de Dyr, der derefter blev bidt, meget ofte kom uskadt over det, og slutter heraf, at Giftkirtelen ved det eller de første Bid tømmes mere eller mindre fuldstændig.

For selv at undersøge disse Forhold har jeg udført følgende Forsøg:

Store *Epeira diadema*, der havde sultet i c. 2 Døgn, anvendtes; til hver af de anførte Tider bed Edderkopperne i en Flue; ved at holde Fluen med en Pincet i den ene Vinge og lade den svirre kraftigt i Edderkoppens umiddelbare Nærhed lykkedes det altid at faa Edderkoppen tirret til et hæftigt Angreb, der i ethvert Tilfælde indledtes med et kraftigt Bid. For straks efter dette Bid atter at frigøre Fluen, trykkedes Edderkoppens Abdomen svagt med en Pincet, hvorefter den øjeblikkelig gav slip paa Byttet. De saaledes stukne Fluer anbragtes i hver sin lille Petriskaal og iagttoges med smaa Mellemrum.

Resultatet af Forsøgene, der udførtes den $^{16}/_{10}$ 1911 og nærmest følgende Dage, var følgende:

[1] cit efter Kobert (2).

Edderkop No. 1.

Biddets No.	Fluen bidt	Virkning
1	10^{30}	stærk Parese, † 11 Minutter
2	10^{34}	— — efter 4—5 Timer igen ganske frisk
3	10^{36}	— — — 4—5 — — —
4	10^{37}	svag — — 4—5 — — —
5	10^{40}	— — — 2—3 — — —
6	10^{44}	— — — 2—3 — — —
7	10^{48}	— — — 2—3 — — —
8	10^{52}	ingen — forbliver ganske frisk
9	10^{55}	— — — —
10	10^{57}	† 30 Sekunder
11	10^{59}	ingen Parese, forbliver ganske frisk.
15 Minutters Pavse.		
12	11^{14}	stærk Parese, † 4 Timer
13	11^{18}	† 10 Sekunder
14	11^{25}	svag Parese, efter 3 Timer igen ganske frisk
15	11^{30}	ingen Parese, forbliver ganske frisk.

De to Fluer, der 10^{57} og 11^{18} blev bidt af Edderkop No. 1, blev begge bidt i Hovedet, hvad der maa antages at være Aarsagen til den hurtig paafølgende Død. At Edderkopperne bider deres Bytte (Fluer) i Hovedet er — efter mine Iagttagelser — overmaade sjældent, og finder vist kun Sted, naar Dyret — som i dette Tilfælde — er bragt til det yderste Raseri, thi i saa Fald foregaar Biddene ofte ganske i Blinde.

Edderkop No. 2.

Biddets No.	Fluen bidt	Virkning
1	1^{35}	stærk Parese, † 22 Minutter
2	1^{38}	— — † 23 —
3	1^{40}	— — efter 4—5 Timer ganske frisk
4	1^{44}	— — — 8—10 — —
5	1^{46}	— — — 8—10 — —
6	2^{00}	ingen — ganske frisk
7	2^{01}	svag — 10 Minutter efter ganske frisk
8	2^{02}	— — 30 — — —
9	2^{03}	ingen — forbliver ganske frisk.
10	2^{05}	— — — —
11	2^{07}	— — — —
12	2^{09}	— — — —

Edderkop No. 3.

Biddets No.	Fluen bidt	Virkning
1	10^{20}	m. stærk Parese, † 10 Minutter
2	10^{22}	— — † 8 —
3	10^{25}	stærk — efter 4—5 Timer nogenlunde frisk
4	10^{28}	— — — 4 Timer ganske frisk
5	10^{30}	svag — — 1 — —
6	10^{33}	— — hurtig frisk
7	10^{36}	ingen — forbliver ganske frisk
8	10^{38}	— — — —
9	10^{41}	svag — hurtig frisk
10	10^{44}	ingen — forbliver ganske frisk.

Edderkop No. 4.

Biddets No.	Fluen bidt	Virkning
1	9^{30}	m. stærk Parese, † 3 Minutter
2	9^{32}	stærk — † 22 —
3	9^{35}	— — † 6 —
4	9^{37}	— — efter 4—6 Timer ganske frisk
5	9^{41}	m. stærk — † 26 Minutter
6	9^{43}	stærk — efter 4 Timer ganske frisk
7	9^{45}	svag — hurtig frisk
8	9^{48}	ingen — forbliver ganske frisk.
9	9^{51}	— — — —
10	9^{53}	— — — —

Det fremgaar af Forsøgene, at det som Regel kun er de første to—tre Bid, der er farlige for Fluerne (i et Tilfælde var dog det femte Bid dødeligt), medens de senere tilsyneladende kun har ringe eller slet ingen Virkning (alle de overlevende Fluer iagttoges i 4 Døgn). Dette maa vel antages at skyldes den Omstændighed, at Giftkirtelen efter det eller de første Bid tømmes, og at det derpaa tager nogen Tid, forinden ny Gift i tilstrækkelig Mængde atter findes i Giftkirtelen. Ifølge Forsøget med Edderkop No. 1 synes det, som om denne Dannelse eller Tilstrømning af Gift foregaar ret hurtig, idet allerede en Pavse paa 15 Minutter i dette Tilfælde var tilstrækkelig til at samle saa meget Giftsekret, at en Flue dermed dræbtes paa 4 Timer.

Ganske lignende Forhold træffer man hos Giftslangerne. Hos disse Dyr er Giftkirtelens Indhold ret svingende, men ikke alene afhængig af, om Dyret netop har bidt eller ikke; Slangens Almenbefindende, nervøse Indflydelser, Biddets Hæftighed,

Omgivelsernes Temperatur, Vand- og Næringsoptagelse samt Næringens Art, er Faktorer, som kan være af Betydning for disse Forhold. Det er vel ingenlunde usandsynligt, at noget lignende kan spille en Rolle for de analoge Forhold hos Edderkopperne. Det er en almindelig Iagttagelse, at Slangernes Bid er farligere paa meget varme Dage end paa Dage, hvor Temperaturen er lavere, og i Literaturen træffer man ogsaa Angivelser om, at Edderkopperne er mest giftige i den varmeste Aarstid; Ozanam (1) mener endda, at Edderkopperne k u n er giftige i den varme Aarstid, Juni, Juli og August, i Befrugtnings- og Formeringsperioden. Disse Angivelser gælder dog vist kun Giftigheden overfor Mennesker og større Husdyr; thi at Edderkoppernes Giftsekret er i høj Grad virksomt f. Eks. overfor Insekter ogsaa udenfor denne Periode, derom er der næppe nogen Tvivl.

Det er almindelig kendt, at en Række dyriske Gifte (f. Eks. Kirtelsekreterne af Slanger, Bier, Scorpioner o. fl. a.) kan optræde som stærke Blodgifte, der blandt andet viser sig ved deres Evne til at opløse forskellige Dyrs røde Blodlegemer, enten alene eller i Forbindelse med Lecithin eller andre aktiverende Stoffer.

For at undersøge Edderkoppens Kirtelsekret foretoges følgende Forsøg:

15/9 1911. 6 Fluer blev bidt af hver sin Epeira diadema i nogle faa Sekunder (ved et let Tryk paa Edderkoppens Bagkrop slipper den straks Fluen), og disse Fluer udreves straks med 2 cm³ 0,9% holdig Klornatriumopløsning; efter 10 Min. Henstand ved Stuetemperatur centrifugeredes Vædsken, og det klare Centrifugat undersøgtes straks paa Indhold af Hæmolysin ved at blande det med en Opslemning af Blodlegemer i fysiologisk Klornatriumopløsning. Til disse og en stor Del af de efterfølgende Undersøgelser anvendtes Kaninblodlegemer, da disse er stærkt følsomme for saa godt som alle kendte Hæmolysiner, saaledes i høj Grad ogsaa for det senere omtalte Epeiralysin.

Det defibrinerede Kaninblod centrifugeres og vadskes — efter Frasugning af Serum — 2 Gange med 0,9% holdig Klornatriumopløsning; af de vaskede Blodlegemer fremstilles en 2% Opslemning i en Klornatriumopløsning af den nævnte Styrke. Den i Reagensglasset afmaalte Hæmolysindosis fortyndes med Klornatriumopløsning til 1 cm³, og efter Tilføjelse af 1 cm³ 2% Blodlegemeopslemning og Omrystning anbringes Blandingerne 2 Timer i en Vandtermostat ved 37° C.; efter denne Tid kan Hæmolysen (i hvert Fald den totale) straks aflæses. Hvis man ønsker Oplysning ogsaa om den partielle Hæmolyse, hvilket som oftest er Tilfældet, anbringes Reagensglassene efter Udtagelsen af Vandbadet i Iskælder ved 2—3° C., hvor de henstaar Natten over; næste Morgen har Blodlegemerne sat sig til Bunds, og den partielle Hæmolyse kan da aflæses, eventuelt ved Hjælp af en Farveskala. Dette er i Korthed den Teknik, der anvendes og i en længere Aarrække har fundet Anvendelse bl. a. paa Statens Seruminstitut ved Forsøg over Hæmolysiner. Denne Teknik er oprindelig angivet og senere forbedret af Th. Madsen (22).

0,9 cm³ Flue-Extrakt + 0,1 cm³ 0,9% NaCl + 1 cm³ 2% Kaninblodlegemer — ingen Hæmolyse.

0,9 cm³ Flue-Extrakt + 0,1 cm³ Lecithinemulsion (1—100) + 1 cm³ 2% Kaninblodlegemer — ingen Hæmolyse.

16/9 1911.

1) 3 Fluer bides af 3 Edderkopper; Fluerne tages fra Edderkopperne efter 2 Min.
2) 3 Fluer bides af 3 Edderkopper; Fluerne tages fra Edderkopperne efter 5 Min.
3) 3 Fluer bides af 3 Edderkopper; Fluerne tages fra Edderkopperne efter 15 Min.

I 1) var ingen af Fluerne synlig fordøjede, i 2) var alle stærkt fordøjede og i 3) var alle stærkt fordøjede og tildels opsugede.

Ved Extraktion af disse Fluer med 2 cm³ 0,9% holdig NaCl-Opløsning og videre Undersøgelse som i det foregaaende Forsøg fremkom i intet Tilfælde Hæmolyse hverken uden eller med Lecithin.

Efter disse Forsøg er der ingen Grund til at antage, at Edderkoppens Kirtelsekret er i Besiddelse af hæmolytiske Egenskaber, og da de delvis fordøjede Fluer var stærkt gennemarbejdede med Spyt, maa det formodes, at heller ikke dette Sekret er hæmolytisk virksomt.

Man kan naturligvis mod disse Forsøg gøre bl. a. den Indvending, at et eventuelt forekommende Hæmolysin kan være absorberet (bundet) af Fluernes Cellevæv, saaledes at det ikke kan indvirke paa Kaninblodlegemerne, eller det kan tænkes, at det paa en eller anden Maade er blevet destrueret.

Der udførtes derfor nogle andre Forsøg, hvor Giften enten opsugedes af smaa Stykker Filtrerpapir og straks ekstraheredes med NaCl-Opløsning eller optoges i fine Haarrør og derefter opløstes i Klornatriumopløsning; i det første Tilfælde toges Giften af 38 og i det sidste Tilfælde af 46 store Dyr, men ingen af de saaledes fremstillede Giftopløsninger fremkaldte nogen Hæmolyse, hverken uden eller med Tilsætning af Lecithin.

Det kan ifølge tidligere Forsøg antages, at den største anvendte Sekretmængde har været c. 3—5 mg, og da der ved disse sidstnævnte Forsøg benyttedes 0,2 cm³ 1% Kaninblod og et Totalvolumen paa 0,4 cm³, har Sekretet saaledes været undersøgt i en mindste Fortynding c. 1—100. Da Dyrenes Blodvædske paa dette Tidspunkt gav total Hæmolyse af Kaninblodlegemer i en Fortynding c. 1—2000, maa man antage, at Epeiralysinet ikke gaar over i Giftkirtelens Sekret. Da Epeiratoksin og Epeiralysin ifølge de senere meddelte Undersøgelser maa betragtes som værende to Funktioner, knyttede til samme Stof, stemmer disse Iagttagelser godt med de p. 333 omtalte.

Det fremgaar i hvert Fald af disse og flere lignende Forsøg, at der i Giftsekretet hos Epeira diadema ikke findes noget paa Kaninblodlegemer stærkt virkende Hæmolysin.

Som en Følge af den ejendommelige Bygning af den øverste Del af Edderkoppernes Fordøjelseskanal, kan disse Dyr kun indtage flydende Næring, og Dyrene er derfor ogsaa i Stand til i Løbet af kort Tid at gøre den største Del af deres Bytte

(Fluer) flydende; ved denne Proces er utvivlsomt talrige Enzymer virksomme, hvoriblandt de proteinstofspaltende („peptoniserende") maa spille en fremtrædende Rolle. At saadanne Enzymer findes i Spytsekretet er tidligere paavist af WESTBERG, P. (12); i denne Forbindelse vilde det være af Interesse tillige at undersøge, om selve Giftsekretet ogsaa var i Besiddelse af proteolytiske Egenskaber. (Som vist bl. a. af FLEXNER & NOGUCHI (23), DELEZENNE (24) indeholder Slangegiften betydelige Mængder proteolytisk Enzym).

Dette undersøgtes ved at blande Giftsekretet med en mindre Mængde 7% Gelatineopløsning dels svagt sur, dels neutral og dels svagt alkalisk, en Methode til Paavisning af proteolytiske Enzymer, der først er foreslaaet af FERMI (25), senere udarbejdet paa Statens Seruminstitut af MADSEN & WALBUM (26), og der anvendt til en stor Række kun tildels publicerede Undersøgelser, derefter i den nyeste Tid kritisk gennemgaaet og uddybet af PALITZSCH & WALBUM (27) ved Arbejder over den tryptiske Gelatinespaltning; efter 2 Timers Henstand ved 37° C. anbragtes Blandingerne paa Is til næste Dag, hvorefter Aflæsningen foretoges; Blandingerne i alle Glas var da stivnede, hvilket vil sige, at der ikke fandtes proteolytiske Enzymer i Giftsekretet i tilstrækkelig Mængde til at nedbryde den anvendte lille Gelatinemængde i en saadan Grad, at den derved mistede sin Evne til at stivne ved Afkøling. Tilsvarende Forsøg med Edderkoppespyt (halvt fordøjede Fluer) viste, at dette var meget stærkt virksomt ved svag alkalisk Reaktion, idet Gelatineblandingerne efter Afkølingen fandtes flydende; de fornødne Kontrolprøver med Gelatine alene uden Enzym var i alle Tilfælde stivnede efter Afkølingen.

Undersøgelserne af Epeira diademas Giftsekret har saaledes givet følgende Resultater:

1) Reaktionen kan svinge fra sur til alkalisk, men var dog i de foreliggende Tilfælde overvejende alkalisk.

2) Sekretet indeholder koagulable Proteinstoffer, hvis Koagulationstemperatur er den samme som den for Proteinstoffer almindelige.

3) Sekretet er stærkt giftigt for Fluer; ved det eller de første Bid tømmes Giftkirtelen; ny Gift dannes dog ret hurtig igen.

4) Sekretet synes ikke at indeholde det for varmblodige Dyr meget giftige Epeiratoksin.

5) Det bl. a. for Kaninblodlegemer giftige Epeiralysin synes heller ikke at være tilstede i Sekretet; ved Tilføjelse af Lecithin bliver Sekretet ikke hæmolytisk virksomt.

6) Sekretet indeholder intet proteolytisk Enzym (Gelatine), i Modsætning til Dyrenes Spyt, der er stærkt virksomt ved svag alkalisk Reaktion.

B. Undersøgelser over Epeiratoksin, -lysin og -trypsin.

I. Epeiratoksin.

KOBERT er den eneste, der har foretaget rationelle Undersøgelser over dette Giftstof, der findes i forskellige Edderkoppers Legeme; Resultaterne er sammenfattede i den tidligere omtalte Monografi (2). Det langt overvejende Antal af KOBERTS Forsøg er udførte med Ekstrakter af russiske Karakurter (Lathrodectus Erebus), medens et mindre Afsnit omhandler Forsøg med tyske Arter (Chiracanthium nutrix, Epeira diadema, Tegenaria og enkelte andre).

KOBERT finder, at medens Ekstrakter af Lathrodectus og Epeira er overordentlig stærkt giftige, er Ekstrakter af de andre nævnte Arter (ligesom af den russiske Tarantel) ganske uvirksomme.

Da KOBERT begyndte paa sine Undersøgelser over Edderkoppegifte, gik han ud fra, at de virksomme Stoffer kun fandtes i Giftkirtelen, og for til sine pharmakologiske Forsøg at faa Giften i Opløsning, udrev han derfor kun Cephalothorax (hvori jo Giftkirtelen findes) med fysiologisk Kogsaltopløsning. Ved de videre Forsøg viste det sig imidlertid, at ogsaa Ekstrakterne af Bagkroppen og selv af Benene var stærkt giftige, samt at Forgiftningsbilledet hos Forsøgsdyrene var ganske det samme i alle Tilfælde. I Æggene og i de nyfødte Dyr paaviste K. ligeledes Tilstedeværelsen af store Giftmængder, og sluttede deraf, at disse Ekstrakters Giftighed ikke kan være afhængig af Giftkirtelen og dens Indhold, samt at det giftige Stof findes overalt i Dyrenes Legeme og allerede er tilstede i Æggene.

En stor Del af mine Forsøg med dette Giftstof — Epeiratoksinet — er udført med vandige Ekstrakter af de hele Dyr; til et ikke ringe Antal Forsøg er dog anvendt Edderkoppeserum og Opløsninger heraf.

Edderkoppeserum udvandtes i Begyndelsen ved at overklippe et af Dyrets Ben og opsuge det frempiblende Blod i Pasteurpipetter. Det var oprindelig min Hensigt ved Hjælp af saadanne med Dages Mellemrum foretagne Aareladninger at blive i Stand til bl. a. at undersøge eventuelle Svingninger i Blodvædskens Indhold af Giftstoffer under forskellige Forhold, men dette lod sig imidlertid ikke gøre, da saa godt som alle de Dyr, der paa denne Maade havde mistet et Ben, var døde

næste Dag. Da det saaledes kun var muligt at aarelade Dyret een Gang, gjaldt det om at finde en bedre Fremgangsmaade, hvorved Udbyttet af Blodvædske blev større. Jeg gik da frem paa følgende Maade: Dyret gribes med en Pincet om Bagkroppen og trykkes med Bugsiden mod en Bordflade; med en spids og meget skarp Kniv gennemstikkes omtrent den nederste Del af Cephalothorax, den øjeblikkelig udstrømmende Blodvædske opsuges og blæses straks ud i et lille Reagensglas; af en stor Epeira diadema faas paa denne Maade ofte 0,1 cm^3 Blodvædske eller mere.

Edderkoppeblod er oftest gulfarvet med en smudsig brunlig Tone og undertiden uklart; ikke sjælden er det dog stærkt brunligt eller grønligt farvet. Blodet koagulerer meget hurtig, som Regel c. 1 Minut efter Udtagelsen under samtidig Dannelse af et meget lille hvidligt Koagel, der indeslutter de amøbelignende, farveløse Blodceller, og under Udskillelse af et som oftest ganske klart Serum. Dette Serum reagerede alkalisk paa Lakmuspapir; i c. 3 cm^3 frisk samlet Serum ($^{21}/_{9}$ 1912) bestemtes Brintionkoncentrationen ad elektrometisk Vej ved 18° C[1] til p_H = 7,63. I en anden Serumprøve ($^{8}/_{10}$ 1912) fandtes p_H = 7,73.

Det maa dog bemærkes, at der ved disse Bestemmelser ikke er taget Hensyn til et eventuelt Indhold af Kulsyre, fordi jeg ikke raadede over saa store Mængder Edderkoppeserum, som der vilde kræves for at udføre Forsøget i et Hasselbalchs Apparat (28) (60—100 cm^3)[2]; ved Forsøgene, der saaledes foretoges i et almindeligt lille Elektrodekar ved stadig Brintgennemledning, blev Spændingen imidlertid konstant i Løbet af c. 30 Minutter, og man tør vel heraf slutte, at den eventuelle Kulsyremængde ikke har været betydelig.

Det fremgaar imidlertid af Forsøgene, at Edderkoppeserum er en alkalisk reagerende Vædske, hvis Brintionkoncentration ligger meget nær ved den for Pattedyrserum normale. Da det først var i 1910, at K. A. Hasselbalch (28) offentliggjorde sin Methode til Brintionkoncentrationsbestemmelser i kulsyreholdige Vædsker, er det ifølge Sagens Natur kun faa Maalinger i Blod og Serum, der i Øjeblikket foreligger. Ifølge Lundsgaard (29) har defibrineret Okseblod en Brintionkoncentration p_H = 7,36, hirudiniseret Kaninblod p_H = 7,33 og hirudiniseret Menneskeblod p_H = 7,19. Forf. finder, at Serum er noget mere alkalisk end selve Blodet og angiver for Okseblod p_H = 7,33 og for Okseserum 7,64. Ved senere Undersøgelser af Hasselbalch (30) angives Brintionkoncentrationen i venøst Menneskeblod dog til p_H = 7,35.

I de to nævnte Serumprøver toges tillige Vægtfylden ved Hjælp af et lille Pyknometer, og tillige bestemtes Indholdet af Tørsubstans (Serum indtørret til konstant Vægt ved 105° C.).

Serumprøven fra $^{21}/_{9}$ 1912 havde Vægtfylden 1,0151 og 6,93 % Tørsubstans.
— - $^{8}/_{10}$ 1912 — — 1,0147 og 6,84 % —

[1] De anvendte Methoder til elektrometrisk Bestemmelse af Brintionkoncentrationen er de samme, som er udarbejdede af S. P. L. Sørensen (56) og anvendes paa Carlsberg Laboratoriet.

[2] Senere har K. A. Hasselbalch (30) angivet en Fremgangsmaade, hvorefter det er muligt at udføre Bestemmelsen med en betydelig mindre Vædskemængde.

Blodets Vægtfylde og Tørstofindhold kan dog under særlige Forhold variere betydelig, og er bl. a. i høj Grad afhængig af Dyrenes Ernæringstilstand og navnlig af, om Dyrene har faaet rigelig flydende Næring (Vand) eller ikke. Noget tilsvarende er ikke ukendt for højere Dyrs Vedkommende; i den seneste Tid har saaledes W. Baggerd (31) vist, at store Vædskeoptagelser hos Mennesker foraarsager en Nedsættelse af Blodets Æggehvidekoncentration.

Følgende Forsøg giver et godt Begreb om, hvor store saadanne Svingninger kan være hos Edderkopperne:

Den $^{1}/_{11}$ 1912 indfangedes en Del Epeira diadema og henstilledes i hver sin Glasskaal i 8 Døgn ved Stuetemperatur uden at modtage Næring af nogen Art; den $^{9}/_{11}$ aarelodes Halvdelen af Dyrene, og Tørstofindholdet i det sammenblandede Serum bestemtes til 8,09 %; den anden Halvdel fodredes med Vanddraaber, som begærlig indsugedes, og 1 Time efter aarelodes de alle; i disse Dyrs Serum var Tørstofindholdet 5,21 %.

De til Forsøgene anvendte vandige Ekstrakter af de hele Dyr eller Dele deraf er tilberedt paa den Maade, at Dyrene er revet fint i en Porcellænsmorter med den angivne Mængde 0,9 % holdig Opløsning af Klornatrium. Alle Ekstraktionerne er (naar ikke andet er anført) foretagne med fysiologisk Kogsaltopløsning, dels af Hensyn til en bedre Ekstraktion af Globulinerne og dels af Hensyn til de osmotiske Forhold, der navnlig ved de hæmolytiske Forsøg er af stor Betydning. I Almindelighed centrifugeredes eller filtreredes Blandingerne allerede efter 1 Times Forløb, da det ved Forsøg viste sig, at alle de virksomme Stoffer efter denne Tid var bragt i Opløsning.

Saafremt de saaledes fremstillede Ekstrakter var bestemt til Opbevaring udover nogle faa Dage, rystedes de med et ringe Overskud af Toluol og henstilledes i Iskælder ved 2—3° C. Disse Ekstrakter havde som Regel amphoter Reaktion overfor Lakmuspapir. I 3 Ekstrakter (1 g Dyr + 10 g NaCl-Opløsning) bestemtes Brintionkoncentrationen elektrometrisk ved 18° C.

Ekstrakt tilberedt $^{23}/_{8}$ 1912 — $p_H = 5{,}91$
„ „ $^{28}/_{9}$ 1912 — $p_H = 6{,}01$
„ „ $^{14}/_{9}$ 1912 — $p_H = 6{,}08$

Giftens Virkning paa Katte og Hunde er undersøgt af Kobert (2), der finder, at Forgiftningsbilledet for Epeiragiften er ganske det samme som for Lathrodectusgiften, den Gift, hvormed K. har udført Størstedelen af sine Undersøgelser.

Forgiftningens Forløb hos Hunde og Katte beskriver K. saaledes: Øjeblikkelig Parese af alle virkaarlige og meget snart ogsaa af alle uvilkaarlige Muskler; hurtig indtræder Aandenød og Lungeødem. Allerede tidligere kan der vise sig almindelige Trækninger, ja selv Tetanus. Hjerte og Lunger synes omtrent samtidig at indstille deres Virksomhed. Kobert har ikke fuldført sine Forsøg med Epeiragiften

paa at bestemme den mindste dræbende Dosis for sine Forsøgsdyr, men i hvert Fald virker en Dosis omkring 2 mg organisk Substans pr. kg Legemsvægt dræbende saavel paa Hunde som paa Katte. Forsøgene med Lathrodectusekstrakt er udførligere og viser, at dræbende Dosis for Katte er c. 0,0002—0,00035 g organisk Stof[1] pr. kg Legemsvægt, samt at dræbende Dosis for Hunde ligger ubetydelig højere; disse Tal gælder for den intravenøse Injektion af Giften. Virkningen paa Kaniner har KOBERT ikke undersøgt for Epeiragiftens Vedkommende.

Da Kaniner vel maa siges at være de ved Undersøgelser over Immuniseringsforhold almindeligst anvendte Forsøgsdyr, og da disse er lettere tilgængelige og mindre vanskelige at arbejde med end Katte og Hunde, har jeg til mine Undersøgelser af denne Art hovedsagelig anvendt Kaniner.

Forgiftningen hos Kaninen (efter en intravenøs Giftinjektion) forløber som Regel saaledes, at Dyret straks efter Injektionen tilsyneladende befinder sig godt, men bliver efterhaanden døsigt og mat og sidder stille hen, indtil der, nogle Minutter før Døden indfinder sig, optræder pludselige og meget voldsomme Krampeanfald, der kaster Dyret frem og tilbage; disse Kramper varer oftest kun c. eet Minut, hvorefter Dyret bliver stærkt dyspnoeisk og dør hurtig.

Den Hastighed, hvormed Forgiftningen forløber, er naturligvis i højeste Grad afhængig af den injicerede Giftmængdes Størrelse; ved meget store Giftdoser optræder Kramperne umiddelbart efter eller endogsaa under selve Injektionen, og Dyret dør i Løbet af faa Sekunder. Ved mindre Doser forlænges den Tid, der forløber mellem Injektionen og Krampernes Optræden. Ved endnu mindre Doser indtræder disse Kramper ikke, Dyret sidder stille hen i 10—20 Timer, hvorefter det atter faar sin naturlige Livlighed tilbage og vedbliver at befinde sig godt. Det har ved mine Forsøg vist sig, at saafremt de nævnte Krampeanfald ikke har indfundet sig 8—10 Timer efter Giftinjektionen, indfinder de sig ikke, og Dyret dør ikke; i dette Forhold minder Epeiratoksinet meget om Slangegiftene. I de Forsøg, som KOBERT (2) har foretaget med denne Gift, og hvor han har anvendt den intravenøse Injektionsmaade, dør Forsøgsdyrene (8 Katte, 3 Hunde og 1 Ræv) som Regel paa mindre end 25 Minutter, og kun i to af Tilfældene

[1] Bestemmelsen af Mængden af organisk Stof foretog KOBERT paa den Maade, at han inddampede Opløsningen i en Platindigel til Tørhed og tørrede Resten ved 100—105° C. til konstant Vægt; derefter bortglødedes de organiske Bestanddele, Digelen vejedes atter, og Vægtforskellen angav Mængden af organisk Stof. KOBERT er selv klar over, at han ved denne Fremgangsmaade let faar for høje Værdier, men trøster sig med, at de angivne Dosisberegninger saaledes kun kan være for store, og Edderkoppeekstrakternes angivne Giftighed altsaa ikke kan være overdrevet.

Ved mine Forsøg har jeg bestemt Tørstofmængden ved 100—105° C. i Porcellænsdigler; ved forsigtig Opvarming forkulles de organiske Bestanddele. Efter Afkøling ekstraheredes Kullene med varmt Vand nogle Gange, og disse Ekstrakter filtreredes igennem et askefrit Filter; derpaa tørredes Filteret og de udvadskede Kul og ophededes, indtil Asken var hvid; til denne sattes det vandige Ekstrakt, det hele inddampedes og ophededes tilsidst kort Tid over en svag Flamme; vejedes efter Afkøling.

De uorganiske Bestanddele forhindrer noget Kullets fuldkomne Bortbrænden, ligesom de ved stærk Glødning delvis fordamper; begge disse Ulemper undgaas for en meget stor Del ved den ændrede Fremgangsmaade.

døde en Kat paa c. 4—10 Timer og en Hund paa 8 Timer. Kaniner undersøgtes som nævnt ikke.

Ved den subkutane Injektion forløber Forgiftingen derimod betydelig langsommere, og de ved den intravenøse Injektion saa karakteristiske Kramper synes ikke at indtræde. Jeg har kun benyttet den subkutane Injektionsmaade ved forholdsvis faa Forsøg med Mus; disse Dyr sidder efter Injektionen ganske stille hen og kan dø saa sent som 3—4 Døgn efter.

Med Epeiratoksinet har Kobert udført subkutane Injektioner paa 3 Rotter, der døde paa henholdsvis 19, 48 og 52 Timer, paa et Marsvin, der døde efter 48 Timer, og paa en Kat, der døde 30 Timer efter Injektionen.

Den intraperitoneale Injektion paa Mus har jeg anvendt ved et meget stort Antal Maalinger (bl. a. ved de senere omtalte Maalinger af Epeiraantitoksinet); ved denne Applikationsmaade synes Forgiftningen at forløbe paa lignende Maade som efter den subkutane Injektion, men Dyrene dør (i mine Forsøg) senest 10—12 Timer efter Injektionen.

Til det overvejende Antal af de herhen hørende Forsøg anvendtes et Ekstrakt (Ekstrakt A), der var fremstillet ved at ekstrahere 70 g med Chloroform nylig dræbte Epeira diadema (indsamlede 16/9 1911) med 350 cm³ fysiologisk Kogsaltopløsning; efter jævnlig Rystning og Henstand Natten over i Iskælder filtreredes gennem Papir, og Remanensen ekstraheredes med mere Kogsaltopløsning, saaledes at Totalvolumen blev 700 cm³. Som Konserveringsmiddel tilsattes Toluol, og Ekstraktet opbevaredes i Iskælderen ved 2—3° C. Dette Ekstrakt reagerede amphotert paa Lakmuspapir og havde en Brintionkoncentration $p_{H^{\cdot}} = 6{,}98$ ved 18° C.

Det indeholdt 2,17% Tørsubstans og 1,29% organisk Stof. 1 cm³ indeholdt 1,4 mg Kvælstof.

Den dræbende Minimaldosis for Kaniner ved intravenøs Injektion var c. 0,00018 g organisk Stof pr. kg Kanin, idet

0,02 cm³ Ekstr.	(= 0,000258 g organ. Stof)	pr. kg Kanin	dræbte Dyret	paa	c. 8 Min.
0,015 — —	(= 0,000194 - —)	- - —	—	— —	c. 135 —
0,014 — —	(= 0,000181 - —)	- - —	—	— —	c. 7 Timer.
0,013 — —	(= 0,000168 - —)	- - —	var uden Virkning.		
0,012 — —	(= 0,000155 - —)	- - —	—	— —	

Til Forsøgene anvendtes Kaniner, hvis Vægt bevægede sig imellem 1800 og 2200 g.

Tillige undersøgtes Virkningen paa Mus (intraperitoneal Injektion). Hver Mus vejede 16 g.

0,10 cm³ Ekstr.	(= 0,0013 g organ. Stof)	dræbte en Mus	paa	c. 10 Timer.
0,09 — —	(= 0,0012 - —)	— - —	—	c. 10 —

0,08 cm³ Ekstr. (= 0,001 g organ. Stof) dræbte en Mus paa 10 Timer.
0,07 — — (= 0,0009 - —) Dyret blev meget sygt, men døde ikke.
0,06 — — (= 0,00077- —) var uden Virkning.

Dræbende Dosis for en Mus paa 16 g var alsaa 0,08 cm³ Ekstrakt (= 0,001 g organ. Stof), hvilket svarer til 0,063 g organisk Stof pr. kg Mus.

Virkningen af Edderkoppeserum bestemtes paa tilsvarende Maade, og den dræbende Minimaldosis for Kaniner ved intravenøs Injektion fandtes at være 0,03 cm³ Serum (= 0,00204 g organisk Stof) pr. kg Kanin.

For en Mus paa 16 g var dræbende Dosis (intraperitoneal Injektion) 0,04 cm³ Serum (= 0,00272 g organ. Stof) eller 0,17 g organisk Stof pr. kg Mus.

Der er en paafaldende Forskel i Virkningsgraden af Edderkoppernes Blodserum og det vandige Ekstrakt af de hele Dyr. Ifølge de her meddelte Undersøgelser er de organiske Stoffer i Serum c. 11 Gange mindre giftige for Kaniner og c. 2,7 Gange mindre giftige for Mus end de organiske Stoffer, der findes i Ekstrakterne af de hele Dyr.

Dette finder sandsynligvis sin Forklaring deri, at Giftstofferne ikke dannes i selve Blodet, men i et eller flere af Dyrets Organer, hvorfra de efterhaanden gaar over i Blodbanerne; at det forholder sig saaledes, sluttes af nogle Forsøg, som senere vil blive omtalt.

a. Hvor i Edderkopperne findes Epeiratoksinet?

Som allerede meddelt, har Kobert (2) vist, at Epeiratoksinet findes udbredt overalt i Dyrets Legeme, saavel hos Karakurter som hos Epeira. Det vilde af forskellige Grunde være interessant at kende den kvantitative Fordeling af Giften i Dyret, men herom giver Kobert's Undersøgelser kun faa Oplysninger; det synes dog af disse at fremgaa, at Giften er tilstede i nogenlunde samme Mængde i Forkrop, Bagkrop og Ben. Mine egne Forsøg over dette Spørgsmaal viser imidlertid, at Giften i langt den største Mængde findes i Bagkroppen; Forkroppen indeholder betydelig mindre, og Benene endnu mindre.

Den 27/9 1912 dræbtes 60 nylig indfangede Epeira diadema med Chloroformdampe og parteredes umiddelbart efter i Forkrop, Bagkrop og Ben.

De 60 Forkroppe vejede 1,83 g og ekstraheredes med 18,3 cm³ 0,9 % NaCl-Opløsning.
- 60 Bagkroppe — 15,6 - - — — 156 — 0,9 % —
- 480 Ben — 2,16 - - — — 21,6 — 0,9 % —

Ekstraktet af Forkroppene indeholdt 0,98 % organisk Stof.
— - Bagkroppene — 0,86 % — —
— - Benene — 0,72 % — —

Af Forkropekstraktet var 1,0 cm³ (= 0,0098 g organ. Stof) dræbende Minimaldosis pr. kg Kanin (intravenøs).

Af Bagkropekstraktet var 0,03 cm³ (= 0,000258 g organ. Stof) dræbende Minimaldosis pr. kg Kanin (intravenøs).

Af Benekstraktet var 10,0 cm³ (= 0,072 g org. Stof) pr. kg Kanin mindre end dræbende Dosis; Dyret blev mat, men var næste Dag atter frisk.

Af dette Forsøg fremgaar det, at den i Bagkropekstraktet indeholdte organiske Substans er c. 37 Gange saa giftigt som Forkropekstraktets og mere end 279 Gange giftigere end den organiske Substans i Ekstraktet af Benene.

Andre Forsøg, der er udført paa lignende Maade, viser det samme, kun ikke altid er saa store Forskelligheder tilstede. Det er et Forhold, der navnlig er afhængigt af Aarstiden, idet – som der i det næste Afsnit udførlig vil blive meddelt — Edderkoppernes Indhold af Giftstoffer er overordentlig forskelligt paa de forskellige Aarstider.

b. Forekommer Epeiratoksinet i Edderkopperne til alle Aarstider?

Kobert (2) anfører, at de tauriske Karakurter, som han har anvendt til sine Forsøg, har han faaet tilsendt i September Maaned, hvorimod han intet angiver om Indsamlingspunktet for sine Epeira diadema; der er dog næppe nogen Tvivl om, at han har indsamlet sine Dyr i Efteraarsmaanederne, hvilket bl. a. fremgaar af Angivelserne om de anvendte Edderkoppers Vægt; tillige er det flere Steder angivet, at der er benyttet udvoksede Dyr.

I den første Sommer, efter at jeg havde paabegyndt Arbejdet med Edderkoppegifte, indsamledes i Juni og Juli Maaneder adskillige Epeira diadema, som jeg undersøgte paa Indhold af Giftstoffer, og da ikke eet eneste af de indsamlede Dyr viste sig at indeholde opløselige Giftstoffer, tog jeg Spørgsmaalet op om Epeiratoksinets Tilstedeværelse i Dyrene til forskellige Aarstider, hvilket vil sige det samme som Giftens Tilstedeværelse paa Edderkoppens forskellige Udviklingsstadier.

Som bekendt falder Edderkoppernes Befrugtningsperiode i de varme Sommermaaneder Juli—August, og Æggene lægges i September—Oktober; Æggene indspindes og overvintrer, medens Moderdyrene som Regel gaar til Grunde i Begyndelsen af den kolde Aarstid. De smaa Edderkopper kommer frem af Æggene i April—Maj, men holder sig dog indeni Spindet i den første Tid (se bl. a. H. J. Hansen: Danske Spindeldyr (32)).

Af Kobert's Undersøgelser fremgaar det, at Epeiratoksinet findes i Æggene, i de nyfødte Dyr og i de udvoksede Dyr, medens Dyrene paa Sommerstadiet ifølge mine Iagttagelser derimod er ganske ugiftige. Dette ejendommelige Forhold har jeg nærmere undersøgt ved til forskellige Tider i Sommer- og Efteraarsmaanederne 1911 og 1912 at undersøge indfangede Dyr paa Indhold af Giftstoffer. Dyrene er dræbte med Chloroform, ekstraheret med 0,9 % holdig Klornatriumopløsning i de angivne Forhold og centrifugeret efter 1 Times Henstand ved Stuetemperatur. Mængden af organisk Stof i Ekstrakterne bestemtes paa den tidligere anførte Maade, hvorefter

Aaret 1911.

Indsamlingsdato	Antal Dyr	Samlede Vægt	Ekstraheret med cm³ 0,9% NaCl	Dosis pr. kg Kanin	Bemærkninger	Ekstraktets Forhold overfor Kaninblodlegemer
16/6	4	0,1 g	2,0	1,0 cm³ = 0,011 g organ. Stof	lever	0 Hæmolyse
18/6	5	0,14 g	2,8	1,0 — = 0,014 g —	lever	0 —
12/7	10	0,31 g	3,1	1,0 — = 0,021 g —	lever	0 —
21/7	8	0,21 g	4,2	2,0 — = 0,02 g —	lever	0 —
30/7	14	0,52 g	5,2	2,0 — = 0,031 g —	lever	0 —
12/8	12	0,38 g	3,8	2,0 — = 0,029 g —	lever	0 —
26/8	5	1,32 g	13,0	0,6 — = 0,008 g —	† = dræbende Minimaldosis	0,1 cm³ giver 50% Hæmolyse
1/9	6	1,21 g	12,1	0,35 — = 0,0034 g —	† = — —	0,05 — — total —
6/9	19	2,7 g	27	0,04 — = 0,00041 g —	† = — —	0,006 — — — —
12/9	12	2,4 g	24	0,02 — = 0,00016 g —	† = — —	0,0005 — — — —
17/9	3	0,71 g	7,1	0,025 — = 0,00021 g —	† = — —	0,0005 — — — —
26/6	4	1,31 g	13	0,03 — = 0,00026 g —	† = — —	0,0004 — — — —

Aaret 1912.

Indsamlingsdato	Antal Dyr	Samlede Vægt	Ekstraheret med cm³ 0,9% NaCl	Dosis pr. kg Kanin	Bemærkninger	Ekstraktets Forhold overfor Kaninblodlegemer
22/7	5	0,1 g	2,0	1,0 cm³ = 0,0162 g organ. Stof	lever	0 Hæmolyse
30/7	5	0,18 g	3,6	2,0 — = 0,028 g —	lever	0 —
31/7	3	0,24 g	2,4	2,0 — = 0,04 g —	lever	0 —
19/8	4	0,12 g	2,4	2,0 — = 0,034 g —	lever	0 —
—	3	0,42 g	4,2	4,0 — = 0,076 g —	lever	0 —
—	2	0,65 g	6,5	6,0 — = 0,11 g —	lever	0 —
21/8	17	2,0 g	20	5,0 — = 0,091 g —	lever	0 —
28/8	6	1,7 g	17	5,0 — = 0,087 g —	lever	0 —
6/9	19	2,7 g	27	1,0 — = 0,012 g —	† = dræbende Minimaldosis	0,05 cm³ giver 60% Hæmolyse
11/9	19	3,2 g	32	0,6 — = 0,0061 g —	† = — —	0,03 — — 60% —
18/9	6	1,5 g	15	0,4 — = 0,0036 g —	† = — —	0,005 — — total —
—	66	14,0 g	140	0,2 — = 0,0017 g —	† = — —	0,0025 — — — —
27/9	20	6,4 g	64	0,04 — = 0,00036 g —	† = — —	0,0004 — — — —
4/10	1	0,4 g	4	0,02 — = 0,00021 g —	† = — —	0,00025 — — — —
16/10	3	1,13 g	11,3	0,03 — = 0,00026 g —	† = — —	0,0003 — — — —
22/10	2	0,93 g	9,3	0,02 — = 0,00019 g —	† = — —	0,00025 — — — —

den mindste dræbende Dosis pr. kg Kanin ved intravenøs Injektion blev bestemt; de i Tabellen anførte Tal angiver saaledes disse Værdier. Ekstrakterne er tillige undersøgt paa Indhold af Epeiralysin, og Resultaterne heraf er anført i Tabellernes sidste Kolonne (se Afsnittet om Epeiralysin).

Det fremgaar med stor Tydelighed af disse Forsøg, at Epeiratoksinet ikke findes hos Dyrene i Sommermaanederne, men først optræder i Slutningen af August eller i Begyndelsen af September, samt at Mængden heraf tiltager jævnt indtil Maximum naas henimod den sidste Halvdel af September Maaned. Denne Tidsperiode falder ganske sammen med den Periode, hvori Æggene udvikles i de befrugtede Hunner, og der kan ifølge disse og andre Iagttagelser ikke være nogen Tvivl om, at Fremkomsten af Giftstofferne og Ægdannelsen staar i nøje Forbindelse med hinanden.

Alle de undersøgte Dyr har været Hundyr; Hannerne er som bekendt smaa og dræbes oftest af de meget større Hunner straks efter Befrugtningsakten. Ved nogle af de større Indsamlinger (mange Hundreder) af Edderkopper, fandtes dog enkelte Handyr, der er let kendelige paa deres store skaalformede Antenner. Ved at undersøge disse Dyr, viste det sig, at Hannerne ikke indeholdt Epeiratoksin, hvilket maa betragtes som en væsentlig Støtte for den Antagelse, at Dannelsen af Toksinet staar i Forbindelse med Ægdannelsen.

Den $^{18}/_{9}$ 1912 modtoges fra Nykøbing, F. 1 Handyr, der vejede 0,05 g og ekstraheredes med 5 cm³ 0,9% NaCl-Opløsning. 3 cm³ injiceredes intravenøst paa en Kanin paa 1300 g uden nogen Virkning.

Den $^{23}/_{9}$ 1912 modtoges fra Hjørring 4 Hanner, der vejede 0,12 g og ekstraheredes med 2,4 cm³ NaCl-Opløsning. 1,5 cm³ injiceredes paa en Kanin (1450 g) uden Virkning.

Den $^{24}/_{9}$ 1912 modtoges fra Nykøbing, F. 10 Hanner, der vejede 0,35 g; af Ekstraktet (1—10) injiceredes 2 cm³ paa en Kanin (980 g) uden nogen Virkning.

Den $^{28}/_{9}$ 1912 modtoges en Han fra Odense; den vejede 0,04 g, og af Ekstraktet (1—10) injiceredes 0,3 cm³ paa en Kanin (1160 g) uden Virkning.

Den $^{16}/_{10}$ 1912 indfangedes 2 Hanner, der vejede 0,12 g; 0,8 cm af Ekstraktet (1—10) var uden Virkning paa en Kanin (1340 g).

Det er saaledes overvejende sandsynligt, at det giftige Stof — Epeiratoksinet — kun forekommer hos Hundyrene. Denne Kendsgerning er ogsaa paa anden Maade interessant, idet den bidrager til at vise, at det i Giftkirtelen forekommende for Insekter giftige Stof næppe kan være identisk med det Stof, vi her forstaar ved Epeiratoksin, thi der er ingen Grund til at formode, at Kirtelgiften skulde være af forskellig Natur hos de to Køn, og Handyrene dræber Insekter med samme Intensitet som Hundyrene. At Hundyrene i Sommermaanederne, hvor de jo dræber Insekter i store Mængder, fuldstændig mangler Epeiratoksinet er et ikke mindre vægtigt Bevis for ovennævnte Formodning.

Det er i denne Forbindelse ganske interessant, at Fremkomsten af Giftstoffer hos enkelte andre ellers ikke giftige Dyrearter i Brunsttiden eller under Ægdannelsen allerede er kendt.

Pauly (33) anfører saaledes, at der hos den ellers ugiftige almindelige Regnorm, Lumbricus terrestris L., i Brunsttiden optræder et giftigt Stof, samt at dette Giftstof kun findes i de Led, der deltager i Sexualfunktionerne. Yagi (34) har senere hos Regnormen paavist et Hæmolysin, Lumbricin, der virker opløsende paa forskellige Dyrs Blodlegemer. Medens man tidligere tilskrev Forgiftningerne med den almindelige Skægkarpe (Barbus fluviatilis Agass. s. Cyprinus barbus L.) — Karpekolera — Sygdomme hos Fisken selv, anses det nu for sikkert, at Forgiftningerne fremkommer ved Nydelsen af den sunde og normale Karperogn. Denne er giftigst i Legetiden, hvorfor det ifl. Kobert i Italien er forbudt at bringe Skægkarper paa Markedet i denne Tid (Marts til Maj).

I Japan forefalder aarlig talrige Forgiftninger med forskellige Fiskegifte, særlig Fugugift, der forekommer hos forskellige Tetrodonarter, hos hvilke det ligeledes er Æggestokkene, der er Hovedsædet for Giften.

I September—Oktober lægger Edderkopperne deres Æg, og ved Undersøgelse af disse og de efterlevende Moderdyr viser det sig, at Æggene indeholder langt mere Epeiratoksin end Moderdyrene uden Æg, beregnet efter Mængden af organisk Stof i Ekstrakterne, hvilket viser, at Giften hovedsagelig findes i Æggene. Kobert (2) har ligeledes vist, at Ekstrakter af Karakurteæg indeholder betydelig mere Gift end Ekstrakter af de hele Dyr.

I Æggene forbliver Giftmængden uforandret Vinteren over, og efter Udklækningen finder man den i tilnærmelsesvis samme Mængde hos de nyfødte Dyr.

Som tidligere omtalt findes Giftstofferne ikke hos de unge Dyr i de første Sommermaaneder; den i de nyfødte Dyr tilstedeværende store Giftmængde maa derfor aftage for tilsidst fuldstændig at forsvinde. Da det er meget vanskeligt i de tidlige Foraarsmaaneder at finde de smaa nyfødte Dyr ude i Naturen og paa denne Maade tilvejebringe fornødent Materiale, har jeg selv foretaget en Del Udklækninger af Ægklumper indsamlede i Efteraarsmaanederne; disse anbragtes i flade Glasskaale ved almindelig Stuetemperatur; paa Grund af den konstante og temmelig høje Temperatur, udklækkedes de fleste allerede i Slutningen af Januar og Resten i Løbet af Februar Maaned. Ungerne, der i Begyndelsen holdt sig indeni Spindet, men som efter c. 4—10 Dages Forløb bevægede sig frit omkring i Skaalen, fodredes med smaa Vanddraaber eller Draaber af fortyndede Opløsninger af Hesteblod. Det lykkedes imidlertid ikke at faa Dyrene til at leve ud over nogle faa Uger, vel sagtens paa Grund af de anormale Forhold og den maaske daarlig tilpassede Kost. Det lykkedes mig dog at udføre nogle Forsøg med disse Unger, og det fremgik heraf, at der endnu hos Dyr, der var 24 Dage gamle, fandtes betydelige Giftmængder.

Selv om jeg saaledes ikke har fulgt Tilstedeværelsen af disse Giftsstoffer under hele Edderkoppens Udvikling, fremgaar det dog med en vis Sandsynlighed af Forsøgene, at denne „Forsvinden“ af Giftstofferne hos de unge Dyr maa foregaa i den anden—tredie Maaned af Dyrenes Levetid.

c. Kan Epeiratoksinet optræde som Antigen?

KOBERT fremhæver, at man uden Tvivl ved Immunisering paa sædvanlig Maade vil være i Stand til at fremstille et „Karakurtenheilserum", som i saa Fald burde holdes beredt i de Egne, hvor Bid af disse Dyr er almindelige. At KOBERT havde Ret i denne sin Antagelse, er vist af BELONOWSKY (14) og KONSTANSOFF (15), der har immuniseret een Kanin ved intravenøs og intraperitoneal Injektion af Giftstoffet; af dette ene Forsøg, som B. benytter til at demonstrere, at Antilysin- og Antitoksindannelsen i det samme Dyr ikke forløber parallelt, fremgaar det, at der i det immuniserede Dyrs Blodserum findes frie Antistoffer, der ogsaa in vitro formaar at neutralisere Epeiratoksinet.

Dette ene Forsøg giver imidlertid ingen udtømmende Oplysning om Forløbet af Antitoksindannelsen. For nøjere at undersøge dette Forhold har jeg derfor ved subkutan Injektion af stigende Giftmængder immuniseret en Ged (No. 138) med et Ekstrakt af hele Edderkopper (Ekstrakt A). Til forskellige Tider under Immuniseringens Forløb udtoges mindre Blodmængder, og det af disse paa sædvanlig Maade udvundne Serum rystedes med en ringe Mængde Chloroform og opbevaredes ved c. 2—3° C. i Iskælder, indtil Undersøgelsen af Antitoksinindholdet foretoges.

Fremstillingsmaaden af Ekstrakt A ligesom dettes Virkning og Styrke er tidligere omtalt (p. 344).

Immunisering af Ged No. 138.

Dato 1911	Ekstrakt A. cm³	Blodpr. No.	Gedens Vægt i g	Dato 1911	Ekstrakt A. cm³	Blodpr. No.	Gedens Vægt i g
$^{24}/_{10}$	0,1	1	41125	$^{11}/_{12}$		14	
$^{26}/_{10}$	0,2			$^{12}/_{12}$		15	
$^{30}/_{10}$	0,5	2		$^{13}/_{12}$		16	
$^{2}/_{11}$	1,0	3		$^{14}/_{12}$		17	
$^{4}/_{11}$	1,5	4		$^{15}/_{12}$		18	37000
$^{6}/_{11}$	2,0	5	37150	$^{16}/_{12}$		19	
$^{9}/_{11}$	2,0	6		$^{17}/_{12}$		20	
$^{13}/_{11}$	2,0	7		$^{18}/_{12}$		21	
$^{16}/_{11}$	3,0	8	37500	$^{19}/_{12}$		22	
$^{23}/_{11}$	5,0	9	38500	$^{21}/_{12}$		23	
$^{1}/_{12}$	7,0	10	37250	$^{22}/_{12}$		24	
$^{7}/_{12}$		11	39000	$^{23}/_{12}$		25	37000
$^{9}/_{12}$		12		$^{27}/_{12}$		26	
$^{10}/_{12}$		13					

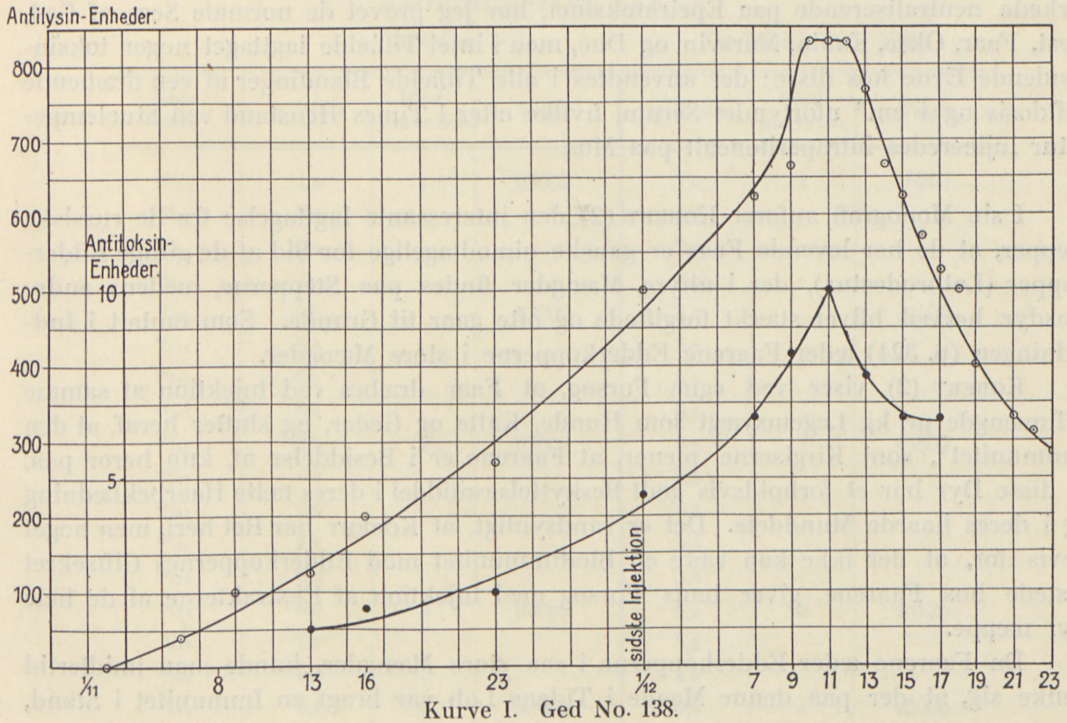
Antitoksinindholdet i Serumprøverne bestemtes paa følgende Maade: 2 dræbende Doser for Mus (intraperitoneal Injektion) af Ekstrakt A = 0,16 cm³ afmaaltes, blandedes med vedkommende Mængde Serum og fortyndedes med 0,9 % holdig Klornatriumopløsning til 1 cm³; efter ½ Times Henstand ved Stuetemperatur injiceredes Blandingen intraperitonealt paa en Mus. Serumprøverne udtitreredes paa den Maade,

at den mindste Mængde Serum, der netop var i Stand til at neutralisere den nævnte Giftmængde, bestemtes, og det i denne Serummængde indeholdte Antitoksin benævnedes een Antitoksinenhed.

Resultatet af disse Maalinger var følgende:

Blodprøvens Dato	Den mindste Mængde Serum, der netop neutraliserer 0,16 cm³ Ekstrakt A	Antal Antitoksin-enheder i 1 cm³ Serum
$^{13}/_{11}$	1,0	1,0
$^{16}/_{11}$	0,65	1,54
$^{23}/_{11}$	0,5	2,0
$^{1}/_{12}$	0,22	4,54
$^{7}/_{12}$	0,15	6,60
$^{9}/_{12}$	0,12	8,30
$^{11}/_{12}$	0,1	10,00
$^{13}/_{12}$	0,13	7,70
$^{15}/_{12}$	0,15	6,60
$^{17}/_{12}$	0,15	6,60
$^{23}/_{12}$	0,16	6,30

Immuniseringsforløbet er grafisk fremstillet paa Kurve I, hvor tillige findes anført Kurven for Epeiraantilysinet (se Afsnittet om Epeiralysin).



Kurve I. Ged No. 138.

• = Epeiraantitoksin. ○ Epeiraantilysin. Immuniseringskurve (subkutane Injektioner).

Det ses af denne Kurve, hvor Tiden er angivet langs Abscisseaksen og Antitoksinværdierne som Ordinater, at Produktionen af Epeiraantitoksinet foregaar efter de for en aktiv Immunisering almindelig gældende Love; det er ved et stort Antal Undersøgelser (Brieger og Ehrlich (36) Tetanusantitoksin, Salomonsen og Madsen (37, 38) Difteriantitoksin, Madsen og Walbum (39) Antiricin, Morgenroth (40) Antilöbe, Bulloch (41) Antihæmolysin, Jørgensen og Madsen (42) Agglutinin o. m. a.) vist, at saadanne Antitoksinkurvers Hovedforløb ytrer sig i en mere eller mindre hurtig Stigning og et mere eller mindre hurtigt efterhaanden jævnt aftagende Fald; dette Forløb finder sandsynligvis sin Forklaring derved, at der foruden de antitoksindannende tillige og samtidig foregaar antitoksinnedbrydende Processer i den immuniserede Organisme. Maksimum for Antitoksindannelsen (Antitoksinkurvens Akme) indtræder som Regel 8—10 Dage efter den sidste Giftinjektion, dog kan dette indfinde sig saavel tidligere (f. Eks. Præcipitiner omtrent 7. Dag) som senere (f. Eks. Tetanusantitoksin 17. Dag). Epeiraantitoksinkurvens Akme falder i det undersøgte Tilfælde paa den 10. Dag efter sidste Injektion. For en Del forskellige Antitoksiners Vedkommende (Tetanus, Difteri, Botulismus, Ricin o. fl.) har man bemærket et større eller mindre Fald i Produktionskurven ret hurtig efter Giftinjektionen — den saakaldte første negative Phase —, men et saadant har jeg ikke iagttaget ved Forsøgene over Epeiraantitoksinet.

For at undersøge, om der i Serum af ubehandlede Dyr fandtes Stoffer, der virkede neutraliserende paa Epeiratoksinet, har jeg prøvet de normale Sera af Ged, Hest, Faar, Okse, Kanin, Marsvin og Due, men i intet Tilfælde iagttaget nogen toksinbindende Evne hos disse; der anvendtes i alle Tilfælde Blandinger af een drædende Giftdosis og 1 cm^3 ufortyndet Serum, hvilke efter $\frac{1}{2}$ Times Henstand ved Stuetemperatur injiceredes intraperitonealt paa Mus.

I sin Monografi anfører Kobert (2) den interessante Iagttagelse fra de russiske Stepper, at de her levende Faar er ganske uimodtagelige for Bid af de giftige Edderkopper (Lathrodectus), der i uhyre Mængder findes paa Stepperne, medens andre Husdyr herved bliver stærkt forgiftede og ofte gaar til Grunde. Som omtalt i Indledningen (p. 324) æder Faarene Edderkopperne i store Mængder.

Kobert (2) viser ved egne Forsøg, at Faar dræbes ved Injektion af samme Giftmængde pr. kg Legemsvægt som Hunde, Katte og Geder, og slutter heraf, at den „Immunitet", som Kirgiserne mener, at Faarene er i Besiddelse af, kun beror paa, at disse Dyr har et forholdsvis godt Beskyttelsesmiddel i deres tætte Haarbeklædning og i deres haarde Munddele. Det er sandsynligt, at Kobert har Ret heri, men noget Bevis for, at der ikke kan være en Blodimmunitet mod Edderkoppernes Giftsekret tilstede hos Faarene, giver hans Forsøg med Injektion af Ekstrakterne af de hele Dyr næppe.

Da Faarene æder Edderkopperne i saa store Mængder, kunde man imidlertid tænke sig, at der paa denne Maade i Tidens Løb var bragt en Immunitet i Stand,

ogsaa overfor Edderkoppernes Giftsekret, saaledes at Kirgisernes Meddelelser i Virkeligheden støttedes paa en erhvervet Immunitet hos Faarene. For Giftsekretets Vedkommende lader dette Spørgsmaal sig imidlertid meget vanskelig afgøre.

Det er heller ikke utænkeligt, at der hos Faarene efterhaanden kan være fremkaldt en lokal Tarmimmunitet. Lippmann (43) har vist, at Mus, der ved langsomt stigende Toksindoser per os (Botulismusgift) er bragt til at taale 4 dræbende Stomachaldoser, dør, hvis man subkutant injicerer 1 dræbende Subkutandosis. Saadanne Forhold kan næppe forklares paa anden Maade end ved Tilstedeværelsen af en lokal Immunitet.

Om Faarene paa denne Maade derimod kan erhverve sig en universel Immunitet mod Araneitoksinet, kan let experimentelt undersøges, og selv om dette med Hensyn til det her omhandlede Spørgsmaal efter min Mening har meget ringe Betydning, har det dog almindelig videnskabelig Interesse. Jeg har derfor forsøgt per os at immunisere en Vædder, en Ged, en Kanin og et Marsvin ved igennem en længere Periode at fodre dem med en Pasta, lavet ved Sammenrivning af 200 g Epeira diadema (Sept. 1911) med 40 g Glycerin og Kikspulver til ialt 600 g, saaledes 3 g Pasta = 1 g Edderkop. Til Forsøgene anvendtes Handyr, for sikrere end med Hundyr (Graviditet) at være i Stand til at iagttage eventuelle Vægttab.

Immunisering per os.

Vædder. Gedebuk No. 132.

Dato 1911	g Pasta	Blodprøve No.	Vægt	g Pasta	Blodprøve No.	Vægt
$^{10}/_{11}$	1,0	1	93000	1,0	1	45250
$^{13}/_{11}$	2,0			1,0		
$^{14}/_{11}$	3,0			2,0		
$^{16}/_{11}$	5,0			3,0		
$^{17}/_{11}$	6,0		93000	5,0		45500
$^{18}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{20}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{21}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{23}/_{11}$	6,0	2	93500	5,0	2	45500
$^{25}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{27}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{28}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{29}/_{11}$	6,0			5,0		
$^{1}/_{12}$	6,0	3	93000	5,0	3	45125
$^{2}/_{12}$	6,0			5,0		
$^{4}/_{12}$	6,0			5,0		
$^{7}/_{12}$	6,0	4	93000	5,0	4	45000

	Kanin.			Marsvin.		
Dato 1911	g Pasta	Blod-prøve No.	Vægt	g Pasta	Blod-prøve No.	Vægt
10/11	0,5	1	2470	0,2		775
13/11	0,5		2480	0,3		800
14/11	1,0			0,5		
16/11	1,5		2470	0,7		815
17/11	2,0		2500	1,0		817
18/11	2,0			1,0		
20/11	2,0			1,0		
21/11	2,0			1,0		
23/11	2,0	2	2530	1,5		817
25/11	2,0		2490	1,5		805
27/11	2,0			2,0		
28/11	2,0			2,0		
29/11	2,0			2,0		
1/12	2,0	3	2500	2,0		832
2/12	2,0			2,0		
4/12	2,0			2,0		
7/12	2,0	4	2600	2,0	slagtet	820

I Løbet af Forsøgstiden har

Vædderen faaet 89 g Pasta = c. 30 g Edderkopper
Bukken — 72 g — = c. 24 g —
Kaninen — 29,5 g — = c. 10 g —
og Marsvinet — 22,7 g — = c. 7,5 g —

Til Trods for de saaledes indførte ingenlunde ubetydelige Giftmængder befandt alle Dyrene sig under hele Forsøgstiden vel og tabte ikke i Vægt, saaledes som det var Tilfældet ved den subkutane Indførelse af Toksinet. Af Blodprøverne udvandtes Serum paa sædvanlig Maade, og heri søgtes efter Indhold af Antitoksin. Dette udførtes paa den Maade, at een dræbende Dosis (for Mus) af Ekstrakt A (= 0,08 cm^3) blandedes med 1,0 cm^3 af vedkommende Serum, henstod $\frac{1}{2}$ Time ved Stuetemperatur og injiceredes derpaa intraperitonealt paa Mus; alle de saaledes injicerede Mus døde imidlertid paa det nærmeste samtidig med Kontroldyret, der havde faaet 0,08 cm^3 Gift alene. Man maa af disse Forsøg slutte, at det ved Fodring af Faar, Ged, Kanin og Marsvin med Epeira diadema i længere Tid (c. 1 Maaned) ikke lykkes at frembringe paaviselige Mængder Antitoksin i Dyrenes Blodserum.

Grunden til, at Araneitoksinet ikke virker giftigt ved at indgives per os, er den, at det destrueres af Mavesaften; dette udelukker dog naturligvis ikke Muligheden for, at der hos Dyrene kan optræde en vis Immunitet (Tilvænning), der ikke ytrer sig ved Tilstedeværelsen af frie Antitoksiner i Forsøgsdyrenes Blod. Forsøg herover har jeg ikke foretaget.

Kobert (2) slutter af sine Undersøgelser, at Araneitoksinet i mange Henseender

slutter sig nær til *Ricin* og *Abrin*. Disse Fodringsforsøg viser imidlertid ingen saadan Parallelisme, da som bekendt saavel Ricin som Abrin virker stærkt forgiftende ved at indgives per os, ligesom det er muligt ved denne Applikationsmaade at fremstille Antiricin (Ehrlich (44)).

Ozanam (1), der beskriver Edderkoppernes therapeutiske Anvendelse, anfører, at Edderkoppegift ikke destrueres af Mavesaften, uden dog at dokumentere dette med Forsøg, men dette er — for saa vidt det gælder Epeiratoksinet — ikke rigtigt. Mavesaften har en næsten øjeblikkelig ødelæggende Virkning paa denne Gift, og dette skyldes ikke Pepsinet eller andre Enzymer, men derimod alene Saltsyren.

De Forsøg, hvoraf dette fremgaar, vil blive omtalt senere.

Samme Dag, som Fodringsforsøgene ophørte, førtes Immuniseringen af Vædderen videre ved subkutane Injektioner af stigende Mængder af Ekstrakt A:

Dato. 1911	cm³ Ekstr. A	Blodprøve No.	Vægt
$^{7}/_{12}$	1,0		93000
$^{11}/_{12}$	2,0		
$^{14}/_{12}$	3,0	5	93000
$^{16}/_{12}$	5,0		
$^{19}/_{12}$	7,0	6	
$^{23}/_{12}$	10,00	7	91500
$^{27}/_{12}$	20,00	8	88500

hvorefter Blodprøver toges med 1—2—3 Dages Mellemrum indtil den $^{9}/_{2}$ 1912.

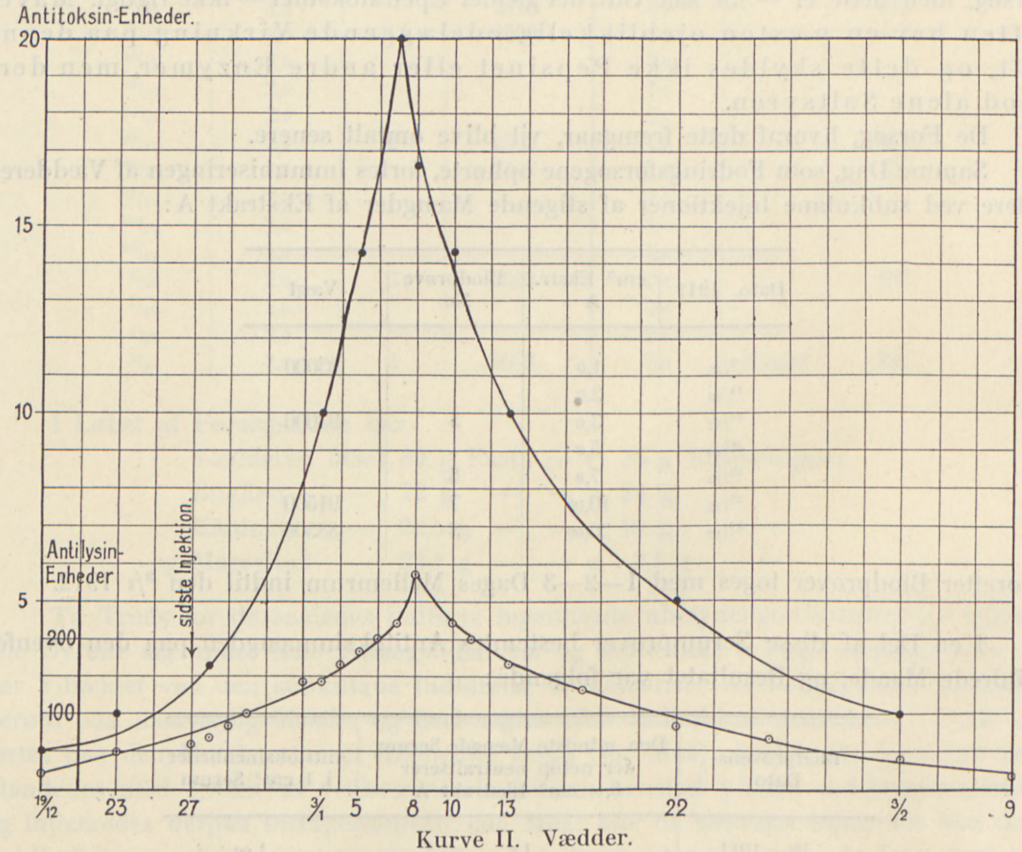
I en Del af disse Serumprøver bestemtes Antitoksinmængden paa den ovenfor skildrede Maade, og Resultatet var følgende:

Blodprøvens Dato	Den mindste Mængde Serum, der netop neutraliserer 0,16 cm³ Ekstrakt A	Antitoksinenheder i 1 cm³ Serum
$^{19}/_{12}$ 1911	1,0	1,00
$^{23}/_{12}$	0,5	2,00
$^{28}/_{12}$	0,3	3,30
$^{3}/_{1}$ 1912	0,1	10,00
$^{5}/_{1}$	0,07	14,30
$^{7}/_{1}$	0,05	20,00
$^{8}/_{1}$	0,06	16,60
$^{10}/_{1}$	0,07	14,3
$^{13}/_{1}$	0,1	10,00
$^{22}/_{1}$	0,2	5,00
$^{3}/_{2}$	0,5	2,00

Immuniseringsforløbet er grafisk fremstillet paa Kurve II, hvor tillige findes anført Kurven for Antihæmolysindannelsen (se Afsnittet om Epeiralysin).

Antitoksindannelsen hos denne Vædder foregaar ganske paa samme Maade, som hos den immuniserede Ged, og Antitoksinkurvens Akme falder ogsaa her paa c. 10. Dag efter den sidste Injektion.

Ved at injicere Antitoksiner som f. Eks. Difteri- og Tetanusantitoksin paa Dyr kan man som bekendt bibringe disse en vis Grad af Immunitet (den saakaldte passive Immunisering). Ved denne kan man hos Forsøgsdyret saavel fore-



Kurve II. Vædder.

• = Epeiraantitoksin. ○ Epeiraantilysin. Immuniseringskurve (subkutane Injektioner).

bygge Følgerne af en senere indtrædende, som ophæve Virkningerne af en allerede stedfunden Intoksikation. Dog er det en almindelig Regel, at den forebyggende Virkning kun er af kort Varighed, ligesom det ved Antitoksinernes Anvendelse som helbredende Middel er af afgørende Betydning, at Tiden imellem Intoksikation og Injektion af Antitoksin er saa lille som muligt. For at undersøge, om Epeiraantitoksinet ogsaa i denne Henseende forholdt sig som de kendte Antitoksiner, udførtes følgende Forsøg:

Paa en Række Kaniner injiceredes intravenøst 5 cm^3 antitoksisk Serum, og til forskellige Tider derefter een dræbende Giftdosis. Det Serum, der anvendtes, var

en Del sammenblandede Serumprøver fra den netop omtalte immuniserede Vædder, og Styrken heraf (intraperitonealt paa Mus) var følgende:

0,16 cm³	Ekstr. A	+	0,15 cm³	Ser.	+	0,69 cm³	0,9% holdig	NaCl-Opl.	Musen lever	
0,16 —	—	+	0,12 —	—	+	0,72 —	—	—	—	—
0,16 —	—	+	0,11 —	—	+	0,73 —	—	—	—	—
0,16 —	—	+	0,1 —	—	+	0,74 —	—	—	—	dør paa c. 16 T.
0,16 —	—	+	0,09 —	—	+	0,75 —	—	—	—	c. 10 T.

Forsøgets Resultat var følgende:

Kanin No.	Vægt i g	5 cm³ Serum intravenøst	Endrædende Toksindosis intravenøst efter Forl. af		Kanin No.	Vægt i g	5 cm³ Serum intravenøst	Endrædende Toksindosis intravenøst efter Forl. af	
1	2350	20/3 1912	1 Døgn	lever	6	1900	9/3 1912	12 Døgn	† 6 Min.
2	2500	19/3 —	2 —	lever	7	2150	6/3 —	15 —	† 5 —
3	2050	18/3 —	3 —	lever	8	2200	29/2 —	20 —	† 5 —
4	2500	17/3 —	4 —	† 5 Min.	9	2270	19/2 —	30 —	† 5 —
5	2500	14/3 —	7 —	† 4 —					

Det fremgaar af dette Forsøg, at det ved Injektion af Epeiraantitoksin er muligt at bibringe Forøgsdyrene en Immunitet, der kan beskytte dem mod en senere Intoksikation med Epeiratoksin, samt at den bibragte Immunitet er af kort Varighed (faa Dage). Det maa dog her erindres, at det drejer sig om et heterologt Serum; havde man anvendt et Antitoksin fremstillet paa Kaniner, vilde denne beskyttende Evne sandsynligvis være bleven bibeholdt i noget længere Tid.

Spørgsmaalet om Antistoffernes Forsvinden fra Kredsløbet saavel ved den aktive som den passive Immunisering har paa Statens Seruminstitut i en længere Aarrække været Genstand for indgaaende Undersøgelser; som Type for disse Antistoffernes Forsvindingskurver kan bl. a. nævnes de Agglutininkurver, der resulterede af JØRGENSEN og MADSENS (45) Undersøgelser; Koncentrationen af Antistofferne i Blodet tager i Begyndelsen stærkt af, efterhaanden lansommere og langsommere, indtil den tilsidst bliver saa lille, at Antistoffer ikke mere lader sig paavise. Denne Proces forløber saa regelmæssig, at den ifølge MADSEN (46) lader sig udtrykke ved en Formel, der ligner en almindelig Reaktionshastighedsformel.

I de her meddelte Forsøg med Epeiraantitoksin er dettes Koncentration i Forsøgsdyrenes Blod allerede efter fire Døgn aftaget i en saadan Grad, at den tilbageblivende Del ikke er i Stand til at neutralisere een drædende Giftdosis. Forsøgene giver naturligvis ikke noget absolut Billede af Antitoksinets Forsvindingskurve, men der kan næppe være nogen Tvivl om, at denne i sine Hovedtræk forløber ganske paa samme Maade som den tilsvarende Kurve for de kendte Antitoksiner.

Det heldige Udfald af Helbredelsesforsøg af allerede forgiftede Dyr ved Hjælp af Antitoksiner er bl. a. afhængigt af følgende Faktorer: 1) den injicerede Gift-

mængdes Størrelse, 2) Tiden imellem Gift- og Antitoksininjektionen, 3) den injicerede Antitoksinmængde og 4) Applikationsmaaden for saavel Toksin som Antitoksin. Yderligere er Æggehvidekoncentrationen i det injicerede Serum af stor Betydning, idet WALBUM (47) har vist, at denne i høj Grad indvirker paa den Hastighed, hvormed Antitoksinerne resorberes.

Ved disse Forsøg har jeg valgt en Toksinmængde, der dræber Dyret paa c. 30 Minutter, en Antitoksinmængde paa c. 45 Antitoksinenheder (se p. 351), hvilken — anvendt i Tide — er absolut beskyttende, samt intravenøs Applikation for begges Vedkommende.

Til Forsøget anvendtes det antitoksiske Vædderserum og som Gift Ekstrakt A. Ved Undersøgelsen af Ekstrakt A's Giftighed for Kaniner nu (3 Maaneder efter Fremstillingen) viste det sig, at

0,02	cm³	Ekstr. A	pr.	kg	Kanin	dræbte	Dyret	paa	c. 6 Minutter
0,018	—	—	—	—	—	—	—	c. 12	—
0,017	—	—	—	—	—	—	—	c. 14	—
0,016	—	—	—	—	—	—	—	c. 33	—
0,015	—	—	—	—	—	—	—	c. 3	Timer
0,014	—	—	—	—	gjorde Dyret meget mat, Kramper indtraadte dog ikke, og næste Dag var det atter ganske frisk.				

Ved Sammenligning med de tidligere Bestemmelser (p. 344) ser man, at Ekstraktets Virkning har holdt sig saa godt som uforandret.

Kan. 1	(2350 g)	0,0376	cm³	Toksin	intravenøst;	5	Min.	efter	Injekt.	5	cm³	Serum intrav. lever
— 2	(2350 g)	0,0376	—	—	—	10	—	—	—	5	—	— — lever
— 3	(2350 g)	0,0376	—	—	—	15	—	—	—	5	—	— — lever
— 4	(2350 g)	0,0376	—	—	—	20	—	—	—	5	—	— — † 28 Min.
— 5	(2350 g)	0,0376	—	—	—	22	—	—	—	begynder Dyret at faa de typiske Kramper, hvorfor 5 cm³ Serum øjeblikkelig injiceres, men Dyret dør paa 24 Minutter.		
— 6	(2350 g)	0,0376	—	—	—	(Kontrol) † 20 Minutter.						

Af disse Forsøg fremgaar det, at det ved intravenøs Injektion af Epeiraantitoksin er muligt at redde en med Epeiratoksin forgiftet Kanin fra Døden. Der gælder det samme her som overalt indenfor Serumterapien, at Serumbehandlingen maa foretages paa et saa tidligt Stadium af Forgiftningen som muligt, og Forklaringen er vel ogsaa her den, at Toksinet med Tiden bindes fastere og fastere til vedkommende Celler i Organismen, saaledes at det vanskeligere og vanskeligere igen lader sig fraspalte ved Hjælp af Antitoksinerne, eller ogsaa, at der — naar de typiske Forgiftningssymptomer viser sig — allerede er indtraadt Forandringer i Organerne af en saadan Art, at disse nødvendigvis maa foranledige Dyrets Død. Det ses af ovenstaaende Forsøg, at en Seruminsprøjtning, selv et Par Minutter før Kramperne indfinder sig, kun er i Stand til at forhale Døden faa Minutter, medens en tilsvarende Injektion i dette Tilfælde c. 7 Minutter før er tilstrækkelig til at redde Dyrets Liv.

Analoge Helbredelsesforsøg med Slangegifte og de tilsvarende Antitoksiner er udført af H. Noguchi (48); han viste ved sine Forsøg, at det var muligt ved Seruminjektioner at redde Dyrene fra Undergang, selv om Forgiftningen var skredet saa langt frem, at Dyrene (Marsvin) kun med Vanskelighed formaaede at staa paa Benene. Hvis f. Eks. 2 dræbende Doser (Crotalusgift) injiceres, indtræder Collaps sædvanlig efter 4½ Time, og Dyret dør omtrent 15 Minutter senere; hvis man da paa det mest kritiske Tidspunkt (indtil c. 4 Timer efter Injektionen) injicerer tilstrækkeligt Serum, kommer Dyrene over det og helbredes fuldstændig i Løbet af 1—2 Dage.

Ved Indvirkning af højere Temperaturer paa Opløsninger af Epeiratoksinet gaar dettes giftige Egenskaber tabt, ligesom ogsaa ved Indvirkning af Syrer og Baser i en vis Koncentration. Spørgsmaalet om Destruktion ved høje Temperaturer og ved Syrer og Baser er for Epeiralysinets Vedkommende gjort til Genstand for indgaaende Undersøgelser; i flere af de derhen hørende Forsøg er samtidig Epeiratoksinets Skæbne undersøgt, og da det viser sig, at disse to Stoffer forholder sig fuldkommen ens overfor Indvirkningen af de nævnte Faktorer, vil jeg her indskrænke mig til at henvise til Undersøgelserne over Epeiralysinet.

Allerede paa dette Sted rejser sig saaledes Spørgsmaalet om Epeiratoksinets og Epeiralysinets Identitet.

Medens Sachs (13) antager det for meget sandsynligt, at „Arachnolysinet“ er identisk med det af Kobert (2) beskrevne giftige „Toxalbumin“, nærer Belonowsky (14) den modsatte Anskuelse, hvilket han bl. a. støtter paa den Iagttagelse, at Dannelsen af Antitoksin og Antilysin ved Immuniseringen ikke forløber parallelt, idet Antitoksinet dannes langsommere end Antilysinet; endvidere paastaar B., at Epeiralysinet ved gentagen Frysning og Optøning gaar til Grunde, medens Epeiratoksinet forbliver uforandret; yderligere skal Lysinet ved Bakterievækst i Opløsningerne forsvinde hurtigere end Toksinet.

Endvidere viser Belonowsky at Edderkoppeekstrakt, hvortil der er sat en vis Mængde Organemulsion eller Blodlegemer, hvilke erfaringsmæssig binder Epeiralysinet, er ligesaa giftigt for Mus som ubehandlet Ekstrakt, og mener heraf at maatte slutte, at disse to Egenskaber er knyttet til to forskellige Stoffer. B. opvarmer Blandingerne 45 Minutter i Vandbad til 40° C., før de injiceres.

Belonowsky's Iagttagelse, at Dannelsen af Antitoksin og Antilysin ikke forløber parallelt (hvilket kun støttes paa et Forsøg med een Kanin), stemmer ikke med mine Forsøgsresultater; ved at kaste et Blik paa Kurverne I og II vil man finde en endog særdeles god Overensstemmelse mellem Dannelsen af de to Antistoffer. Selv om en saadan Parallelisme ikke var tilstede, forekommer det mig forøvrigt ikke nødvendigt at antage Tilstedeværelsen af de to forskellige Stoffer.

Enkelthederne i Forsøgene med Frysning og Optøning samt med Bakterievækst anføres ikke i B's Afhandling. Jeg selv har ikke eksperimentelt undersøgt disse

Spørgsmaal, men kan dog anføre et Eksempel paa Svækkelse ved Frysning: en Del store Epeira, indsamlede i Oktober Maaned, opbevaredes ved en konstant Temperatur af — 14° C. til Midten af Februar det paafølgende Aar; ved nu at undersøge Ekstrakter af Dyrene, viste det sig, at saavel den toksiske som den lytiske Virkning var overordentlig ringe i Forhold til, hvad de var ved Indsamlingen.

Af mine Undersøgelser fremgaar følgende:

1) Hverken Toksin eller Lysin findes hos Edderkopperne i Sommermaanederne, men optræder først henad Efteraaret og da nøjagtig samtidig.

2) De findes begge saavel i Æggene som i de nyfødte og indtil c. 1 Maaned gamle Dyr, hvorfra de atter forsvinder i Løbet af den 2.—3. Maaned af Dyrenes Liv.

3) Begge findes hos Hundyrene — ingen af dem hos Handyrene.

4) I Ekstrakterne er de knyttede til samme Proteinstofgruppe.

5) Ved Ophedning gaar begge Egenskaber tabt samtidig, ved samme Temperatur med samme Hastighed.

6) De destrueres begge i sure og alkaliske Vædsker og med samme Hastighed ved de samme Brint- og Hydroxylionkoncentrationer.

7) Begge kan optræde som Antigener, og Dannelsen af de to Antistoffer i det samme Dyr synes at forløbe parallelt.

Ifølge disse Iagttagelser synes de to Egenskaber at følges ad og at forholde sig ens i alle de nævnte Forhold, men paa Grundlag af disse Undersøgelser i Forbindelse med Belonowsky's er det næppe muligt med fornøden Sikkerhed at afgøre, om disse to Egenskaber er knyttede til eet eller til to forskellige Stoffer. Yderligere Undersøgelser maa til for at give Svar paa dette Spørgsmaal.

II. Epeiralysinet.

Kobert (2) paaviste i 1901 Tilstedeværelsen af Hæmolysiner i Edderkopper; i Ekstrakter af nyfødte Karakurter fandt K. et for Hundeblodlegemer endnu i en Fortynding 1—127000 virksomt Hæmolysin. K. viste tillige, at Ekstrakter af Korsedderkopper var hæmolytiske, om end i noget mindre Grad end Karakurteekstrakterne.

Af disse Undersøgelser fremgaar det endvidere, at Edderkoppegiften virker fremmende paa Fibrinkoagulationen og forhindrer Serums Udskillelse af det koagulerede Blod, samt at Giften virker nedsættende paa Blodtrykket.

I 1902 offentliggjorde Sachs (13) sine mere omfattende Undersøgelser over dette Hæmolysin; han gav det det noget vildledende Navn *Arachnolysin* og undersøgte dets Virkning paa Blodlegemer af forskellige Dyr, samt viste, at kun de for Giften følsomme Blodlegemearter formaaede at binde denne. Det lykkedes ligeledes S. at fremstille et Antihæmolysin ved Immunisering af Marsvin og Kaniner. Tillige fremgik det af S.s Forsøg, at Hæmolysinet destrueredes fuldstændig ved Opvarmning til c. 65—70° C. I 1903 viste Sachs (49), at Blodlegemers Følsomhed kan være afhængig af det Dyrs Alder, hvorfra de stammer. Da Tilføjelse af Lecithin forstærker

mange Hæmolysiners Virkning (f. Eks. Slangegift-, Bigift- og Skorpiongifthæmolysinet), har Belonowsky (14) undersøgt dettes Indflydelse paa Epeiralysinet, men fundet, at den hæmolytiske Evne herved ikke bliver forøget; derimod virker Cholesterin, Glykogen og Urinstof noget hæmmende. B. har tillige undersøgt forskellige Normalseras Indvirkning paa Lysinet, men angiver, at af disse kun Dueserum har nogen neutraliserende Evne. Forf. viser desuden, at Ekstrakter af Lever, Milt og Muskler af Kanin, Mus og Kat ophæver Hæmolysinets Virkning, medens Ekstrakter af Hjærne, Testikler og Nyrer kun i ringe Grad er i Besiddelse af saadanne Egenskaber; Opvarmning til 60° C. ophæver disse Ekstrakters Bindingsevne, men frigør dog ikke allerede bundet Lysin. B. mener tillige at have iagttaget, at Blodlegemer af stærkt immuniserede Kaniner er betydelig mindre følsomme for Hæmolysinet end Blodlegemer af normale Dyr.

Den Teknik, der ved mine Undersøgelser over Epeiralysinet har været anvendt, er den tidligere omtalte (p. 337).

a. Hvilke Dyrs Blodlegemer opløses af Epeiralysinet?

Dette Spørgsmaal er ret fyldig besvaret ved Undersøgelser af Sachs (13) og af Belonowsky (14); disse Arbejder viser, at Epeiralysinet virker opløsende paa Blodlegemer af Kanin, Abe, Rotte, Mus, Menneske, Okse, Ged, Høne og Gaas, idet Virkningen er størst paa Kaninblodlegemer og mindst paa Gaaseblodlegemer, samt at Blodlegemer af Marsvin, Hest, Faar, Hund, Due og Frø er ganske ufølsomme.

Sachs gør opmærksom paa (som ovenfor berørt), at Blodlegemernes Følsomhed kan være afhængig af det Dyrs Alder, hvorfra Blodlegemerne stammer. Blodlegemerne af nyfødte Høns er saaledes ufølsomme og binder ikke Hæmolysinet, medens Blodlegemer af ældre Høns er ret følsomme og binder dette. Belonowsky meddeler, at Blodet fra nyfødte Kaniner indeholder Blodlegemer, der er ufølsomme for Epeiralysin ved Siden af andre meget følsomme.

De Forsøg af lignende Art, jeg har foretaget, hvor Lysinmængden fortyndedes op til 1 cm^3 med 0,9 % Saltvand + 1 cm 2 % holdig Blodlegemeopslemning, bekræfter i alt væsentligt ovenstaaende Resultater, kun har jeg fundet, at Rotteblodlegemer (0,0004 Lysin giver total Hæmolyse) er noget mere følsomme end Kaninblodlegemer (0,0007 Lysin); Hønseblodlegemer (0,001 Lysin) er omtrent af samme Følsomhed som Kaninblodlegemer, medens Gedeblodlegemer (0,007 Lysin) er betydelig mindre følsomme. Blodlegemer af Hest, Faar, Marsvin og Svin er ganske resistente. Dueblodlegemer fandtes i et Tilfælde ganske resistente, i et andet Tilfælde noget følsomme, dog opnaaedes total Hæmolyse ikke, selv med en meget stor Dosis Hæmolysin.

Ved disse og andre Forsøg har jeg iagttaget et Fænomen, der forøvrigt i Forvejen er set og beskrevet af adskillige for enkelte Hæmolysiners Vedkommende og bl. a. for Tetanolysinets Vedkommende af Madsen & Walbum (50), nemlig at store

Giftdoser undertiden er uden Virkning, medens endog langt ringere giver total Hæmolyse; i lange Forsøgsserier med Tetanolysinet iagttager man saaledes undertiden flere Optima og Minima. Noget lignende indtræder ikke sjælden ved Forsøg med Epeiralysin og særlig med ganske friske Ekstrakter af nylig dræbte Edderkopper; som Eksempel kan følgende anføres:

Lysindosis	% Hæmolyse	Lysindosis	% Hæmolyse
0,2	0	0,003	100
0,1	0	0,002	100
0,07	0	0,001	100
0,05	0	0,0007	100
0,04	0	0,0005	100
0,03	2	0,0004	80
0,02	5	0,0003	20
0,01	12	0,0002	6
0,007	80	0,0001	0
0,005	100		
0,004	100		

Der anvendtes et frisk Ekstrakt af Epeira diadema og som sædvanlig en Opslemning af vaskede Kaninblodlegemer.

Naar man derfor undersøger et Hæmolysins Virkning, bør man ikke indskrænke sig til at undersøge en enkelt stor Dosis, men altid tilberede en længere Serie med stor Forskel paa den største og mindste Dosis.

b. Hvor i Edderkopperne findes Epeiralysinet, og forekommer det til alle Aarstider?

Som det i Slutningen af Omtalen af Epeiratoksinet blev vist, er der nogen Grund til at antage, at Epeiratoksin og Epeiralysin er to Funktioner knyttede til samme Stof; det blev der omtalt, at de to Egenskaber i Forsøgene fulgtes nøje ad, og de to ovenstaaende Spørgsmaal finder saaledes en fyldestgørende Besvarelse i Kapitlet om Epeiratoksinet. Jeg skal dog anføre de hæmolytiske Maalinger (Kaninblodlegemer) i de paa Side 345 omtalte Ekstrakter af de parterede Edderkopper.

Af Forkropekstraktet gav 0,0017 cm^3 (= 0,000017 g organ. Stof) en Hæmolyse paa 30%.
Af Bagkropekstraktet gav 0,00004 cm^3 (= 0,00000034 g organ. Stof) en Hæmolyse paa 30%.
Af Benekstraktet gav 0,025 cm^3 (= 0,00018 g organ. Stof) en Hæmolyse paa 30%.

Det fremgaar heraf, at den organiske Substans i Bagkropekstraktet var c. 50 Gange stærkere virksom end den i Forkropekstraktet og c. 530 Gange stærkere end Benekstraktets. De tilsvarende Tal for Toksinet (p. 346) var c. 37 og > 279.

Edderkoppernes Indhold af Hæmolysin til forskellige Aarstider har været Genstand for indgaaende Undersøgelse; for at vise den gode Overensstemmelse mellem Tidspunktet for Toksinets og Hæmolysinets Optræden i Edderkopperne vil jeg

imidlertid indskrænke mig til at henvise til p. 347, hvor foruden Toksin- tillige Hæmolysinbestemmelserne i Ekstrakterne er opførte. Overensstemmelsen er særdeles god.

Efter at jeg havde afsluttet disse Undersøgelser over Svingningerne i Toksin-Hæmolysinmængden hos Epeira diadema til forskellige Aarstider, offentliggjorde R. Levy (51) en kort Række Forsøg, hvis Resultater i alle Enkeltheder falder sammen med de af mig allerede dengang gjorte Iagttagelser. Levy fremsætter saaledes den Anskuelse, at den hæmolytiske Virkning er nøje afhængig af Formeringsorganernes Udvikling; fra Æggene gaar det hæmolytiske Princip over i de unge Dyr, hvorfra det atter forsvinder, naar Abdomen har mistet sit embryonære Udseende og har antaget lidt af dets endelige Farve. Hæmolysinet fremkommer atter hos de drægtige Hunner, og i større og større Mængde efterhaanden som Æggene udvikles. Kun de udviklede Hunedderkopper indeholder Hæmolysin; disse Forsøg var udført med Epeira diadema; Hanner af denne Art undersøgte Levy ikke, derimod Hanner af Epeira umbratica og fl. a., men fandt disse ganske uden Virkning.

Da det af flere Grunde er betydelig hurtigere og enklere at foretage Forsøg med et Hæmolysin end med et Toksin, hvortil bl. a. et meget stort Dyremateriale kræves, er det langt overvejende Antal Forsøg udførte med Epeiralysinet; paa afgørende Punkter er imidlertid tilsvarende Forsøg udført med Epeiratoksinet, og da disse to Egenskaber i alle af mig undersøgte Tilfælde har vist sig at være knyttede nøje sammen, tør man sandsynligvis overføre de med Hæmolysinet indvundne Resultater direkte til Epeiratoksinet. Af de p. 345 omtalte Forsøg med Edderkoppeserum sluttedes, at Giftstofferne ikke dannes i selve Blodet, men i et eller flere af Dyrets Organer, hvorfra det efterhaanden gaar over i Blodbanerne. Dette baseres i første Linie paa den Iagttagelse, at Blodet hos 2 store Epeira d. $^{5}/_{9}$ 1912 var ganske frit for Hæmolysin, ligesom ogsaa Ekstraktet af Forkroppen og Benene, medens Ekstraktet af Bagkroppen var ret stærkt virksomt; det fremgaar tillige heraf, at det eller de giftdannende Organer findes i Dyrets Bagkrop[1].

I denne Forbindelse har følgende Iagttagelse Interesse. Den $^{21}/_{9}$ 1912 dræbtes en Del store Epeira diadema og ekstraheredes 1 Time ved Stuetemperatur under jævnlig Rystning, hvorpaa Udtrækket filtreredes. Ekstraktet undersøgtes straks paa Kaninblod, og det viste sig da, at det i alle Doser fra 0,2 cm^3 ned til 0,0005 cm^3 gav fra 60—80 % Hæmolyse (i intet Glas total Hæmolyse), 0,0002 gav 10 % og 0,0001 ingen Hæmolyse; da Ekstraktet ikke gav total Hæmolyse, var det mindre anvendeligt til det særlige Formaal, hvortil det var bestemt, og det blev derfor (efter Tilsætning af lidt Toluol) henstillet ved Stuetemperatur; den $^{23}/_{9}$ undersøgtes det atter, og nu viste

[1] Da jeg ikke selv var tilstrækkelig hjemme i disse Dyrs anatomiske Forhold, har jeg ikke indladt mig paa at udpræparere de forskellige af Bagkroppens Organer, tilmed da jeg manglede den til saadanne Arbejder nødvendige Færdighed. Selv om jeg er tilbøjelig til at tro, at Giften dannes i de ægdannende Organer og efterhaanden opsamles i selve Æggene, kan jeg dog saaledes ikke støtte denne Antagelse med experimentelt indhøstede Resultater.

det sig, at alle Doser fra 0,1 cm³ ned til 0,0002 cm³ gav total Hæmolyse, 0,0001 gav 80 %, 0,00007 gav 40 % og 0,00005 gav 20 % Hæmolyse; en Undersøgelse den 25/9 gav samme Resultat.

Lysindosis	% Hæmolyse		Lysindosis	% Hæmolyse	
	21/9	23/9		21/9	23/9
0,2	80	100	0,0007	65	100
0,1	80	100	0,0005	60	100
0,05	80	100	0,0004	45	100
0,02	70	100	0,0003	25	100
0,01	70	100	0,0002	10	100
0,005	70	100	0,0001	0	80
0,002	70	100	0,00007	0	40
0,001	70	100	0,00005	0	20

Der er ingen Tvivl om, at Ekstraktet ved Henstand er blevet stærkere virksomt, og det er ikke udelukket, at vi her har at gøre med en Giftaktivering af lignende Art som den, der foregaar i de levende Dyr i Efteraarsmaanederne, muligvis fremkaldt ved enzymatiske Processer. Selv om det tilføjede Toluol rimeligvis ingen Rolle spiller i denne Henseende, maa man dog ved senere Undersøgelser have sin Opmærksomhed henvendt herpaa. Til Trods for denne Iagttagelses store Interesse for Spørgsmaalet om Giftens Opstaaen forhindrede Forsøg af anden Art mig desværre i at forfølge dette nærmere.

c. At Epeiralysinet kan optræde som Antigen

er først vist af Sachs (13), hvem det lykkedes at fremstille virksomme Antilysiner paa Marsvin og Kaniner.

For at undersøge Forløbet af Antitoksindannelsen hos Dyr, der var behandlede med Ekstrakter af Epeira diadema, foretog jeg de p. 350 omtalte Immuniseringsforsøg. I de Blodprøver, der til de forskellige Tider toges af Forsøgsdyrene, bestemtes tillige Mængden af Antilysin, hvilket foretoges paa den Maade, at der i hvert Glas afmaaltes en saa stor Mængde af Ekstrakt A, der netop gav total Hæmolyse (= 0,001 cm³); efter Tilføjelse af de forskellige Serummængder fortyndedes Vædsken op til 1 cm³ med fysiologisk Kogsaltopløsning, og Blandingerne henstilledes ½ Time i Vandbad ved 37° C.; derefter tilsattes 1 cm³ 2 % Kaninblodlegemer, og Blandingerne henstilledes efter Omrystning igen i Vandbadet i 2 Timer; efter Forløbet af denne Tid omrystedes alle Blandinger atter og anbragtes i Iskælder til næste Dag, hvorefter den kolorimetriske Sammenligning foretoges.

Selve den kolerimetriske Maaling udførtes paa den Maade, at de Blandinger i hver Række, hvori der netop var 25 % Hæmolyse, sammenlignedes, og en saadan Hæmolysegrad gav da Udtryk for, at der i den i vedkommende Blanding indeholdte Serummængde fandtes een Antilysinenhed, en Enhed, der saaledes var ganske vil-

kaarlig valgt. Ved en Antilysinenhed forstaas altsaa i dette Tilfælde den Mængde Antilysin, der sammenblandet med 0,001 cm³ Ekstrakt giver netop 25 % Hæmolyse.

Maalingen af Blodprøver fra Ged No. 138 gav følgende Resultat:

Blodprøve No.	Den Mængde Serum, hvori 1 Enhed indeholdtes	Antal Enheder i 1 cm³	Blodprøve No.	Den Mængde Serum, hvori 1 Enhed indeholdtes	Antal Enheder i 1 cm³
3	0,5	2	15	0,0012	833
5	0,025	40	16	0,0013	769
6	0,01	100	17	0,0015	667
7	0,008	125	18	0,0016	625
8	0,005	200	19	0,00175	571
9	0,0037	270	20	0,0019	526
10	0,002	500	21	0,002	500
11	0,0016	625	22	0,0025	400
12	0,0015	667	23	0,003	333
13	0,0012	833	24	0,0032	313
14	0,0012	833	25	0,0035	286

Resultatet er grafisk fremstillet paa Kurve I.

I ingen af Blodprøverne fra de per os immuniserede Dyr lod Antilysiner sig paavise.

Blodprøverne fra Vædderen, efter at Behandlingen med subkutan Injektion af Edderkoppeekstrakt var paabegyndt, undersøgtes ligeledes, og Resultatet var følgende:

Blodprøvens Dato	Den Mængde Serum, hvori 1 Enhed indeholdtes	Antal Enheder i 1 cm³	Blodprøvens Dato	Den Mængde Serum, hvori 1 Enhed indeholdtes	Antal Enheder i 1 cm³
$^{14}/_{12}$	> 0,2	< 5	$^{6}/_{1}$	0,005	200
$^{19}/_{12}$	0,05	20	$^{7}/_{1}$	0,0045	222
$^{23}/_{12}$	0,02	50	$^{8}/_{1}$	0,0035	286
$^{27}/_{12}$	0,017	58,8	$^{10}/_{1}$	0,0045	222
$^{28}/_{12}$	0,015	66,7	$^{11}/_{1}$	0,005	200
$^{29}/_{12}$	0,012	83,3	$^{13}/_{1}$	0,006	167
$^{30}/_{12}$	0,01	100	$^{17}/_{1}$	0,0075	133
$^{2}/_{1}$	0,007	143	$^{22}/_{1}$	0,012	83,3
$^{3}/_{1}$	0,007	143	$^{27}/_{1}$	0,015	66,7
$^{4}/_{1}$	0,006	167	$^{3}/_{2}$	0,025	40
$^{5}/_{1}$	0,0055	182	$^{9}/_{2}$	0,055	18,2

Resultatet er grafisk fremstillet paa Kurve II.

Disse Undersøgelser viser tillige en udpræget Parallelisme imellem Produktionen af Epeiraantitoksin og Epeiraantilysin.

d. Høje og lave Temperaturers Indflydelse paa Epeiralysinets Sønderdeling.

I sin Monografi meddeler KOBERT (2), at Araneitoksin (af Karakurter) destrueres fuldstændig ved 7 Timers Ophedning til 44° C., ved 1 Times Ophedning til 50° C. eller ved 1 Minuts Kogning, men omtaler ikke Destruktionstemperaturer for Hæmolysinet. SACHS (13) angiver derimod følgende Forhold vedrørende Epeiralysinet:

40 Min. Ophedning til 56° C. giver ingen Svækkelse af den hæmol. Virkn.
40 — — - 60° C. — en ringe — - — — —
40 — — til 70—72° C. — en fuldst. Ophævelse — — —

Et Hæmolysins Svækkelse ved Opvarmning er imidlertid en Funktion, der ingenlunde alene er afhængig af Temperaturen og Tiden, men tillige af en Række andre Faktorer, af hvilke Vædskens Sammensætning, Koncentration, Saltindhold og Brintionkoncentration i hvert Fald er nogle og af større Betydning; at der tillige er andre Faktorer af mindre kendt Natur, der ligeledes kan spille en Rolle, er utvivlsomt. Selv om der ved de fleste af de foreliggende Arbejder af denne Art ikke er taget tilbørligt Hensyn til disse forskellige Forhold, har disse dog stor Værdi paa Grund af deres orienterende Karakter.

Rationelle Undersøgelser over de forskellige Antigeners Svækkelse ved høje Temperaturer er i stor Udstrækning foretaget paa Statens Seruminstitut af MADSEN og hans Medarbejdere; disse Arbejder er dog kun delvis publicerede.

MADSEN & FAMULENER (52) har saaledes undersøgt Vibriolysin, Tetanolysin og hæmolytisk Gedeserum og MADSEN & WALBUM, Løbe (53), Pepsin og Trypsin (54) og for alle Stoffers Vedkommende fundet, at Svækkelsen med Temperaturen foregaar efter samme Type som de monomolekulære Reaktioner. Reaktionshastighedens Afhængighed af Temperaturen følger i alle Tilfælde den af ARRHENIUS opstillede Ligning

$$\frac{K_1}{K_2} = e^{\frac{\mu}{2}\left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2}\right)}$$

hvor K_1 og K_2 er Reaktionshastighederne ved Temperaturerne T_1 og T_2 og, μ er en Konstant.

I de undersøgte Tilfælde iagttoges følgende Værdier for μ:

2% holdig Trypsinopløsning $\mu = 62034$
2% holdig Pepsinopløsning $\mu = 75600$
2% holdig Løbeopløsning $\mu = 90000$
Vibriolysin i Opløsning $\mu = 128570$
Tetanolysin i Opløsning $\mu = 173300$
Gedeserumhæmolysin i Opl. $\mu = 198500$

Til de Forsøg, jeg til Belysning af dette Spørgsmaal har foretaget med Epeiralysin, er det tidligere omtalte Ekstrakt A anvendt. Som nævnt (p. 344) indeholdt dette Ekstrakt 2,17% Tørsubstans (1,29% organisk Stof og 0,88% Aske); 1 cm^3 indeholdt 1,4 mg Kvælstof, og Ekstraktet havde en Brintionkoncentration $p_H = 6{,}98$ ved 18°C.

Forsøgene udførtes paa den Maade, at Vædsken saa hurtig som muligt opvarmedes til vedkommende Temperatur i et Vandbad af noget højere Temperatur, hvorpaa den overførtes i Vandbadet med den konstante Forsøgstemperatur; umiddelbart efter udtoges den første Prøve, der i Tabellen betegnes ved 0 Minutter, og afkøledes i Isvand; de derefter til de anførte Tider udtagne Prøver behandledes paa samme Maade, hvorefter Hæmolysinindholdet i disse bestemtes (Kaninblod).

Til disse Forsøg fortyndedes 1 Del Ekstrakt A med 9 Dele 0,9 % NaCl-Opløsning, og denne Fortynding havde en Brintionkoncentration ved 18° af $p_H = 6{,}89$.

Forsøgenes Resultater er sammenstillede i efterfølgende Tabel.

Tiden i Minutter	70°	68°	66°	64°	62°
0	0,007	0,004	0,004	0,004	0,001
1	0,011	0,0125	0,006	—	—
2	0,15	0,025	0,008	0,0052	—
3	> 1,0	0,05	—	—	—
4		0,112	0,013	—	—
5		—	—	0,0085	0,0015
6		0,7	0,017	—	—
8		> 1,0	—	—	—
10			0,037	0,0115	0,0051
14			0,09	—	—
15			—	0,015	—
18			0,21	—	—
20			—	0,02	0,0065
22			0,5	—	—
26			1,0	—	—
30				0,035	0,008
40				0,07	0,01
60				0,4	0,018
80				> 1,0	—
90					0,035
180					0,35
270					1,1

De anførte Tal angiver de Mængder Lysin, der under de omtalte Forsøgsbetingelser netop gav en Hæmolyse paa 25 %.

Den mathematiske Behandling af disse Tal viser, at Epeiralysinets Svækkelse med Temperaturen foregaar paa lignende Maade som Svækkelsen af de andre (p. 366 nævnte) Antigener, og at ligeledes Reaktionshastighedens Afhængighed af Temperaturen følger den af Arrhenius angivne Formel.

Det er tidligere i denne Afhandling betonet, at Epeiratoksinet og Epeiralysinet svækkes ved Opvarmning til samme Temperatur med samme Hastighed. Denne Slutning er draget af følgende Forsøg, hvortil er anvendt det ufortyndede Ekstrakt A

(for ikke at injicere for store Vædskemængder i Kaninerne). Forsøget er udført ved 66° C., og Hæmolysinet bestemt paa sædvanlig Maade; i 4 af de udtagne Prøver er tillige bestemt Mængden af Epeiratoksin ved at fastsætte den dræbende Minimaldosis pr. kg Kanin ved intravenøs Injektion.

	Epeiralysin.		Epeiratoksin.	
Tiden i Minutter		Antal Enheder i 1 cm³		Antal dræbende Doser i 1 cm³
0	0,0004	2500	0,02	50
2	0,0006	1670		
5	0,001	1000	0,05	20
10	0,0017	588		
20	0,004	250	0,21	4,76
30	0,01	100		
40	0,02	50	1,2	0,83
50	0,1	10		
60	0,7	1,43		

Resultaterne er opført grafisk paa Kurve III, idet Værdierne for Sammenligningens Skyld for begge Forsøgsrækkers Vedkommende er omregnede efter Tiden 0 = 250 Enheder i 1 cm³. Det fremgaar af Forsøgene, at Destruktionshastigheden saavel for Toksinet som for Lysinet er ganske den samme. Det ses tillige, at Destruktionshastigheden her er noget mindre end i det tidligere nævnte Forsøg ved den samme Temperatur, hvilket muligvis kan tilskrives Opløsningens større Koncentration.

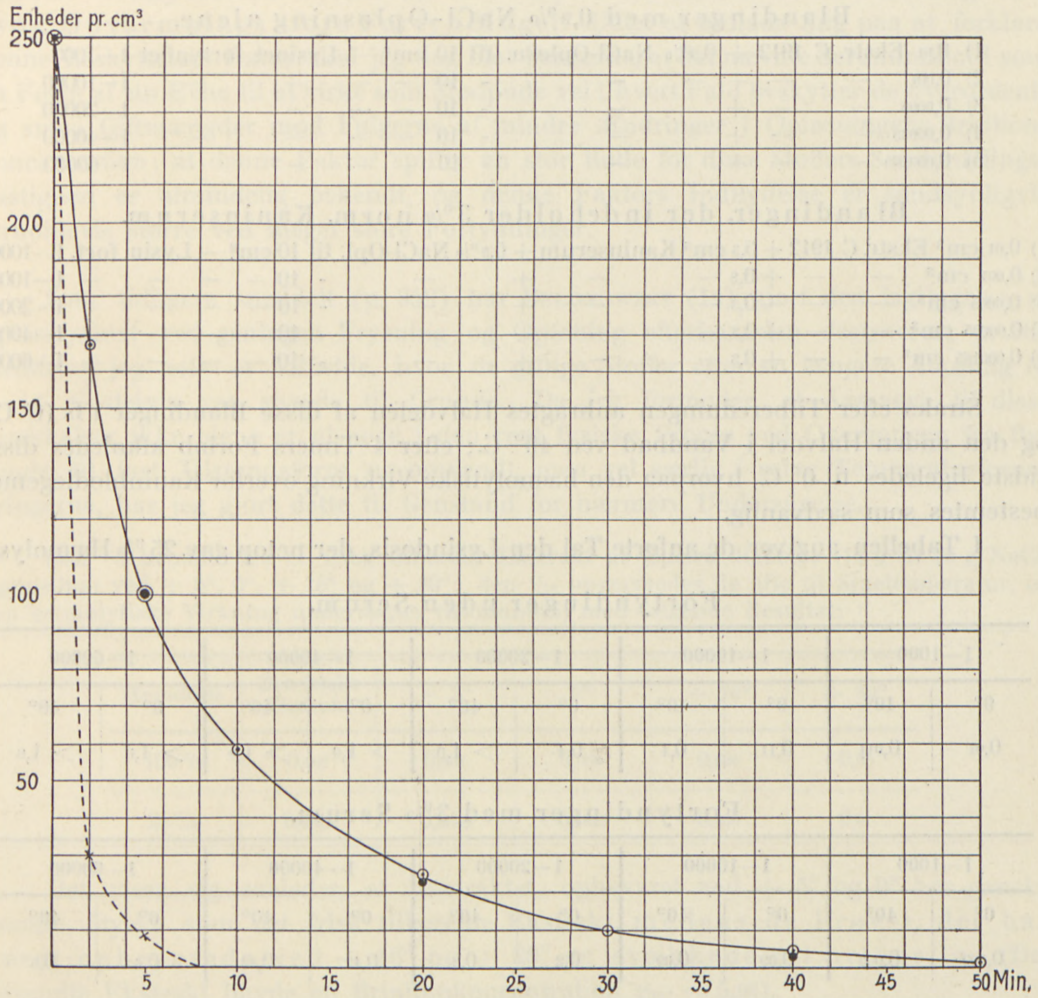
Som nævnt er et Lysins Destruktionstemperatur bl. a. afhængig af Lysinkoncentrationen, og i Almindelighed saaledes, at Sønderdelingstemperaturen falder med stigende Fortynding[1].

[1] I det tidligere nævnte Arbejde af Madsen & Walbum om Løbesvækkelsens Afhængighed af Temperaturen er ogsaa angivet en Række Forsøg, der viser Reaktionshastighedens Afhængighed af Opløsningens Koncentration. Forsøgene er udførte ved 47,15° C. og gav følgende Resultat:

Koncentr. %.	K. (Reaktionshastighedskonstanten).
0,0625	0,073
0,125	0,0594
0,25	0,0388
0,5	0,032
1,0	0,0276
2,0	0,0212
3,0	0,0154
4,0	0,00765
5,0	0,0049
6,0	0,003
7,0	0,00367

Det ses heraf, at Svækkelseshastigheden stiger meget stærkt med stigende Fortynding.

Det er i enkelte Tilfælde vist, at Sønderdelingshastigheden bliver mindre med stigende Fortynding, som f. Eks. Osv. Streng (55) har vist for Agglutininernes Vedkommende; der er dog kun Tale om forholdsvis svage Fortyndinger, 1—3 eller 1—10, hvor en Nedsættelse af f. Eks. Brintionkoncentrationen eller Hydroxylionkoncentrationen kan spille en Rolle. Gaar man videre og undersøger Fortyndinger 1—100,



Kurve III.
o = Epeiralysin. • = Epeiratoksin. x = Epeiratrypsin. Tp. = 66° C.
Sønderdeiing ved Opvarming.

1—1000 eller mere, vil man vel næppe nogensinde finde en Nedsættelse af Destruktionshastigheden ved samme Temperatur.

Af de senere omtalte Forsøg paa at bestemme Temperaturoptimum for Epeiralysinets Virkning, vil man se, at Optimaltemperaturen med voksende Forsøgstid for-

skydes henimod Nulpunktet, og den naturligste Maade at forklare dette paa er at antage en Svækkelse af Epeiralysinet, hvilket er saa meget mere sandsynligt, som Lysinet i de der anvendte Blandinger befinder sig i en Fortynding 1—60000.

For at undersøge Fortyndingsgradens Indflydelse paa Sønderdelingshastigheden udførtes følgende Forsøg:

Blandinger med 0,9 % NaCl-Opløsning alene.

1) 0,01 Ekstr. C 1912 + 0,9 % NaCl-Opløsn. til 10 cm³ — Lysinet fortyndet 1—1000
2) 0,001 — — + — - 10 — — — — 1—10000
3) 0,0005 — — + — - 10 — — — — 1—20000
4) 0,00025 — — + — - 10 — — — — 1—40000
5) 0,000165 — — + — - 10 — — — — 1—60000

Blandinger, der indeholder 3 % norm. Kaninserum.

1) 0,01 cm³ Ekstr. C 1912 + 0,3 cm³ Kaninserum + 0,9 % NaCl-Opl. til 10 cm³ — Lysin. fort. 1—1000
2) 0,001 cm³ — — + 0,3 — — + — - 10 — — — — 1—10000
3) 0,0005 cm³ — — + 0,3 — — + — - 10 — — — — 1—20000
4) 0,00025 cm³ — — + 0,3 — — + — - 10 — — — — 1—40000
5) 0,000165 cm³ — — + 0,3 — — + — - 10 — — — — 1—60000

Straks efter Tilberedningen anbragtes Halvdelen af disse Blandinger i Is (0° C.) og den anden Halvdel i Vandbad ved 40° C.; efter 4 Timers Forløb afkøledes disse sidste ligeledes til 0° C., hvorpaa den hæmolytiske Virkning overfor Kaninblodlegemer bestemtes som sædvanlig.

I Tabellen angiver de anførte Tal den Lysindosis, der netop gav 25 % Hæmolyse.

Fortyndinger uden Serum.

1—1000		1—10000		1—20000		1—40000		1—60000	
0°	40°	0°	40°	0°	40°	0°	40°	0°	40°
0,01	0,014	0,11	0,4	0,4	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0

Fortyndinger med 3 % Serum.

1—1000		1—10000		1—20000		1—40000		1—60000	
0°	40°	0°	40°	0°	40°	0°	40°	0°	40°
0,009	0,009	0,09	0,09	0,2	0,2	0,42	0,42	0,6	0,6

Forsøget med 3 % Serumindhold foretoges, fordi der i en stor Del senere omtalte Forsøg er anvendt en tilsvarende Mængde Normalserum i Blodlegemeopslemningerne som Stødpude for at holde Brintionkoncentrationen konstant under Forsøgstiden.

Det fremgaar af denne Tabel, at Epeiralysin i store Fortyndinger meget let sønderdeles; selv om Opløsningen holdes ved 0° C., lader dog allerede i en Fortynding 1—20000 efter 4 Timers Forløb en udpræget Svækkelse sig paavise; i For-

tynding 1—40000 kan Hæmolysin under samme Betingelser efter 4 Timers Forløb ikke mere paavises. I de Fortyndinger, der har været opbevaret 4 Timer ved 40° C., er Sønderdelingen naturligvis langt stærkere. Ganske anderledes falder Forsøget med 3 % Serum ud; selv i en Fortynding 1—60000 er der efter 4 Timers Forløb ingen Svækkelse at konstatere. De 3 % Normalserum udøver saaledes en stærkt beskyttende Virkning mod Epeiralysinets Sønderdeling ved svag Opvarmning i store Fortyndinger. Uden at indlade mig paa at forklare denne Beskyttelses Natur skal jeg dog blot bemærke, at det nævnte Serumindhold som en Følge af sin Evne til at virke som Stødpude vel i hvert Fald beskytter de overordentlig smaa Giftmængder mod Følgerne af mindre Ændringer i Opløsningens Brintionkoncentration; at denne Faktor spiller en stor Rolle for disse Stoffers Sønderdelingshastighed er almindelig bekendt, og denne Faktors Indflydelse er sandsynligvis forholdsvis større ved meget store Fortyndinger.

Som tidligere meddelt (p. 359) har Belonowsky (14) gjort den Iagttagelse, at Epeiralysinet ved gentagen Frysning og Optøning efterhaanden destrueres; p. 360 meddeler jeg selv et Tilfælde, hvor de giftige Stoffer efter en længere Afkøling til ÷ 14° C. delvis var gaaede til Grunde. Da jeg formoder, at Aarsagen til disse Svækkelser ikke alene er at søge i den rent fysiske Proces ved Overgangen fra flydende til fast Tilstandsform og omvendt, men vel særlig i selve Temperaturforandringerne, har jeg gjort dette til Genstand for nærmere Undersøgelse.

Den $^{23}/_{9}$ henstilledes et frisk tilberedt Ekstrakt af Epeira diadema (14 g til 70 g NaCl-Opløsning) ved + 5°, 0°, ÷ 16° og ÷ 80°; den $^{4}/_{10}$ opvarmedes de alle til Stuetemperatur, og den hæmolytiske Virkning undersøgtes (Kaninblod) med følgende Resultat:

Hæmolyse	Det friske Ekstrakt	+ 5°	0°	÷ 16°	÷ 80°
100 %	0,003	0,004	0,004	0,005	0,05
25 %	0,0015	0,0015	0,0015	0,003	0,01

Det viser sig saaledes, at Ekstraktet, opbevaret ved + 5° og 0° har ganske samme Styrke som det frisk tilberedte Ekstrakt, medens de Prøver, der har været opbevarede ved ÷ 16° og ÷ 80° er svækkede ret betydelig. (Det anvendte Ekstrakt havde en Brintionkoncentration $p_{H^{\cdot}} = 5{,}96$).

Da Destruktionen ifølge dette stiger med faldende Temperatur, udførtes en Del Forsøg ved c. ÷ 180° (flydende Luft); ved denne Temperatur anbragtes flere Portioner af forskellige Ekstrakter, og efter forskellige Tider udtoges Prøver, der anbragtes ved 0° (smeltende Is) indtil Hæmolysinmaalingen foretoges.

Der anvendtes følgende Ekstrakter:

1) Ekstrakt af nylig indfangede netop knuste Edderkopper 1—5 med 0,9 % NaCl-Opløsning; anvendtes 30 Minutter efter Fremstillingen. $p_{H^{\cdot}} = 7{,}02$.

2) Ekstrakt af nylig indfangne netop knuste Edderkopper 1—5 med 0,9% NaCl-Opløsning; anvendtes c. 20 Timer efter Fremstillingen (har staaet Natten over ved c. 2—3°). $p_H = 6{,}54$.
3) Frisk tilberedt Ekstrakt af Edderkopper, der har været opbevaret c. 1 Aar ved ÷ 16°, 1—5 med 0,9% NaCl-Opløsning; anvendtes 30 Minutter efter Fremstillingen. $p_H = 6{,}78$.

Forsøget gav følgende Resultat:

	Ekstrakt 1		Ekstrakt 2		Ekstrakt 3	
		Antal Enheder i 1 cm³		Antal Enheder i 1 cm³		Antal Enheder i 1 cm³
Ikke afkølet til ÷ 180°	0,000013	76900	0,000042	23800	0,0004	2500
Afkølet 1 Time til ÷ 180°	0,000025	40000	0,00005	20000	0,0004	2500
— 5 — - —			0,000055	18200	—	—
— 6 — - —	0,00003	33300	—	—	—	—
— 7 — - —		—	—	—	0,0004	2500
— 1 Døgn - —	0,000035	28600	0,00006	16700	0,0004	2500
— 2 — - —	0,000035	28600	0,000055	18200	0,0004	2500
— 3 — - —	0,000032	31300	0,000051	19600	0,0004	2500
— 4 — - —	—	—	0,00005	20000		
— 5 — - —	0,00003	33300	—	—		
— 6 — - —	—	—	0,00005	20000		
— 8 — - —	0,00003	33300	0,00005	20000		

Kurve IV giver det grafiske Billede af disse Forsøg.

Det fremgaar af disse Forsøg, at det ganske friske Ekstrakt af de netop dræbte Dyr svækkedes hurtigere og mere end det 20h gamle Ekstrakt, medens der slet ikke indtraadte nogen Svækkelse i Ekstraktet af de gamle Edderkopper, der havde været opbevaret c. 1 Aar ved ÷ 16°. Det synes saaledes, at jo mere frisk Opløsningen er, desto hurtigere og større er Svækkelsen. Man maa dog tillige have Opmærksomheden henvendt paa Forskellen i de tre Ekstrakters Styrke før Afkølingen.

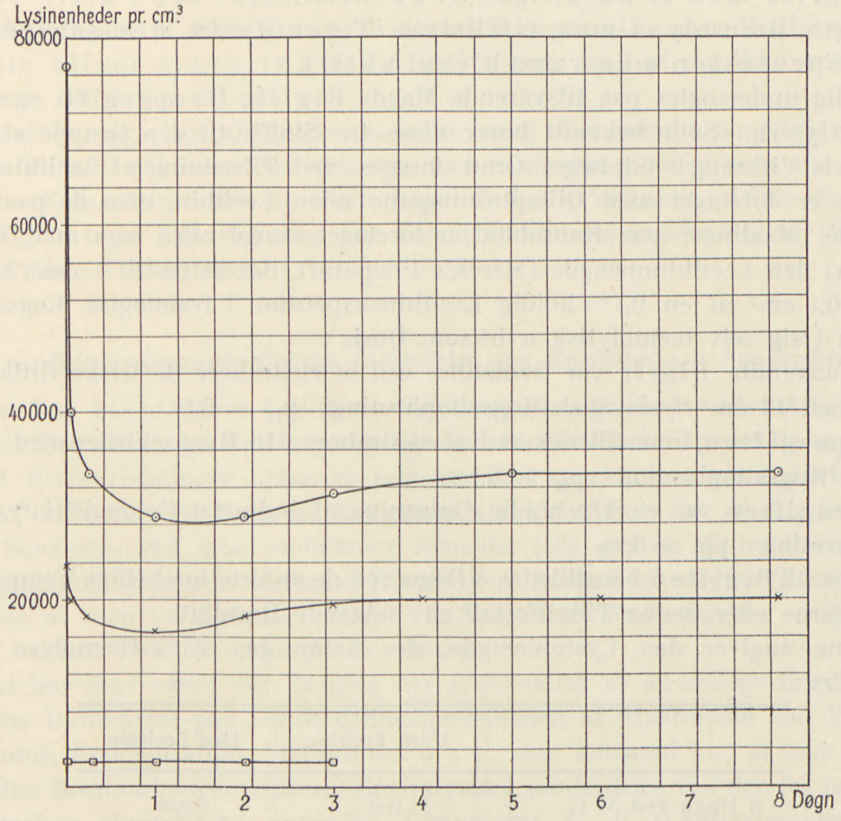
Disse Afkølingsforsøg har deres største Interesse ved den Iagttagelse, at Lysinsvækkelsen bliver stærkere med faldende Temperatur. Nu ved man ganske vist intet om, hvori en saadan Svækkelse bestaar, men man kan vel næppe formode, at den er baseret paa kemiske Processer i almindelig Forstand, da ifølge de termodynamiske Love de molekulære Svingninger bliver mindre med faldende Temperatur; blandt de mange foreliggende Muligheder kan man maaske antage, at den stærke Afkøling frembringer fysiske Forandringer i Opløsningen, og at det da er disse, der igen betinger Forandringerne i Opløsningens Giftvirkning (forandrede Adsorptionsbetingelser eller lign.).

Foruden den teoretiske har Sagen imidlertid ogsaa en rent praktisk Side, idet det paa mange Laboratorier er almindeligt at opbevare særlig let forgængelige Stoffer af animalsk eller vegetabilsk Oprindelse ved en saa lav Temperatur som muligt (meget ofte ÷ 12—÷ 16° C.) i den Tro, at Holdbarheden tiltager med faldende

Temperatur. Selv om dette i de allerfleste Tilfælde vel ogsaa er rigtigt, tyder disse Forsøg dog paa, at der kan være Tilfælde, hvor en saadan Opbevaringsmaade kan have ganske den modsatte Virkning.

I Tilslutning hertil har jeg derfor undersøgt saadanne lave Temperaturers Virkning paa nogle andre Stoffer af toksin- eller enzymagtig Karakter.

Saaledes er Forsøg foretaget med en 10 %holdig Opløsning af Trypsin-Rhenania i fysiololigsk Kogsaltopløsning ($p_H \cdot = 6{,}01$), men Afkølingen heraf frembragte



Kurve IV. Afkøling af Epeiralysin til ÷ 180° C.
o = Ekstrakt 1, ganske frisk. x = Ekstrakt 2, c. 20 Timer gammelt.
□ = Ekstrakt 3, c. 1 Aar gammelt.

ingen Forandringer i Virkningsgraden. Heller ikke den hæmolytiske Virkning af Stafylolysin ($p_H \cdot = 8{,}36$) (et Filtrat fra en Bouillonkultur af en hæmolysinproducerende Stafylokok, fremstillet i Aaret 1910) eller af Vibriolysin ($p_H \cdot = 8{,}23$) (Vibrio-Nasikfiltrat fra 1909) ændredes ved Afkøling til ÷ 180° C.

Ved disse sidste to og de efterfølgende Forsøg er den hæmolytiske Virkning kun prøvet før Afkølingen og efter 8 Døgns Ophold ved ÷ 180° C.

I den flydende Luft henstilledes desuden en Prøve Tetanolysin ($p_H \cdot = 8{,}42$)

(Filtrat fra en anaerob Bouillonkultur af B. tetani — Febr. 1912); det viste sig imidlertid ved den senere Undersøgelse, at dette Præparat var fuldstændig uden hæmolytisk Virkning, idet 0,2 cm³ og mindre Mængder heraf i 1 cm³ 2% Kaninblod ikke fremkaldte den ringeste Grad af Hæmolyse; den afkølede Prøve var derimod bleven hæmolytisk og det i en saadan Grad, at man maatte helt ned til c. 0,02 cm³ for ingen Virkning at faa (0,2 cm³ gav en Hæmolyse paa 80%); denne hæmolytiske Virkning ophævedes fuldstændig ved Tilføjelse af Tetanoantilysin, hvorfor man er berettiget til at formode, at den i dette Tilfælde frembragte Hæmolyse maa tilskrives Tetanolysin, der saaledes ved Afkølingsprocessen maa være blevet aktivt.

Endelig undersøgtes paa tilsvarende Maade Bigift-, Hvepsegift- og Cobragifthæmolysin. Som bekendt hører disse tre Stoffer til den Gruppe af Hæmolysiner, hvis Virkning i udpræget Grad forøges ved Tilsætning af Lecithin. Selve Afkølingen er foretaget med Giftopløsningerne uden Lecithin, men de paafølgende hæmolytiske Maalinger paa Kaninblod er foretaget saavel uden som med Tilføjelse af Lecithin; den Lecithinmængde (Merck's Præparat), der sattes til 1 cm³ 2% Blod, var altid 0,1 cm³ af en 0,5% holdig Lecithinsuspension i fysiologisk Kogsaltopløsning — en i sig selv hæmolytisk uvirksom Dosis[1].

Den anvendte Bigift var fremstillet ved at ekstrahere de friske Giftkirtler af 120 Bier med 12 cm³ fysiologisk Kogsaltopløsning. p_H· = 6,89.

Hvepsegiften fremstilledes ved at ekstrahere 118 Hvepsekirtler med 11,8 cm³ fysiologisk Kogsaltopløsning. p_H· = 6,23.

Cobragiften var en 1% holdig Opløsning af indtørret Cobragift i fysiologisk Kogsaltopløsning. p_H· = 6,26.

Prøver af Bigiften henstilledes 8 Døgn ved de anførte forskellige Temperaturer, og Maalingerne efter denne Tids Forløb gav følgende Resultat:

Tallene angiver den Lysinmængde, der netop gav 25% Hæmolyse (Kaninblodlegemer).

	Uden Lecithin	Med Lecithin
8 Døgn ved 5° C.	0,01	0,0002
8 — — 0° C.	0,01	0,0002
8 — — ÷ 16° C.	0,0042	0,0001
8 — — ÷ 80° C.	0,0025	0,000015

De efterfølgende Forsøg med Hvepsegift og Cobragift udførtes kun ved 0° og ÷ 180° C.; ligeledes nedennævnte Forsøg med Bigift; denne var fremstillet ved at ekstrahere paa Sand indtørret Kirtelgift (1—10) med fysiologisk Kogsaltopløsning (p_H· = 6,93).

[1] Naar jeg til disse Undersøgelser har anvendt et almindeligt Handelspræparat af Lecithin og ikke forsøgt at fremstille det i en renere Form, skyldes det den Omstændighed, at de i Handelen gaaende Præparater i Almindelighed anvendes til hæmolytiske Undersøgelser af denne Art og som Regel viser sig meget brugbare. Kravet om, at Lecithinopslemningerne ikke i sig selv maatte være hæmolytiske (i betydelig større Dosis end den anvendte), opfyldte det benyttede Præparat i en tilfredsstillende Grad.

	Hvepsegift		Cobragift		Bigift	
	Uden Lecithin	Med Lecithin	Uden Lecithin	Med Lecithin	Uden Lecithin	Med Lecithin
8 Døgn ved 0°	0,045	0,0025	0,0047	0,00015	> 0,2	0,00025
8 — — ÷ 180°	0,013	0,0011	0,0040	0,00007	0,075	0,00016

Det fremgaar af disse Forsøg, at saavel Hvepsegift som Bigift og Cobragift alle bliver stærkere efter Afkølingen, samt at det ikke er ubetydelige Forøgelser, det drejer sig om.

Disse Forsøg viser altsaa, at saadanne mere eller mindre langvarige Afkølinger i mange Tilfælde ikke er uden Virkning paa de afkølede Stoffer, men ofte foraarsager enten en Nedsættelse eller en Forhøjelse af disses Virkning. Disse Forhold maa nødvendigvis tages i Betragtning ved Valget af Opbevaringstemperatur for disse og lignende labile Forbindelser.

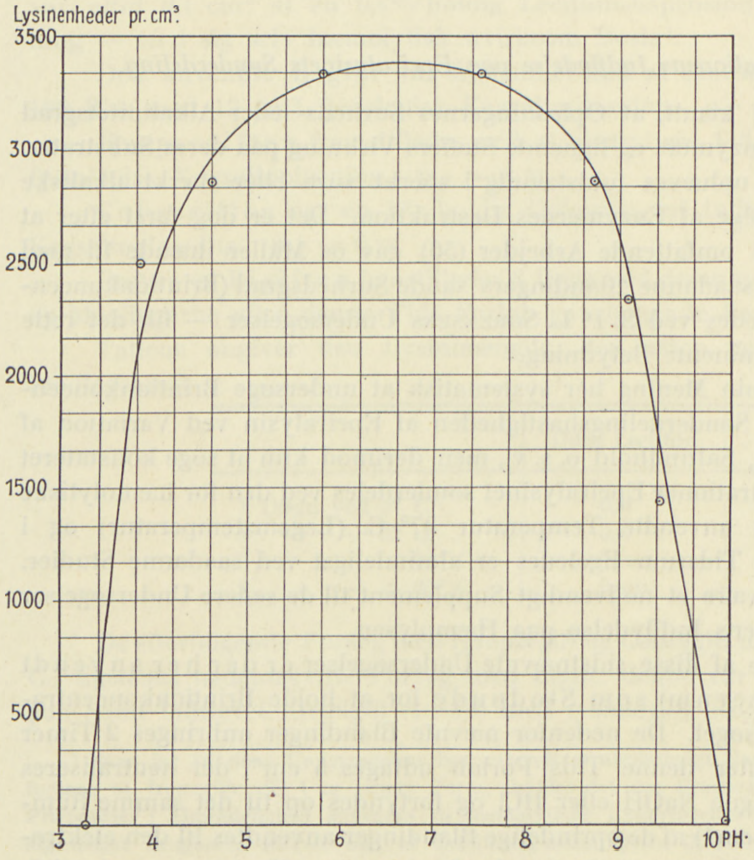
e. Brintionkoncentrationens Indflydelse paa Epeiralysinets Sønderdeling.

Det har længe været kendt, at Opløsningernes Surheds- eller Alkalinitetsgrad er af stor Betydning for Enzymers og lignende Stoffers Virkning paa deres Substrater, samt at disse Virkninger ophæves fuldstændig i stærkt sure eller stærkt alkaliske Vædsker, oftest som en Følge af Enzymernes Destruktion. Det er dog først efter at S. P. L. Sørensen ved sine omfattende Arbejder (56) gav os Midler ihænde til med stor Nøjagtighed at maale saadanne Blandingers sande Surhedsgrad (Brintionkoncentrationen), at man — ligeledes ved S. P. L. Sørensens Undersøgelser — fik det rette Indblik i denne Faktors eminente Betydning.

Det har ikke været min Mening her systematisk at undersøge Brintionkoncentrationens Indflydelse paa Sønderdelingshastigheden af Epeiralysin ved Variation af Temperatur, Koncentration, Saltindhold o. s. v., men derimod kun at søge konstateret ved hvilke Brintionkoncentrationer Epeiralysinet sønderdeles ved den for hæmolytiske Undersøgelser almindeligst anvendte Temperatur 37° C. (Legemstemperatur) og i Løbet af 2 Timer, hvilket Tidsrum ligeledes er almindeligst ved saadanne Studier. Disse Forsøg vil desuden være et nødvendigt Supplement til de senere Undersøgelser over Brintionkoncentrationens Indflydelse paa Hæmolysen.

Ligesom ved de fleste af disse sidstnævnte Undersøgelser er der her anvendt normal Serum (Kaninserum) som Stødpude for at holde Brintionkoncentrationen konstant under Forsøget. De nedenfor nævnte Blandinger anbringes 2 Timer i Vandbad ved 37° C. Efter denne Tids Forløb udtages 5 cm^3, der neutraliseres med den æqvivalente Mængde NaOH eller HCl og fortyndes op til det samme Rumfang i alle Glas; Resten (25 cm^3) af de oprindelige Blandinger anvendtes til den elektrometriske Maaling af Brintionkoncentrationen, der foretoges i en Thermostat ved 37° C.

Blanding	cm³ normal Kaninserum	cm³	cm³ 0,9 % NaCl-Opl.	cm³ Ekstr. C 1912	p_H ved 37° C.	Efter 2h ved 37° C. udtages 5 cm³, der neutraliseres som følger.
1	1,5	+ 9 $\frac{n}{10}$ HCl	+ 13,5	+ 6	2,38	5 cm³ + 1,5 cm³ $\frac{n}{10}$ NaOH
2	1,5	+ 6 —	+ 16,5	+ 6	3,28	5 — + 1,0 — — + 0,5 NaCl-Opl.
3	1,5	+ 4,5 —	+ 18	+ 6	3,85	5 — + 0,75 — — + 0,75 —
4	1,5	+ 3 —	+ 19,5	+ 6	4,60	5 — + 0,5 — — + 1,0 —
5	1,5	+ 2 —	+ 20,5	+ 6	5,80	5 — + 0,33 — — + 1,17 —
6	1,5	+ 0 —	+ 22,5	+ 6	7,48	5 — + 0 — — + 1,5 —
7	1,5	+ 3 $\frac{n}{10}$ NaOH	+ 19,5	+ 6	8,69	5 — + 0,5 — $\frac{n}{10}$ HCl + 1,0 —
8	1,5	+ 4,5 —	+ 18	+ 6	9,10	5 — + 0,75 — — + 0,75 —
9	1,5	+ 6 —	+ 16,5	+ 6	9,45	5 — + 1,0 — — + 0,5 —
10	1,5	+ 9 —	+ 13,5	+ 6	10,17	5 — + 1,5 — —
11	1,5	+ 6 $\frac{n}{5}$ —	+ 16,5	+ 6	11,16	5 — + 1,0 — $\frac{n}{5}$ — + 0,5 —
12	1,5	+ 7,5 —	+ 15	+ 6	11,55	5 — + 1,25 — — + 0,25 —
13	1,5	+ 9 —	+ 13,5	+ 6	11,76	5 — + 1,5 — —



Kurve V. Epeiralysinets Sønderdeling ved forsk. Brintionkoncentration.

Alle de neutraliserede Blandinger reagerede paa det nærmeste neutralt paa Lakmuspapir. I disse bestemtes Indholdet af Hæmolysin paa sædvanlig Maade overfor Kaninblodlegemer, og Resultatet var følgende:

Blanding		Antal Enheder i 1 cm³
1	> 0,2	< 5
2	> 0,2	< 5
3	0,0004	2500
4	0,00035	2860
5	0,0003	3330
6	0,0003	3330
7	0,00035	2860
8	0,00043	2330
9	0,0007	1430
10	0,05	20
11	> 0,2	< 5
12	> 0,2	< 5
13	> 0,2	< 5

En Blanding af 1,0 Lysin, 0,25 Kaninserum og 5,25 NaCl-Opløsning indeholdt 3330 Lysinenheder i 1 cm^3.

Resultatet er grafisk opstillet paa Kurve V.

Det fremgaar af dette Forsøg, at Epeiralysinet sønderdeles i saavel sure som alkaliske Vædsker, samt at Sønderdelingen under de nævnte Forsøgsbetingelser er fuldstændig ved $p_H < 3,2$ og ved $p_H > 10,1$. Imellem p_H = ca. 5,5 og p_H = ca. 7,5 finder ingen Destruktion Sted.

f. Den optimale Temperatur for Epeiralysinvirkningen.

Det er vel som Regel saaledes, at Hæmolysinernes Virkning stiger jævnt med stigende Temperatur, idet de Temperaturer, hvorved de fleste Hæmolysiner destrueres ligger betydelig højere end de, hvorved Blodlegemerne gaar til Grunde, saaledes som det ogsaa af Madsen & Walbum (57) og af Madsen & Noguchi (58) er vist for en Række forskellige hæmolytiske Stoffers Vedkommende; af de anførte Arbejder fremgaar det endvidere, at disse Reaktionshastigheder er lovmæssig afhængige af Temperaturen; det skal dog bemærkes, at 40° C. har været den ved disse Undersøgelser højeste anvendte Temperatur.

Der findes imidlertid Undtagelser fra denne Regel; Madsen & Walbum har saaledes ved flere Forsøg med Tetanolysin fundet et Temperaturoptimum omkring 31° C. og for Staphylolysin en Optimalvirkning imellem 20° og 30° C. Madsen & Noguchi iagttog ved Undersøgelser over Cobragiften en kun lidt udtalt Stigning med stigende Temperatur; dog synes der at være et Minimum imellem 14° og 24° C. For Giften af *Ancistrodon piscivorus* viste der sig derimod det ejendommelige Forhold, at Virkningen tiltog jævnt med faldende Temperatur.

Da det langt overvejende Antal Forsøg med Epeiralysin er foretaget med Kaninblodlegemer, har jeg valgt at undersøge de optimale Temperaturforhold for Epeiralysinet overfor denne Art af Blodlegemer.

Forsøgene udførtes paa følgende Maade: ved de konstante Temperaturer (Vandbade) 0,2° — 10,3° — 19,0° — 27,4° — 32,6° — 40,4° og 45,3° C. henstilledes Glas med 15 cm 5% Kaninblod (5 cm^3 defibrineret Kaninblod + 95 cm^3 0,9% holdig NaCl-Opløsning); naar Blodopslemningerne havde antaget Vandbadenes Temperatur, tilsattes efterhaanden til hvert Glas 0,00025 cm^3 Epeiralysin (Ekstr. C 1912); efter de anførte Reaktionstider fracentrifugeredes Blodlegemerne, og i de klare Centrifugater maaltes Hæmoglobinindholdet paa sædvanlig Maade. Til Fracentrifugeringen anvendtes en kraftig Vandcentrifuge af en saadan Konstruktion, at den ellers nødvendige Tid til Afvejning af de i Centrifugen modstaaende Glas sparedes; en hurtig og skarp Adskillelse af Blodlegemer og Vædske er ved denne Slags Forsøg naturligvis af allerstørste Betydning. I disse Forsøg tog en Centrifugering imellem 3—4 Minutter. Ved hver Temperatur anbragtes tillige Kontrolglas med Blodopslemning alene, og til

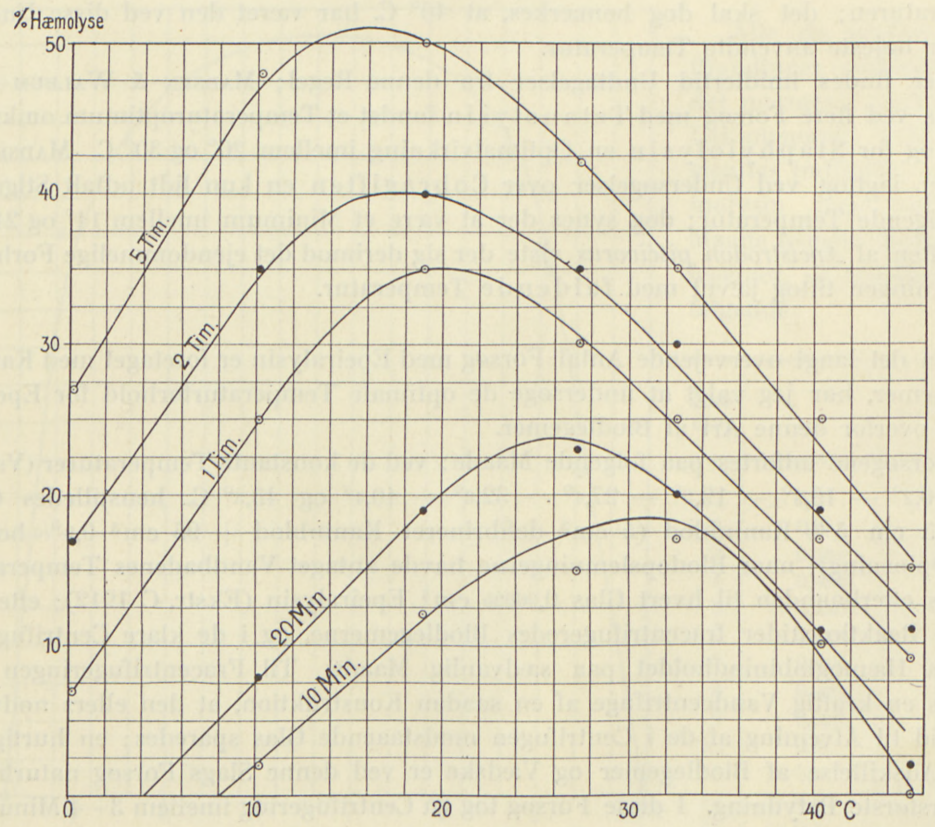
de anførte Tider udtoges og centrifugeredes en Prøve; det kan straks her anføres, at der ved Tp. 45,3° C. fremkom en svag Hæmolyse (efter 10 Min. og 20 Min. ingen, efter 1 Time 3%, efter 2 Timer 5% og efter 5 Timer 6% Hæmolyse); denne Hæmolyse er trukket fra Tallene i efterfølgende Tabel (45,3°); ved ingen af de lavere Tp. fremkom Spor af Hæmolyse i Kontrolglassene.

I Blodopslemningen maaltes Brintionkoncentrationen ved 37° C. til $p_H = 7{,}28$.

Resultatet af Forsøgene kan sammenstilles i følgende Tabel, hvor de anførte Tal angiver % Hæmolyse i Centrifugaterne:

Tiden	0,2° C.	10,3° C.	19,0° C.	27,4° C.	32,6° C.	40,4° C.	45,3° C.
10 Min.	0	2	12	15	17	10	0
20 —	0	8	19	23	20	11	2
1 Time	7	25	35	30	25	17	9
2 Timer	17	35	40	35	30	19	11
5 —	27	48	50	42	35	25	15

Paa Kurve VI er Resultaterne tillige opført.



Kurve VI. Optimaltemperatur for Epeiralysinets Virkning.

Det fremgaar af disse Forsøg, at der for Epeiralysinets Virkning paa Kaninblodlegemer findes et Temperaturoptimum, samt at dette forskydes henimod den lavere Temperatur med stigende Forsøgstid.

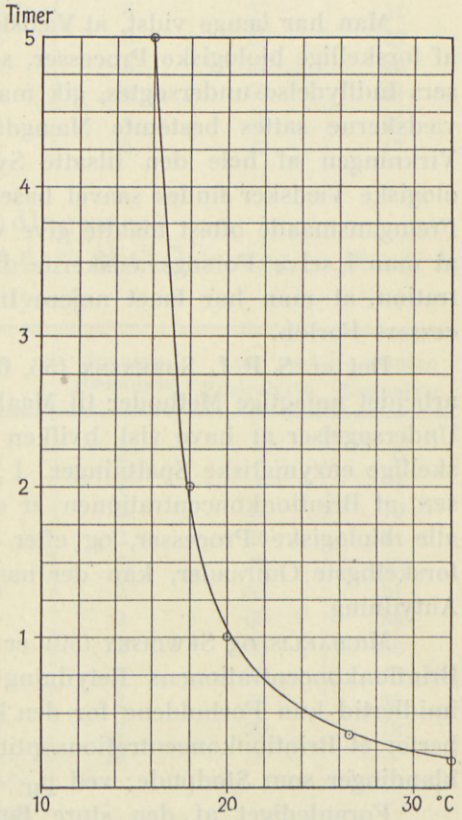
Efter 10 Minutter er den optimale Temperatur c 32° C.
— 20 — - — — — - 26,5°C.
— 1 Time - — — — - 20° C.
— 2 Timer - — — — - 18° C.
— 5 — - — — — - 16° C.

Disse Værdier er fundne ved grafisk Interpolation.

Paa Kurve VII er Kurven for de optimale Temperaturer opført; der er vel næppe nogen Tvivl om, at den optimale Temperatur med endnu længere Forsøgstid forskydes endnu mere henimod Nulpunktet, men det ses af Kurvens Forløb, at der til at frembringe lavere Optimaltemperaturer kræves forholdsvis meget lange Tider.

Som netop omtalt fandt Madsen & Walbum for Staphylolysinets Virkning et lignende Optimalpunkt, der ligger imellem 20° og 30° C. Ved at betragte de fundne Værdier ser man ogsaa her tydelig, at Optimaltemperaturen forrykkes mod den lavere Temperatur med stigende Forsøgstid. Ved grafisk Interpolation finder man saaledes, at

Optimaltemp. for Forsøgstiden 15 Min. er c. 28° C.
— - — 20 — - c. 26° C.
— - — 45 — - c. 24° C.



Kurve VII.
Optimaltemp. for Epeiralysinets Virkning.

Ved en umiddelbar Betragtning ligger det nær at antage, at Aarsagen til, at der overhovedet findes et saadant Temperaturoptimum og til dettes Forskydning med voksende Forsøgstid, maa søges i en Sønderdeling af Epeiralysinet ved de højere Temperaturer; saa meget mere, som Lysinet i disse Blandinger befinder sig i en Fortynding 1—60000. Det er imidlertid tidligere under Afsnittet om Temperaturens Indflydelse paa Epeiralysinets Sønderdeling (p. 370) vist, at Epeiralysinet selv i en Fortynding 1—60000 ved en Tilstedeværelse af 3% normal Kaninserum i Opløsningen ingen Forandring lider med Hensyn til den hæmolytiske Virkning ved en Opvarmning til 40° C. i 4 Timer. Da Temperaturoptimum for Epeiralysinvirkningen ligger langt under denne Temperatur, er det

næppe sandsynligt, at Aarsagen til de ovenfor nævnte Iagttagelser er at søge i en Sønderdeling af Epeiralysinet udelukkende som en Følge af Temperaturen; saalænge man imidlertid ikke kender mere til selve Hæmolysens Natur, end man gør i Øjeblikket, er det ret ørkesløst at diskutere Spørgsmaal af denne Art samt opstille Theorier til disses Besvarelse; saa meget kan imidlertid slaas fast, at de forskellige Temperaturer afgiver forskellige Betingelser for Hæmoglobinudløsningen ved Hjælp af Epeiralysinet, samt at der findes et Temperaturoptimum, hvor denne foregaar i størst Udstrækning.

g. Den optimale Brintionkoncentration for Epeiralysinets Virkning.

Man har længe vidst, at Vædskens Reaktion var af stor Betydning for Forløbet af forskellige biologiske Processer, som f. Eks. de enzymatiske. Naar Syrers og Basers Indflydelse undersøgtes, gik man altid frem paa den Maade, at der til Forsøgsvædskerne sattes bestemte Mængder Syre eller Base, idet man da regnede med Virkningen af hele den tilsatte Syre- eller Basemængde. Da der i de fleste fysiologiske Vædsker findes saavel base- som syrebindende Stoffer, er det klart, at denne Fremgansmaade oftest maatte give vildledende Resultater. Det er derfor først, efter at man i selve Forsøgsvædskerne direkte har maalt den herskende Brintionkoncentration, at man har faaet nøjere Indblik i denne Faktors Betydning for disse Processers Forløb.

Det er S. P. L. Sørensen (56, 60), der har Fortjenesten af foruden at have udarbejdet nøjagtige Methoder til Maaling af Brintionkoncentrationen tillige ved talrige Undersøgelser at have vist, hvilken betydelig Rolle denne Faktor spiller for de forskellige enzymatiske Spaltninger. I „Enzymstudier II“ (p. 17) antyder S. P. L. Sørensen, at Brintionkoncentrationen er en Faktor, hvormed der sikkert maa regnes ved alle biologiske Processer, og efter de Undersøgelser, der til Dato foreligger paa de forskelligste Omraader, kan der næppe være nogen Tvivl om Rigtigheden af denne Antydning.

Michaelis og Skwirsky (59) er de første, der har undersøgt Spørgsmaalet om Brintionkoncentrationens Betydning for Hæmolysen; disse Undersøgelser omfatter imidlertid kun Forholdene for den komplexe Hæmolyses Vedkommende. Forf. finder herfor et Brintionkoncentrationsoptimum ved p_H· = c. 7,22, idet de anvender Fosfatblandinger som Stødpude; ved p_H· = c. 5,42 er Hæmolysen ganske undertrykt.

Foranlediget af den store Betydning, som Kendskabet til disse Forhold har for alt Arbejde med Hæmolysiner, tog jeg for nogen Tid siden dette Spørgsmaal op og undersøgte Forholdene for en Række forskellige Hæmolysiners Vedkommende (61).

Idet jeg med Hensyn til den anvendte Teknik henviser til denne Publikation, skal jeg her anføre Resultaterne for Epeiralysinet. Forsøgene udførtes ved 37° C.

Forsøg med Kaninblodlegemer.

1000 cm³ 10 % Blod + 45 cm³ $\frac{n}{10}$ HCl + 755 cm³ 0,9 % NaCl-Opløsning = Bland. A.

Heraf uddrives Kulsyren.

Bland. No.	cm³ Bland. A.	cm³ $\frac{n}{10}$ NaOH	cm_3 0,9 % NaCl-Opløsn.	p_H·	Spontan Hæmolyse	0,0002 cm³ Epeiralysin	÷ spontan Hæmolyse
1	180	0	20	5,56	18	50	32
2	180	0,5	19,5	5,96	15	50	35
3	180	1,0	19	6,30	9	55	46
4	180	1,5	18,5	6,60	6	55	49
5	180	2,0	18	6,85	6	57	51
6	180	2,5	17,5	7,09	6	57	51
7	180	3,0	17	7,35	6	57	51
8	180	3,5	16,5	7,56	6	55	49
9	180	4,0	16	7,80	6	52	46
10	180	4,5	15,5	8,04	6	50	44
11	180	5,0	15	8,24	6	40	34
12	180	6,0	14	8,63	15	32	17

Forsøg med Okseblodlegemer.

1000 cm³ 10 % Blod + 50 cm³ $\frac{n}{10}$ HCl + 750 cm³ 0,9 % NaCl-Opløsning = Bland. A.

Heraf uddrives Kulsyren.

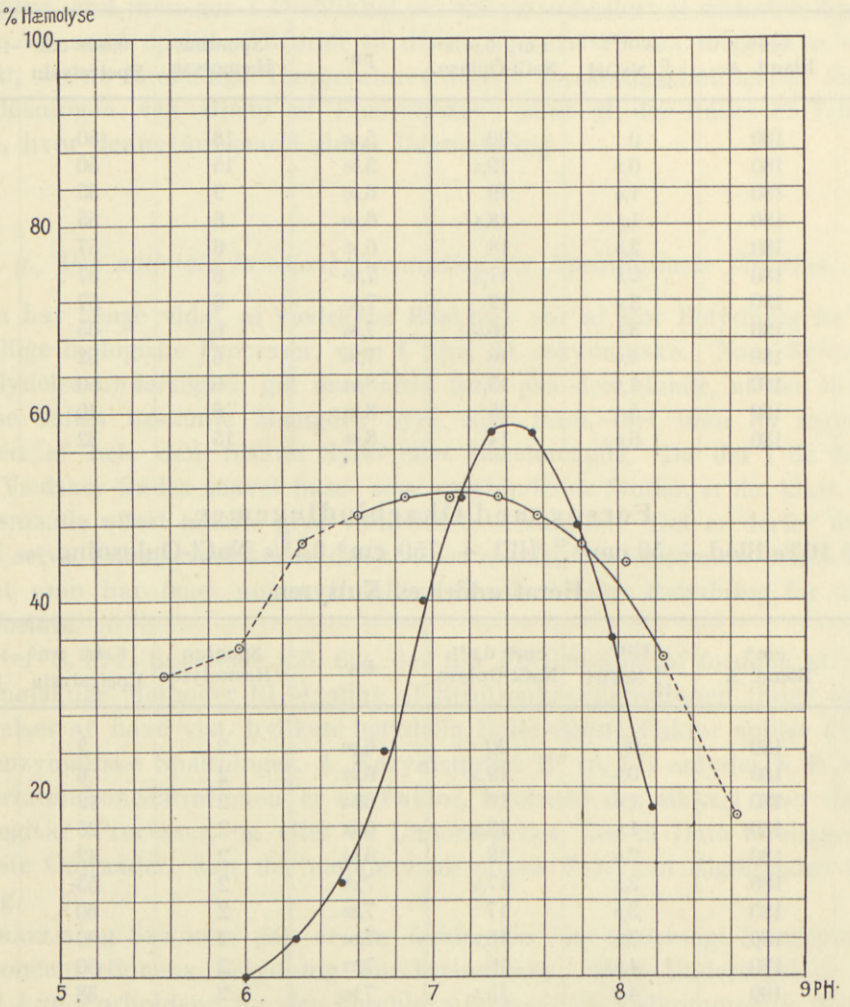
Bland. No.	cm³ Bland. A.	cm³ $\frac{n}{10}$ NaOH	cm³ 0,9 % NaCl-Opløsn.	p_H·	Spontan Hæmolyse	0,0035 cm³ Epeiralysin	÷ spontan Hæmolyse
1	180	0	20	6,00	2	2	0
2	180	0,5	19,5	6,27	2	6	4
3	180	1,0	19	6,51	2	12	10
4	180	1,5	18,5	6,74	2	26	24
5	180	2,0	18	6,96	2	42	40
6	180	2,5	17,5	7,15	2	53	51
7	180	3,0	17	7,32	2	60	58
8	180	3,5	16,5	7,54	2	60	58
9	180	4,0	16	7,77	2	50	48
10	180	4,5	15,5	7,96	2	38	36
11	180	5,0	15	8,17	2	20	18
12	180	6,0	14	8,61	20	8	—

Resultaterne er opført grafisk paa Kurve VIII.

Det fremgaar med stor Tydelighed af disse Forsøg, at der findes et godt udpræget Brintionkoncentrationsoptimum for Lysinvirkningen, hvilket for Kaninblodlegemernes Vedkommende ligger omkring p_H· = 7,10 og for Okseblodlegemernes Vedkommende lidt længere henimod den alkaliske Side, omkring p_H· = 7,40.

Det ses af disse Forsøg, at selv smaa Ændringer i Vædskernes Brintionkoncentration kan fremkalde store Forskydninger i Hæmolysinets Virkning, og det

vil derfor — ligesom ved enzymatiske Studier — ogsaa ved hæmolytiske Undersøgelser være nødvendigt at have sin Opmærksomhed henvendt paa Forsøgsvædskernes „Stødpudeevne", der — hvis den er for ringe — maa forhøjes ved passende



Kurve VIII. Brintionkoncentrationens Betydning for Epeiralysinets Virkning.
• = Okseblodlegemer. ○ = Kaninblodlegemer.

Tilsætninger. I disse, ligesom i mine tidligere Forsøg, har jeg ladet Blodlegemerne beholde deres eget Serum som „Stødpude", idet jeg har anvendt c. 3% heraf i Forsøgsblandingerne.

h. Andre Undersøgelser til Belysning af Epeiralysinets Natur.

Ved Arbejder med Hæmolysiner staar Spørgsmaalet om disses kemiske Natur naturligvis i første Række. Paa Grund af vor Tids manglende Kendskab til de

Stofgruppers Kemi, hvortil Toksiner, Enzymer, Hæmolysiner og dermed beslægtede Forbindelser hører, maa Spørgsmaal af denne Art imidlertid forblive saa godt som ubesvarede. Man har dog i Tidens Løb samlet en Del Erfaringer med Hensyn til de forskellige Hæmolysiners Egenskaber, og selv om disse selvsagt ikke giver Oplysninger om Stoffernes kemiske Konstitution o. l., kan man dog drage den almindelige Slutning, at nogle Hæmolysiner maa være af mere sammensat Natur end andre. De komplekse Hæmolysiner kan saaledes som almindelig bekendt spaltes i „Amboceptor" og „Komplement"; ingen af disse Komponenter kan alene udøve nogen hæmolytisk Virkning, men ved at de sammenblandes faas igen den fulde oprindelige Virkning; medens „Amboceptoren" ikke yderligere har ladet sig spalte, er det derimod lykkedes at dele „Komplementet" i flere Fraktioner. De enkle Hæmolysiner, der i meget minder om Toksinerne, er (i hvert Fald tilsyneladende) mindre kompliceret byggede; foreløbig er det kun lykkedes at vise, at disse er i Besiddelse af to Egenskaber, nemlig foruden den antitoksinbindende og immuniserende, der betinger Bindingen til Antistoffer og Dannelsen af disse i den immuniserede Organisme, tillige den toksiske, der er Aarsag til den egentlige Giftvirkning (disse to Egenskaber benævnede Ehrlich henholdsvis: den haptophore og toxophore Gruppe i Toksinmolekulet).

Komplekse Hæmolysiner findes meget udbredt i Dyreriget og kan kunstig fremstilles ad immunisatorisk Vej, men dannes efter de foreliggende Iagttagelser ikke ved Bakteriers eller andre Mikroorganismers Vækst i deres Subtrater. De enkle Hæmolysiner af toksinagtig Karakter forekommer ligeledes hos forskellige Dyr (og Planter) og produceres ofte af Bakterier og andre Mikroorganismer.

Begge Arter af Hæmolysiner kan optræde som Antigener, d. v. s. ved Injektioner i passende Dyrearter fremkalde Dannelsen af Antihæmolysiner. Det store Antal af hæmolytiske Stoffer, der ikke kan optræde som Antigener, og hvis kemiske Sammensætning er mere eller mindre kendt, har i denne Forbindelse naturligvis kun ringe Interesse.

Til hvilken af disse to Arter maa nu Epeiralysinet regnes?

Ved Opvarmning af de komplekse Hæmolysiner en kort Tid ($\frac{1}{2}$ Time) til 56° C. destrueres „Komplementet", medens „Amboceptoren" bibeholdes; ved til denne igen at sætte frisk „Komplement", der forekommer normalt i de fleste Dyrs Blodserum og i særlig stor Mængde i Marsvineserum, faar man atter den fulde oprindelige Virkning tilbage.

De fleste af de i dette Kapitel meddelte Forsøg er udført med Edderkoppeserum, udvundet paa den tidligere beskrevne Maade, en Del dog med Ekstrakt A (af hele Edderkopper); det viste sig imidlertid, at $\frac{1}{2}$ eller 1 Times Opvarmning til 56° C. ikke havde nogen Nedsættelse af Serums hæmolytiske Virkning til Følge. Først ved Opvarmning til c. 65° C. ophævedes denne; dette inaktiverede Serum lod sig imidlertid ikke aktivere ved Tilsættelse af Marsvineserum; da det imidlertid kunde tænkes, at der i Serum af Marsvin, der zoologisk set staar langt fra Edderkopperne, ikke fandtes et passende Komplement, forsøgte jeg Krebseserum, men heller ikke hermed kom nogen Aktivering i Stand.

Ehrlich & Morgenroth (62) har til Adskillelse af Amboceptor og Komplement angivet en saakaldt Kuldeadskillelsesmethode, der baseres paa den Kendsgerning, at Amboceptoren lader sig absorbere af røde Blodlegemer i Modsætning til Komplementet, der forbliver frit i Vædsken; for at forhindre Hæmolyse under Absorptionstiden udføres Forsøget ved 0° C.

0,05 cm^3 Edderkoppeserum blandes ved denne Temperatur med 10 cm^3 1% Kaninblod (0,05 cm^3 Serum kan ved 37° C. netop bringe denne Blodlegememængde i Opløsning) og efter 5 Min. Henstand centrifugeres hurtig. Vædsken frahældes, Blodlegemerne opslemmes i 10 cm^3 afkølet fysiologisk Klornatriumopløsning, og Blandingen deles i to Dele; til den ene sættes 0,3 cm^3 Marsvineserum og begge anbringes i Thermostat ved 37° C. I begge Tilfælde kom der total Hæmolyse i Løbet af c. 10—15 Minutter.

Man har ogsaa paa anden Maade forsøgt at adskille de to Komponenter. Ifølge Undersøgelser, bl. a. af v. Eisler (63) og Hektoen & Rüdiger (64), absorberes „Amboceptoren" af Blodlegemerne, opslemmede i en hypertonisk Saltopløsning, men ikke Komplementet. Forøgelsen af Saltmængden forhindrer Hæmolysen. En forhøjet Saltkoncentration ophæver ligeledes Epeiralysinets Virkning, men heller ikke paa denne Maade lykkedes det at spalte Epeiralysinet i en „Amboceptor" og et „Komplement", og der er saaledes ifølge disse Forsøg ingen Grund til at antage, at dette Hæmolysin er af kompleks Natur i denne Forstand.

Der skal dog her omtales nogle Undersøgelser af R. Levy (65), hvoraf det fremgaar, at et Ekstrakt af Epeira lader sig fuldstændigt inaktivere ved 8 Timers Opvarmning til 62° C. (en Angivelse, der passer udmærket med mine Destruktionsforsøg ved Opvarmning); Levy finder, at et saadant inaktiveret Ekstrakt ikke lader sig reaktivere af forskellige Sera, men derimod af et inaktiveret Ekstrakt af Æggene af en anden Epeiraart, hvorimod Ekstrakter af Æg af andre Familier ikke har denne Evne. Ved Opvarmning i længere Tid eller til en højere Temperatur, lader Ekstrakterne sig vanskeligere aktivere. Endelig kan et inaktiveret Ekstrakt af Epeira-Æg aktiveres af et lignende frisk Udtræk, der er saa fortyndet, at det ikke i sig selv er virksomt. Af disse Forsøg slutter Levy, at Epeiralysinet (i Modsætning til Sachs' Anskuelse) ikke er et enkelt, men et sammensat Hæmolysin.

Denne Publikation kom mig desværre saa sent i Hænde, at jeg ikke fik Lejlighed til selv at undersøge disse interessante Forhold.

Til Trods for at disse Undersøgelser kan tyde paa en vis Lighed med de komplekse Hæmolysiner, skal jeg dog anføre de Resultater, jeg er kommen til ved at betragte Lysinet som hørende til de enkle Hæmolysiners Gruppe; i disse lader sig som omtalt paavise en toksisk og en antitoksinbindende-immuniserende Egenskab.

Af de to Egenskaber er den toksiske den mest labile, og det lader sig gøre paa forskellig Maade at gøre denne uvirksom, hvorefter den tilbageblivende antitoksinbindende-immuniserende kan paavises ved sin Evne til at binde det specifike Antilysin eller ved sin Evne til at fremkalde Dannelsen af Antilysin ved Injek-

tion i passende Forsøgsdyr; saadanne giftfri Forbindelser benævnes af Ehrlich Toxoider.

De første Forsøg gik ud paa at destruere den toksiske Egenskab ved Hjælp af Syrer og Alkalier:

Bl. I. 4 cm³ Ekstr. A + 0,2 cm³ $\frac{n}{1}$ HCl + 15,8 cm³ 0,9% holdig NaCl-Opl. (1h ved 37°) + 0,2 cm³ $\frac{n}{1}$ NaOH + 19,8 cm³ 0,9% holdig NaCl-Opl.
(lille Bundfald).

Bl. II. 4 cm³ Ekstr. A + 0,4 cm³ $\frac{n}{1}$ NaOH + 15,6 cm³ 0,9% holdig NaCl-Opl. (1h ved 37°) + 0,4 cm³ $\frac{n}{1}$ HCl + 19,6 cm³ 0,9% holdig NaCl-Opl.
(stort Bundfald).

Bl. III. 4 cm³ Ekstr. A + 16 cm³ 0,9% holdig NaCl-Opl. (1h ved 37°) + 20 cm³ NaCl-Opl.
(intet Bundfald).

Blanding I og II var ganske uvirksomme paa Kaninblodlegemer, medens af Blanding III 0,015 cm³ gav total Hæmolyse.

For at undersøge om Blanding I og II formaaede at binde Antilysin fortsattes saaledes:

A. 0,5 cm³ Antilysin[1]) + 9,5 cm³ NaCl-Opl.
B. 0,5 cm³ — + 5,0 Bl. I + 4,5 cm³ NaCl-Opl. } ½ Time ved Stuetemperatur.
C. 0,5 cm³ — + 5,0 Bl. II + 4,5 cm³ NaCl-Opl.

Disse tre Blandingers Indhold af virksomt Antilysin prøvedes paa følgende Maade: i hvert Glas 0,001 cm³ Ekstr. A + de anførte Mængder af vedkommende Blanding + NaCl-Opl. til 1 cm³ (½ Time ved Stuetemperatur) + 1 cm³ 2% Kaninblodlegemer.

cm³ af Blanding A, B & C	A	B	C	cm³ af Blanding A, B & C	A	B	C
0,8	0	0	0	0,2	0	25	100
0,65	0	0	0	0,17	0	40	100
0,6	0	0	15	0,13	0	80	100
0,5	0	0	35	0,1	8	100	100
0,4	0	0	50	0,08	18	100	100
0,3	0	0	90	0,065	40	100	100
0,25	0	10	100				

Det viser sig saaledes, at medens af Bland. A 0,13 cm³ fuldstændig ophæver Virkningen af den tilføjede Lysinmængde, kræves hertil af Bland. B 0,3 cm³ og af Bland. C 0,65 cm³; det synes altsaa, som om det med Syre eller Alkali inaktiverede Hæmolysin endnu formaar at binde Antilysin.

Desuden foretoges Immuniseringsforsøg med de 3 Blandinger, idet der i Kaninerne I, II og III til de anførte Tider injiceredes subkutant følgende Mængder af henholdsvis Blanding I, II og III.

[1] Serum fra Ged No. 138. Prøve No. 23.

Dato	Cm³ Bland.	Dato	Cm³ Bland.
30/12 11	0,1	10/1 12	2,0
2/1 12	0,2	12/1	3,0
4/1	0,5	15/1	5,0
6/1	0,7	18/1	5,0
8/1	1,0		

Ved Undersøgelsen paa sædvanlig Maade viste det sig, at der hos alle tre Kaniner var produceret Antilysin og i følgender Mængder (se tidligere Immuniseringsforsøg):

	Kanin I	Kanin II	Kanin III
Blodprøve 30/12 11	< 2,0	< 2,0	4
— 10/1 12	< 2,0	1,67	6,7
— 15/1	< 2,0	40	364
— 18/1	3,3	250	417
— 22/1	11,8	286	333
— 26/1	10	167	222

Hos Kanin I var Antilysindannelsen ikke særlig stor; dette Dyr var behandlet med det med Saltsyre inaktiverede Epeiralysin, og det er ikke uden Interesse at lægge Mærke til, at ogsaa den antilysinbindende Evne var betydelig mindre i det med Saltsyre end i det med Natronhydrat inaktiverede Lysin.

Ved de næste Forsøg ophævedes den toksiske Egenskab ved Opvarmning.

Hæmolytisk Edderkoppeserum fortyndes med 0,9 % holdig Klornatriumopløsning 1 + 9 og inaktiveres ved Ophedning til 65° C. i 40 Minutter. For at undersøge, om dette inaktiverede Lysin endnu havde toksinbindende Egenskaber, foretoges følgende Forsøg:

Som Antilysin anvendtes Serumprøve No. 23 fra Ged No. 138 (se p. 365), hvoraf 0,013 cm³ netop ophævede Virkningen af 0,01 cm³ af Hæmolysinet.

Antilysin	Inaktiveret Lysin 1 + 9	NaCl-Opløsning	Ikke inaktiveret Lysin 1 + 9	2 % Kaninblod	% Hæmolyse
0,02	0,5	0,38	0,1	1,0	0
0,017	0,5	0,383	0,1	1,0	0
0,013	0,5	0,387	0,1	1,0	0
0,01	0,5	0,39	0,1	1,0	0
0,007	0,5	0,393	0,1	1,0	0
0,005	0,5	0,395	0,1	1,0	0
0,004	0,5	0,396	0,1	1,0	0

Blandingerne af Antilysin og inaktiveret Lysin henstod 10 Min. ved 37° C. før Tilføjelsen af det ikke inaktiverede Lysin; efter 10 Min. yderligere Henstand ved 37° C. tilsattes Kaninblod. Følgende Kontrolforsøg udførtes samtidig:

Antilysin	Ikke inaktiveret Lysin 1 + 9	NaCl-Opløsning	2 % Kaninblod	% Hæmolyse
0,02	0,1	0,88	1,0	0
0,017	0,1	0,883	1,0	0
0,013	0,1	0,887	1,0	0
0,01	0,1	0,89	1,0	20
0,007	0,1	0,893	1,0	50
0,005	0,1	0,895	1,0	80
0,004	0,1	0,896	1,0	100

Blandingerne af Antilysin og Lysin henstod 10 Min. ved 37° C. forinden Blodtilsætningen.

Dette Forsøgs Udfald var ret overraskende, idet det viser, at det ved Opvarmning inaktiverede Lysin (Edderkoppeserum) i en ret fremtrædende Grad er i Stand til at ophæve Virkningen af Epeiralysin; som en Følge heraf lader en eventuel antitoksinbindende Evne sig naturligvis ikke paavise ad denne Vej.

Forsøget gentoges flere Gange og med samme Resultat; Forsøg med Ekstrakt A af hele Edderkopper viste samme Forhold, om end i betydelig ringere Udstrækning.

Uden iøvrigt at drage nogen direkte Sammenligning skal jeg dog i denne Forbindelse minde om Smirnows (66) ret upaaagtede Undersøgelser, hvorved han mener ad elektrisk Vej at have omdannet Toksiner til de tilsvarende Antitoksiner.

Det dannede Antilysin synes tillige at være i Besiddelse af en vis Specificitet; det viste sig saaledes ved videre Forsøg, at minimale Mængder Vibriolysin og Staphylolysin ikke i mindste Maade neutraliseredes af det inaktiverede Edderkoppeserum.

For at undersøge, hvilken Betydning Opvarmningstemperaturen spiller for Fremkomsten af dette Fænomen, udførtes følgende Forsøg:

Edderk.-Serum (1 + 9) opvarmedes 40 Min. til 65° C. — svagt opalescerende.
— — — 5 — - 75° C. — stærkere Opalescens, begyndende Udfældning.
— — — 5 — - 80° C. — stærk Udfældning.
— — — 5 — - 100° C. — —

Blandingernes lysinbindende Evne undersøgtes paa sædvanlig Maade:

0,01 cm³ Edd. Serum (Lysin) + de anførte Mængder inaktiveret Lysin + NaCl-Opl. til 1 cm³; efter 10 Min. ved 37° C. 1 cm³ 2% Kaninblod. (Tallene angiver % Hæmolyse).

Inaktiveret Lysin	65° C.	75° C.	80° C.	100° C.
0,3	0	12	100	100
0,2	0	30	100	100
0,1	0	60	100	100
0,07	0	90	100	100
0,05	40	100	100	100
0,04	80	100	100	100
0,03	100	100	100	100

Det viser sig saaledes, at det inaktiverede Lysins lysinbindende Evne atter forsvinder ved videre Opvarmning, samt at denne Evne forsvinder ved de samme Temperaturer, hvorved de specifike Immunantilysiner og -Antitoksiner destrueres.

At give en fyldestgørende Forklaring paa disse Iagttagelser er i Øjeblikket næppe muligt, men blandt de forskellige Forklaringsmuligheder kan man tænke sig, at det drejer sig om Adsorptionsfænomener, der optræder ved den begyndende Koagulation af Æggehvidestofferne og bliver mere og mere udtalt med den fremadskridende Koagulation for atter at aftage, naar denne efterhaanden bliver mere fuldstændig, og Vædskens kolloidale Karakter bliver mindre.

Man kan vel ogsaa forestille sig andre og ganske forskelligartede Forklaringsmuligheder, men uden Støtte af yderligere Undersøgelser har saadanne naturligvis kun ringe Værd. Forsøgene kræver ret store Mængder af det ingenlunde let tilgængelige Materiale, og det er foreløbig ikke lykkedes mig at faa disse Undersøgelser fortsatte. Det er vel ikke udelukket, at Fænomenet lader sig reproducere med andre Hæmolysiner af lignende Natur (f. Eks. Aaleserum), hvilke man kan faa i tilstrækkelig Mængde, og det er ikke usandsynligt, at fortsatte Undersøgelser vil kunne give interessante Oplysninger bl. a. om Forholdet mellem Toksiner og Antitoksiner i Almindelighed.

Som i et tidligere Kapitel omtalt, er Edderkoppernes Indhold af de forskellige Gifte, bl. a. Hæmolysinet, i høj Grad afhængigt af Aarstiden, idet dette Stof slet ikke forekommer i Sommermaanederne, men først optræder i Løbet af Efteraaret samtidig med Ægdannelsen; ifølge det foregaaende kunde man derfor tænke sig, at den toksiske Egenskab manglede i Sommermaanederne, medens den antitoksinbindende-immuniserende var tilstede til alle Aarstider. For at undereøge dette Forhold har jeg af Edderkopper, indsamlede den $^{21}/_{8}$ 1912, tilberedt et Ekstrakt paa sædvanlig Maade med Klornatriumopløsning og med dette paa Kaninblodlegemer fuldstændig uvirksomme Ekstrakt forsøgt at immunisere en Kanin.

Ekstraktet tilberedtes ved at ekstrahere 1 g Edderkop med 9 cm^3 0,9 % holdig NaCl-Opløsning, og Behandlingen (subkutan Injektion) af Kaninen var følgende:

Dato	Vægt	Cm^3 Ekstrakt	Dato	Vægt	Cm_3 Ekstrakt
$^{21}/_{8}$	2750 g	0,05	$^{11}/_{9}$		1,0
$^{23}/_{8}$		0,1	$^{17}/_{9}$		1,5
$^{26}/_{8}$		0,2	$^{21}/_{9}$		1,5
$^{28}/_{8}$	2850 g	0,3	$^{26}/_{9}$		1,5
$^{31}/_{8}$		0,4	$^{1}/_{10}$	2950 g	2,0
$^{2}/_{9}$		0,5	$^{7}/_{10}$		4,0
$^{4}/_{9}$		0,7	$^{17}/_{10}$		5,0
$^{7}/_{9}$		1,0			

Blodprøvernes Serum undersøgtes paa sædvanlig Maade for Indhold af Antilysin, og de i Tabellerne anførte Tal angiver Antal Antilysinenheder pr. cm^3 Serum.

Blodprøve fra	Antilysinenheder pr. cm^3 Serum	Blodprøve fra	Antilysinenheder pr. cm^3 Serum
$^{21}/_{8}$	$< 2,0$	$^{26}/_{9}$	5,5
$^{26}/_{8}$	$< 2,0$	$^{1}/_{10}$	6,6
$^{31}/_{8}$	$< 2,0$	$^{17}/_{10}$	8,4
$^{4}/_{9}$	$< 2,0$	$^{21}/_{10}$	10,0
$^{11}/_{9}$	3,3	$^{27}/_{10}$	16,7
$^{17}/_{9}$	5,0		

Det lykkedes saaledes at fremkalde Antilysindannelse ved Behandling af Kaninen med et fuldstændig uvirksomt Ekstrakt, og dette, sammen med de tidligere Iagttagelser, giver saaledes Anledning til at antage Tilstedeværelsen af to forskellige Egenskaber hos Epeiralysinet, en toksisk og en antitoksinbindende-immuniserende, hvilket sætter denne Gift i Klasse med de saakaldte ægte Toksiner. Det blev ikke undersøgt, om disse atoksiske Ekstrakter var i Besiddelse af antilysinbindende Evne.

Efter alt hvad der indtil nu foreligger oplyst, maa man imidlertid betragte Epeiralysinet som om ikke værende af proteinstofagtig Karakter saa dog i hvert Fald nøje knyttet til Proteinstoffer, og dette stod allerede klart for KOBERT (2), der betegnede Giften som en Toksinprotein, hvormed jo kun betegnes et giftigt Æggehvidestof af toksinagtig Karakter. Om Giften selv er et Proteinstof eller mulig kun hæfter ved et saadant, er vanskeligt at afgøre; hidtil har alle Forsøg paa at befri det for Proteinstoffer været forgæves.

For at undersøge til hvilken Proteinstofgruppe Giften er knyttet, er følgende Forsøg udført:

27 g Edderkopper ekstraheredes med 270 cm^3 0,9 % holdig NaCl-Opløsning og filtreredes; Filtratet havde en Brintionkoncentration $p_H = 5,91$.

Til 200 cm³ Filtrat sattes 86 cm³ mættet Opløsning af Ammoniumsulfat, men herved fremkom selv ved Henstand ingen Fældning; Opløsningen er c. 1/3 mættet med Ammoniumsulfat, og Euglobuliner forekommer saaledes ikke[1]; der tilsattes yderligere 114 cm³ af den mættede Opløsning, og herved fremkom en ret betydelig Fældning; da Opløsningen nu var ½ mættet, var det Pseudoglobulinerne der herved udfældedes. Bundfaldet frafiltreredes, og Filtratet mættedes med $(NH_4)_2 SO_4$ i Substans, hvorved Albuminerne fældedes. Saavel Pseudoglobulinerne som Albuminerne pressedes svagt imellem Filtrerpapir og anbragtes derpaa c. 2 Døgn i smaa Pergamentsdialysatorer i rindende Vand; efter denne Tid var langt den største Del Ammoniumsulfat gaaet bort, men Vædsken gav endnu en kraftig Reaktion for Svovlsyre. Hver Dialysators Indhold fortyndedes med fysiologisk Klornatriumopløsning op til 200 cm³, og i disse Opløsninger bestemtes Proteinstofmængden efter den sædvanlige vægtanalytiske Methode samt Indholdet af Epeiralysin. Analyserne gav følgende Resultat:

Ekstraktet før Behandlingen indeholdt:		0,26 %	Proteinstof
Globulinfraktionen	—	0,17 %	—
og Albuminfraktionen	—	0,09 %	—

Af Edderkoppens opløselige Proteinstoffer er saaledes c. 66 % Globuliner og c. 34 % Albuminer.

Ekstraktet før Behandlingen indeholdt		c. 14000	Lysinenheder i 1 cm³
Globulinfraktionen	—	c. 2000	— - —
Albuminfraktionen	—	c. 7000	— - —

og en ret betydelig Hæmolysinmængde er saaledes tabt under Processen.

Det fremgaar dog af Forsøget, at Epeiralysinet fortrinsvis er knyttet til Albuminerne, forudsat naturligvis, at man ikke vil skrive hele Tabet paa Globulinernes Konto, thi i saa Fald bliver Fordelingen lige imellem de to Proteinstofgrupper.

Det er ved en stor Mængde Undersøgelser vist, at Bindingen imellem et Toksin og dets Antitoksin ikke forløber pludselig, men med en Hastighed, der bl. a. er afhængig af Temperaturen og Koncentrationsforholdene; som oftest er en saadan Reaktion først afsluttet efter 1—2 Timers Forløb ved 37° C., et Forhold, der er taget i Betragtning ved alle Forsøg over Bindingen imellem Toksiner og Antitoksiner (f. Eks. Arrhenius & Madsen for Difteritoksin-Antitoksin og Tetanolysin-Antilysin, Madsen & Walbum for Ricin-Antiricin, Løbe-Antiløbe, Madsen & Noguchi for Slangegifte-Modgifte, Saponin-Cholesterin, Madsen for Botulismustoksin-Antitoksin o. m. a.)

I den senere Tid mener imidlertid M. Arthus & B. Stawska (67) at have vist, at Forbindelsen imellem Cobragift, Giften af *Lachesis lanceolatus* og *Crotalus terrificus* og de tilsvarende Antisera indtræder øjeblikkelig, og mener, at Reaktionen i denne Henseende minder mere om Reaktionen mellem en Syre og en Base end om de sædvanlige Toksin-Antitoksinreaktioner.

Bindingsforholdet imellem Epeiralysin og Antilysin (Ged) har jeg undersøgt ved 18° C.; til Serier af Reagensglas, der hver indeholdt 0,001 cm³ Ekstrakt A, sattes for-

[1] Der er anvendt de for de i varmblodige Dyr forekommende Æggehvidestoffer fundne og almindelig anerkendte Fældningsgrænser; hvorvidt disse Fældningsgrænser kan anvendes paa Proteinstoffer af den omtalte Oprindelse, ved jeg ikke; det kan først besvares efter omfattende Undersøgelser.

skellige Mængder Antilysin, og efter Udløbet af de forskellige Reaktionstider Blodlegemesuspension; efter 2 Timers Ophold ved 37° C. og om Natten i Iskælder aflæstes Resultatet som sædvanlig. De i Tabellen anførte Tal angiver de Mængder Antilysin i Serierne, der netop svarede til en Hæmolyse paa 25 %.

I hvert Glas afpipetteredes 0,001 cm³ Ekstr. A (Lysin) + de anførte Antilysinmængder + NaCl-Opløsning til 1 cm³, og efter de anførte Tider tilsattes 1 cm³ 2% Kaninblod.

Cm³ Antilysin	Tid i Minutter				
	0—1	5	10	30	60
0,02	—	—	—	—	—
0,017	—	—	—	—	—
0,013	— 0	—	—	—	—
0,01	—	—	—	—	—
0,008	—	— 0	—	—	—
0,0065	—	—	— 0	—	—
0,005	—	—	—	— 0	— 0
0,004	—	—	—	—	—

De med 0 mærkede Doser svarede til en Hæmolyse paa 25%.

Det fremgaar saaledes heraf, at Bindingen imellem Epeiralysin og Antilysin ikke foregaar pludselig men gradvis, samt at Reaktionen først er afsluttet efter c. 1 Times Forløb ved 18° C.

Det forudsættes ved denne Forsøgsanordning, at Reaktionen imellem Lysin og Antilysin standses i det Øjeblik, Blodlegemerne tilsættes; dette er imidlertid næppe helt Tilfældet, thi der opstaar sandsynligvis en Konkurrence imellem Antilysinet og Blodlegemerne; Blodlegemernes Evne til at absorbere Lysinet er imidlertid meget stor, og denne Slags Reaktioner foregaar i Almindelighed ret hurtig, særlig — som i dette Tilfælde — hvor Mængden af Blodlegemer er meget stor i Forhold til Mængden af Lysin. Af denne Grund har jeg ikke fundet det betænkeligt kort Tid efter Blodlegemetilsætningen at opvarme Blandingerne fra 18°—37° C. og lade Hæmolysen foregaa ved denne Temperatur; ved denne højere Temperatur foregaar en Binding imellem et Lysin og dets Antilysin naturligvis med større Hastighed, men dette gælder rimeligvis i ikke ringere Grad Reaktionen mellem Lysinet og Blodlegemerne. Ved nøjagtigere Undersøgelser over saadanne Bindingsforhold er det selvsagt af største Nødvendighed at tage disse Forhold i Betragtning.

Reaktionstiden mellem Toksin og Antitoksin i Min.	
0—1	0,013
5	0,0075
10	0,0065
30	0,0053
60	0,005

Kobert (2) anvendte meget Arbejde og mange af sine kostbare Edderkopper (tauriske Karakurter) for at fremstille Epeiragiften i en noget renere Form end den, hvori den forelaa i de vandige Ekstrakter af de hele Dyr, men uden at opnaa noget

Resultat paa Grund af Giftens overordentlig store Følsomhed overfor de forskellige Manipulationer. Ved at behandle Edderkopperne eller Ekstrakter deraf med absolut Alkohol ødelagdes Giften saaledes fuldstændig, ligesom alle de anvendte almindelige Æggehvidefældningsmidler (deriblandt Blysalte) foraarsagede en saa enorm Svækkelse, at Forsøgene maatte opgives.

Forsøg paa ved Fordøjelse med Pepsin at fjærne ledsagende Æggehvidestoffer førte ikke til noget Resultat, da Forsøgene ikke lod sig sterilt gennemføre, og af samme Grund mislykkedes Diffusionsforsøg. KOBERT har ogsaa udført lignende Forsøg med Giften i Korsedderkopper og fandt, at denne er noget mindre følsom for de forskellige fysiske og kemiske Indgreb end Karakurtegiften. Det lykkedes saaledes ved meget stærk Fortynding med Vand af et med fysiologisk Klornatriumopløsning fremstillet Ekstrakt at udskille og udvadske et Globulin, der imidlertid viste sig ganske uvirksomt; af det virksomme Filtrat kunde K. ved hurtigt Arbejde ved Hjælp af Ferrocyankalium og Eddikesyre samt ved delvis Mætning med Natriumklorid og Udfældning med Eddikesyre faa et Bundfald, der — efter hurtig at være bragt i Opløsning — endnu var stærkt giftigt for Katte.

Uden at have anvendt megen Tid eller meget Arbejde paa at befri Edderkoppegiften fra de sikkert talrige andre Stoffer, der tillige findes i Ekstrakterne af de hele Dyr eller Dele deraf, kan jeg dog fuldtud bekræfte KOBERTS Udtalelser om Epeiragiftens store Følsomhed for de forskellige kemiske Indgreb. Giftens Forhold overfor høje og lave Temperaturer, Syrer og Alkalier samt Neutralsalte har andetsteds i denne Afhandling været Genstand for udførlig Behandling. Den destrueres hurtig af Opløsninger af Kaliumpermanganat og Jod, ligeledes men langsommere af Brintoverilte. Efter 4 Døgns Ophold i en lille Pergamentsdialysator ved c. 2° C. (Ekstrakt A) kunde i Vandet udenfor ikke paavises Epeiratoksin, -lysin eller -trypsin, medens Vædsken i Dialysatoren havde beholdt sin oprindelige Styrke.

Ved Forsøg viste det sig, at Epeiralysinet ikke er opløseligt i Methyl- eller Æthylalkohol, Acetone, Benzin eller Cloroform; ved at overføre disse Ekstrakter paa Vand faas mælkeagtig udseende Lipoidemulsioner, der ofte er i Besiddelse af hæmolytisk Evne, men da denne Egenskab ikke forringes ved Kogning og ikke heller ophæves ved Tilføjelse af det specifike Epeiraantilysin, har den næppe noget at gøre med det egentlige Epeiralysin. Saadanne hæmolytiske Lipoider lader sig ofte ekstrahere af Edderkopper paa Aarstider, hvor det specifike Epeiralysin ikke forekommer, og er vel af lignende Natur som de hæmolytiske Organlipoider, der paa lignende Maade lader sig udtrække af forskellige andre dyriske Væv og Organer. Methylalkohol synes at være et særlig godt Ekstrationsmiddel for disse Lipoider.

III. Epeiratrypsinet.

Ved en Række forskelligartede Arbejder findes nu og da mere eller mindre sparsomme Meddelelser om Tilstedeværelsen af Proteaser hos Edderkopper (PH. BERTKAU (16), PLATEAU (18), A. B. GRIFFITHS & A. JOHNSTONE (17) R. KOBERT (19)).

De hidtil foreliggende Undersøgelser har imidlertid kun haft til Formaal at paavise Tilstedeværelsen af disse Enzymer, saa om selve Enzymerne og deres Egenskaber ved man overmaade lidt, vel egentlig kun, at de er af tryptisk Natur og saaledes virker bedst i alkalisk, svagere i neutral og slet ikke i sur Vædske.

Som først vist af Plateau og senere af Bertkau synes Leveren hos Edderkopperne at være særlig rig paa proteolytiske Enzymer.

Ved de Undersøgelser, jeg har foretaget med Epeiratrypsinet, har jeg som Maalemethode anvendt den velkendte Gelatinesmeltningsmethode, der oprindelig er foreslaaet af Fermi (25) og senere i en noget ændret Skikkelse anvendt af Madsen & Walbum (26) til en stor Række kun delvis publicerede Forsøg. I den seneste Tid er Methoden kritisk bearbejdet af Palitzsch & Walbum (27). Til Forsøgene anvendtes en 7 % holdig alkalisk Thymolgelatine, hvortil der for at fastlægge Forsøgsvædskens Brintionkoncentration som Stødpude var sat 1,55 % Borsyre. Vi anbefaler at opbevare neutrale Gelatineopløsninger som Stamopløsninger; til Forsøgene fremstilledes heraf ved Fortynding og Tilføjelse af Borsyre de egentlige til Forsøgene bestemte Blandinger, hvortil yderligere sattes en forud ved Forsøg fastsat Mængde NaOH-Opløsning, saaledes at Opløsningens Brintionkoncentration blev p_H = c. 9,5, hvilket ifølge P. & W. ligger meget nær ved den optimale Brintionkoncentration for Gelatinens Spaltning med Trypsin ved 37° C. Naar intet andet er anført, er der anvendt 1 cm^3 vandig Opløsning af de virksomme Stoffer, hvortil er sat 1 cm^3 Gelatineopløsning; efter Sammenblanding 2 Timers Henstand i Vandbad ved 37° C. og Aflæsning næste Dag efter Henstand Natten over i Iskælder.

a. Hvor i Edderkopperne findes Epeiratrypsinet og forekommer det til alle Aarstider?

Som tidligere i denne Afhandling omtalt (p. 339) indeholder Edderkoppespyt et trypsinlignende Enzym, der bl. a. finder Anvendelse til Fordøjelse af Byttet, hvilken (delvis) sker udenfor Fordøjelseskanalen.

Ved videre Forsøg viste det sig, at Epeiratrypsinet tillige findes i Dyrenes Blodserum og i en saadan Mængde, at c. 0,10 cm^3 er i Stand til netop at smelte 1 cm^3 Gelatineopløsning under de ovenfor nævnte Forsøgsbetingelser.

Ifølge dette skulde man formode, at Enzymet fandtes udbredt overalt i Dyrets Legeme; i de ret talrige Forsøg, jeg til forskellige Tider har udført med Ekstrakter af de forskellige Legemsdele, har det imidlertid vist sig, at Ekstrakterne af Forkrop og Ben aldrig indeholdt paaviselige Enzymmængder, hvorimod Ekstrakterne af Bagkroppen som oftest var ret stærkt virksomme. Plateau (18) fandt heller ikke Fermenter i Edderkoppernes Kefalothorax. Ekstrakterne er tilberedt paa sædvanlig Maade i Forholdet 1—10; af Bagkrop-Ekstrakterne var som Regel 0,04—0,05 cm^3 (undertiden dog kun 0,001—0,01 cm^3) tilstrækkeligt til fuldstændig Smeltning af Gelatinen. Grunden til at Ekstrakterne af Forkrop og Ben viste sig uden Virkning, maa vel søges i den Kendsgerning, at disse Legemsdeles Blodmængde er forholdsvis ringe

i Sammenligning med Bagkroppens, thi i denne findes som bekendt Dyrets Hjerte og største Blodkar.

Ved at undersøge Trypsinvirkningen af Ekstrakter af de hele Dyr, indsamlede til forskellige Aarstider, viste det sig, at denne ikke kan siges at være knyttet til nogen bestemt Aarstid eller noget bestemt Udviklingstrin. I Ægklumperne samt hos de nyfødte Dyr har Epeiratrypsin (ofte endog i meget stor Mængde) konstant været tilstede; hos Dyrene i Sommermaanederne kan det nu og da paavises, og hos Dyrene i Efteraarsmaanederne, hvor Ægdannelsen er meget fremskreden, forekommer det oftest, men dog har jeg af og til iagttaget, at Ekstrakter af drægtige Hunner har været ganske uvirksomme. Ekstrakter af Hanner (16 Dyr undersøgte) har aldrig været i Besiddelse af gelatinesmeltende Evne. Da dette Enzym dog sandsynligvis maa antages at være af stor Betydning for Dyrene, da det blandt andet staar i Ernæringens Tjeneste, maa man formode, at der i Ekstrakterne enten kan optræde hæmmende Stoffer, eller at Enzymet kan forekomme i en uvirksom Modifikation (Trypsinogen); jeg har forsøgt at paavise Tilstedeværelsen af saadanne hæmmende Stoffer i Ekstrakter af Dyr, hvori Enzymet ikke lod sig paavise, men uden positivt Resultat. Jeg har dog den Opfattelse, at Epeiratrypsinet forekommer til alle Aarstider og paa alle Udviklingsstadier, hvilket jeg særlig støtter paa følgende Iagttagelse: En Dag i August Maaned 1912 indsamledes en Del Dyr, hvis Ekstrakter viste sig ganske uden proteolytisk Virkning; jeg indsamlede da nogle flere (c. 20) og knuste dem i en Morter til en Grød, efter at de var dræbte med Chloroform, og tilsatte yderligere nogle Draaber Chloroform; 0,5 g af Massen ekstraheredes med 5 cm^3 0,9 % holdig Klornatriumopløsning, og dette Ekstrakt viste sig ganske uden Virkning paa Gelatineblandingen. Resten af de knuste Dyr anbragtes i Iskælder (2—3° C.) i 5 Døgn, hvorefter 0,5 g ekstraheredes med 5 cm^3 Saltvand; af dette Ekstrakt smeltede nu 0,015 cm^3 Gelatinemassen fuldstændig. Lignende Forsøg har jeg paa andre Aarstider udført med hele Dyr, dræbte med Chloroform; ved at lade disse hele Dyr henligge i Chloroformdamp ved Iskældertemperatur hændte det, at enkelte undergik en Autoproteolyse, idet hele Bagkroppen (ikke Forkrop eller Ben) flød hen til en sejg Vædske (ikke Forraadnelse), og Ekstrakter heraf var meget stærkt virksomme; andre af Dyrene beholdt ganske deres oprindelige Udseende, selv ved maanedlang Henliggen, og Ekstrakter af disse var stadig ganske uvirksomme overfor Gelatine. Efter at Pawlow og hans Elever havde vist, at det hos Pattedyrene naturligt forekommende uvirksomme Pankreastrypsinogen lader sig aktivere af den i Tyndtarmsaften tilstedeværende Enterokinase, har M. Vernon (68) senere godtgjort, at Enterokinasen ogsaa findes i Ekstrakter af selve Pankreas. Kinaser, der aktiverer Trypsinogen, er senere paaviste i Mælk (69), Lymfekirtler, Fibrin, Slangegift, samt i Svampe og Bakterier (70). Ifølge mine Undersøgelser minder Epeiratrypsinet i mange af dets Egenskaber om Pankreastrypsinet, og da Ekstrakterne af de hele Edderkopper undertiden er uvirksomme og undertiden meget stærkt virksomme, er det ikke usandsynligt, at Mængden af aktiverende Substans (saafremt en saadan findes) i Dyrene er stærkt svingende; som nævnt kan

man ogsaa formode, at der i vekslende Mængder kan findes Stoffer, der virker hæmmende paa eller endog ganske ophæver den eventuelle Kinases Virkning paa Trypsinogenet.

b. Kan Epeiratrypsinet optræde som Antigen?

Det er forlængst lykkedes ved Immunisering paa sædvanlig Maade at fremstille forskellige Antienzymer, men medens det for enkelte Enzymers Vedkommende ikke har voldt særlige Vanskeligheder, har det for andres Vedkommende ikke altid været let; et Eksempel herpaa er Antipepsin, der først fremstilledes af SACHS (71) ved Immunisering af Gæs, efter at Anvendelsen af alle vore almindelige Forsøgsdyr havde vist sig resultatløs. Særlige Vanskeligheder frembyder Fremstillingen af Antitrypsin. SAMUELY (72) anfører dog, at det i Blodserum naturligt forekommende Antitrypsin ifølge en Iagttagelse af ACHALME (73) kan bringes til at stige ved gentagne Injektioner af Trypsin.

Lignende Iagttagelser er gjorte af G. JOCHMAEN & A. KANTOROWICZ (74) og af v. BERGMANN & BAMBERG (75). Ved Behandling af Gæs med Pankreatin lykkedes det saavel LANDSTEINER (76) som v. EISLER (77) at fremstille Antitrypsin.

I Modsætning hertil erholdt BERGELL & SCHÜTZE (78) ingen Antitrypsindannelse ved Injektion af Pankreatin paa Geder.

A. CALMETTE (79) anfører, at det antitoksiske Serum af Heste, der er behandlede med opvarmet Slangegift, ikke neutraliserer det i Slangegiften forekommende proteolytiske Enzym, hvorimod Serum af Heste, der er immuniserede med den ikke opvarmede Gift, indeholder antiproteolytiske Stoffer.

For at faa Oplysning om, hvorledes Epeiratrypsinet forholdt sig i denne Henseende, har jeg undersøgt Blodprøverne fra Ged No. 138 og Vædderen, der — som tidligere under Epeiralysinet omtalt — begge igennem en længere Periode var blevne behandlede med Edderkoppeekstrakt. Undersøgelsen foretoges paa den Maade, at der i Serier af Glas afpipetteredes 0,02 cm^3 af det tidligere omtalte Ekstrakt A (denne Mængde var netop tilstrækkelig til under de givne Forsøgsbetingelser at smelte den anvendte Gelatinemængde) og faldende Mængder af Serum fra Blodprøverne, samt saa meget fysiologisk Klornatriumopløsning, at Vædske-Rumfanget i hvert Glas udgjorde 1 cm^3; efter Blanding og Henstand $\frac{1}{2}$ Time ved 37° tilsattes 1 cm^3 Gelatineopløsning (af den beskrevne Sammensætning), hvorefter Blandingerne yderligere henstod 2 Timer ved 37°; de afkøledes i Iskælder og aflæstes næste Dag. Det viste sig ved disse Maalinger, at Gedeserum normalt indeholder betydelige Mængder Antitrypsin, idet den anførte Trypsinmængdes Virkning fuldstændig ophævedes af 0,01 cm^3 Gedeserum[1]. Den mindste Mængde af Serum fra disse Blodprøver, der ophævede det tilsatte Trypsins Virkning, var 0,007 cm^3 (i Blodprøve No. 12, d. v. s. c. $\frac{1}{2}$ Maaned efter Immnniseringens Begyndelse); da Forskellen imellem denne Mængde og 0,01 cm^3 er ringe og vel ligger indenfor Fejlgrænsen (og

[1] At forskellige Dyrs Blodserum indeholder Antitrypsin er iagttaget og studeret i stor Udstrækning særlig af kliniske Forskere.

indenfor de fysiologiske Svingninger), maa man i dette Tilfælde anse Dannelsen af et Antiepeiratrypsin for ret tvivlsom.

I Blodprøverne fra den immuniserede Vædder paavistes ligeledes en betydelig normalt forekommende Antitrypsinmængde som hos Ged No. 138. Her lykkedes det ikke at paavise den ringeste Forøgelse i Antitrypsinmængden under og efter Immuniseringen.

c. Høje og lave Temperaturers Indflydelse paa Epeiratrypsinets Sønderdeling.

Biernacki (80) angiver, at Pankreastrypsin i svagt alkalisk Opløsning allerede bliver uvirksomt ved Opvarmning til 50° C., i neutral endogsaa ved 45° C. Haidenhain (81) finder, at det ved længere Tids Opvarmning til 35° C. taber i Virkning.

Rationelle Undersøgelser over Trypsinets Sønderdeling ved Opvarmning er udført af Madsen & Walbum (26); Forsøgene, der kun delvis er offentliggjorte, viser, at Sønderdelingen foregaar hurtig mellem c. 63° C. og 74° C., samt at disse Processer er monomolekulære. Paa det Tidspunkt, da disse Forsøg foretoges, raadede man ikke over sikre og gode Methoder til Maaling af Brintionkoncentrationen, hvorfor denne Faktors Indflydelse ved disse Undersøgelser ikke blev taget i Betragtning.

P. 368 er anført et Opvarmningsforsøg ved 66° C., hvorved det vises, at Destruktionsforholdene for Epeiratoksinet og for Epeiralysinet synes at være ganske de samme; i de til de anførte Tider udtagne Prøver er imidlertid tillige Epeiratrypsinmængden bestemt.

Til Forsøget anvendtes Ekstrakt A, der som tidligere omtalt indeholdt 2,17 % Tørsubstans, 1,29 % organisk Stof og Resten Klornatrium; 1 cm³ indeholdt 1,4 mg Kvælstof og Ekstraktets Brintionkoncentration ved 18° C. var $p_H = 6{,}98$.

Tiden i Minutter		Antal Enheder i 1 cm³
0	0,01	100
2	0,085	11,7
5	0,35	2,9
10	> 1,0	< 1,0

Resultatet er opført paa Kurve III (stiplet Linie), idet Værdierne for Sammenligningens Skyld er omregnede efter Tiden 0 = 250 Enheder pr. cm³. Det fremgaar heraf, at Epeiratrypsinets Thermolabilitet er betydelig større end saavel Epeiratoksinets som Epeiralysinets.

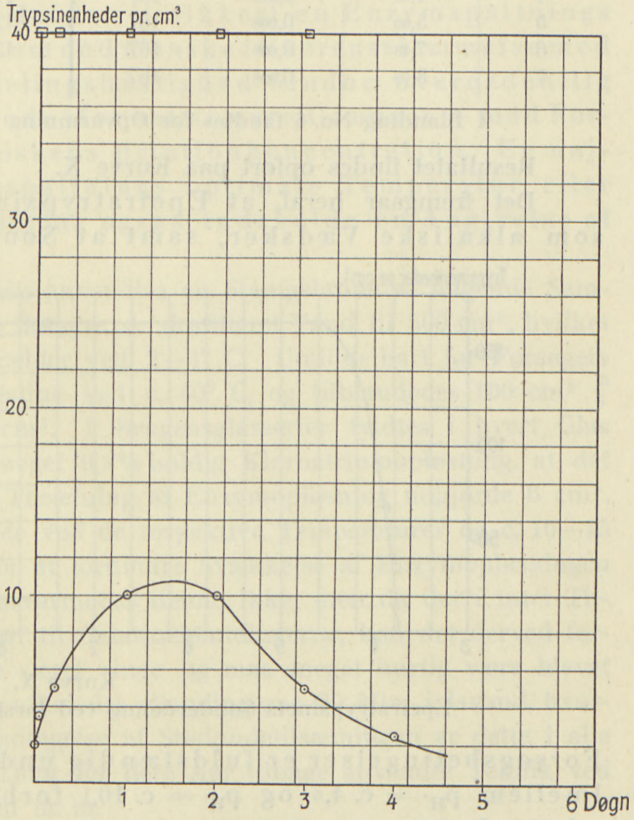
Paa Grund af de ejendommelige Forhold, der gjorde sig gældende ved stærk Afkøling af Epeiralysinet, har jeg tillige undersøgt Epeiratrypsinets Skæbne ved Afkøling til ÷ 180° C.

De anvendte Ekstrakter var de samme (No. 2 og 3), der anvendtes til Epeiralysinforsøgene (p. 372), og Forsøgene gav følgende Resultat:

	Ekstrakt 2		Ekstrakt 3	
		Antal Enheder i 1 cm³		Antal Enheder i 1 cm³
Ikke afkølet til ÷ 180° C.	0,5	2	0,025	40
Afkølet 1 Time til ÷ 180° C.	0,3	3,3	0,025	40
— 5 — - —	0,2	5	0,025	40
— 1 Døgn - —	0,1	10	0,025	40
— 2 — - —	0,1	10	0,025	40
— 3 — - —	0,2	5	0,025	40
— 4 — - —	0,4	2,5		
— 6 — - —	> 0,5	< 2		

Resultaterne findes opførte paa Kurve IX.

Ekstrakt No. 2 er et 20 Timer gammelt Ekstrakt af netop dræbte Edderkopper, medens Ekstrakt No. 3 er et frisk tilberedt Udtræk af Edderkopper, der har været opbevarede c. 1 Aar ved ÷ 16° C.



Kurve IX. Afkøling af Epeiratrypsin til ÷ 180° C.
o = Ekstrakt 2. □ = Ekstrakt 3.

Det fremgaar af disse Forsøg, at den tryptiske Virkning af Ekstraktet af de gamle Edderkopper forblev uforandret under Afkølingen, hvilket ogsaa var Tilfældet for dette Ekstrakts Epeiralysinindhold; i det friske Ekstrakt af de nylig dræbte Edderkopper indtraadte derimod gennemgribende Ændringer, idet Virkningen tiltog indtil det femdobbelte ved Afkølingen, for dog efter 2 Døgns Ophold ved ÷ 180° igen at aftage; efter 6 Døgn var Ekstraktets Virkning mindre end før Afkølingens Begyndelse. Det er saaledes en ganske modsat Virkning for de to Egenskabers Vedkommende, idet Hæmolysinets Virkning aftager ved kortvarige Afkølinger, medens Trypsinets Virkning under de samme Forhold tiltager. Der skal tillige gøres opmærksom paa, at medens Hæmolysinindholdet i Ekstrakt 3 var betydelig mindre end i Ekstrakt 2, var den tryptiske Virkning i Ekstrakt 3 meget stærkere end i Ekstrakt 2.

d. Brintionkoncentrationens Inflydelse paa Epeiratrypsinets Sønderdeling.

Ligesom for Epeiralysinet tilstræbes det ved disse Undersøgelser kun at vise, ved hvilke Brintionkoncentrationer Epeiratrypsinet sønderdeles ved den anvendte Forsøgstemperatur (37° C.) og -Tid (2 Timer). Trypsinmaalingerne er udført i de samme Blandinger, hvori Hæmolysinmaalingerne foretoges, saa jeg kan med Hensyn til den anvendte Teknik i et og alt henvise til p. 376.

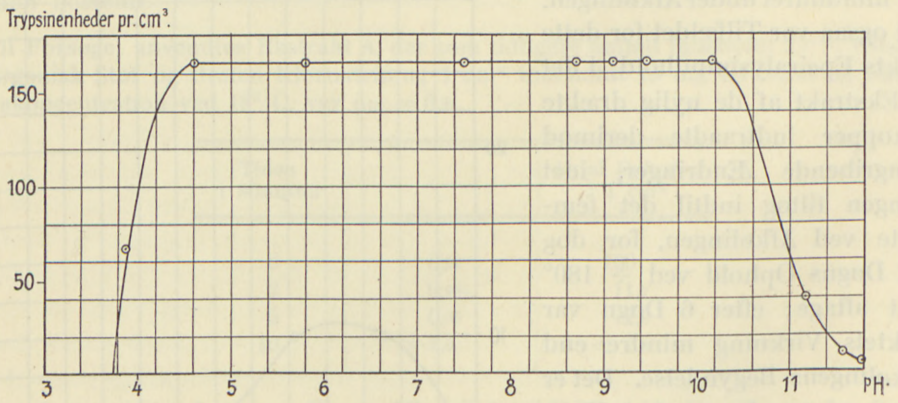
Maalingerne gav følgende Resultat:

Blanding	p_H· ved 37° C.		Antal Enheder i 1 cm³	Blanding	p_H· ved 37° C.		Antal Enheder i 1 cm³
1	2,38	> 0,5	< 2	8	9,10	0,006	167
2	3,28	> 0,3	< 3,3	9	9,45	0,006	167
3	3,85	0,015	66,7	10	10,17	0.006	167
4	4,60	0,006	167	11	11,16	0,025	40
5	5,80	0,006	167	12	11,55	0,1	10
6	7,48	0,006	167	13	11,76	0,18	5,56
7	8,69	0,006	167				

I Blanding No. 6 fandtes før Opvarmning til 37° C. 167 Enheder i 1 cm³.

Resultatet findes opført paa Kurve X.

Det fremgaar heraf, at Epeiratrypsinet sønderdeles i saavel sure som alkaliske Vædsker, samt at Sønderdelingen under de nævnte



Kurve X.
Epeiratrypsinets Sønderdeling ved forskellig Brintionkoncentration.

Forsøgsbetingelser er fuldstændig under p_H· = c. 3,8 og over p_H· = c. 12,0 Imellem p_H· = c. 4,6 og p_H· = c. 10,1 forblev Epeiratrypsinets Virkning uforandret.

e. Den optimale Temperatur for Epeiratrypsinets Virkning.

Roberts (82) angiver, at Pankreastrypsinets Virkning stiger med Temperaturen indtil c. 60° C. og falder derpaa hurtig for helt at ophøre ved 75—80° C., og Tryp-

sinets Optimaltemperatur synes saaledes at ligge noget højere end den for Enzymer almindelige, der efter Oppenheimer (83) sædvanligvis ligger imellem 35 og 50° C.

Det er imidlertid indlysende, at et Enzyms optimale Temperatur i høj Grad er afhængig af flere forskellige Faktorer, hvoraf i første Linie naturligvis Blandingens Brintionkoncentration. Det er heller ikke usandsynligt, at Subtratets Art og Mængde kan have Indflydelse paa Temperaturoptimums Beliggenhed. Det vides saaledes (Vernon (84)), at Proteinstoffer og deres Spaltningsprodukter i høj Grad virker beskyttende paa Destruktionen af Trypsin ved Opvarmning. Foruden Enzymkoncentration, Saltkoncentration o. s. v. spiller endelig Forsøgstiden en Rolle, idet Optimum med stigende Forsøgstid forskydes henimod 0°.

Om dette indbyrdes Forhold imellem Temperaturen, Brintionkoncentrationen og Tiden siger S. P. L. Sørensen i „Enzymstudier" II, p. 134: „en Enzymspaltnings optimale Brintionkoncentration varierer — om end maaske indenfor nogenlunde snævre Grænser — med Forsøgstemperaturen og Forsøgstiden, og paa samme Maade vil sikkert en Enzymspaltnings Temperaturoptimum variere — om end maaske i Overensstemmelse med den for Enzymernes Sønderdelingshastighed fundne overordentlig store Temperaturkoefficient indenfor ret snævre Grænser — med Forsøgstiden og med Forsøgsvædskens Brintionkoncentration. En nøjagtig Angivelse af en Enzymspaltnings optimale Temperatur eller Brintionkoncentration maa derfor ogsaa indeholde en Angivelse af Forsøgsbetingelserne".

Til Forsøgene med Epeiratrypsin anvendtes en Stamgelatine af følgende Sammensætning: 70 g Gelatine + 15,5 g Borsyre + destilleret Vand til 500 cm^3, hvilket i mindre Flasker opbevaredes i Iskælder ved 2—3° C. Umiddelbart før Forsøgets Begyndelse smeltedes 200 g Stamgelatine ved c. 40° C. og tilblandedes 100 cm^3 $\frac{n}{5}$ NaOH og destilleret Vand til 400 cm^3. I Reagensglasserier fyldtes i hvert Glas 3 cm^3 af denne Gelatine og saa meget 0,9 % holdig Klornatriumopløsning, at det samlede Volumen efter den senere Tilsætning af Enzymopløsning udgjorde 6 cm^3. Gelatineglassene anbragtes i Vandbade ved de respektive Temperaturer og c. 10—15 Minutter senere tilsattes Enzymet; for at forhindre Svækkelse af Enzymopløsningen (Fortyndinger af Ekstrakt C 1912) forvarmedes denne ikke, men da der i intet Tilfælde tilsattes mere end 0,5 cm^3 heraf til Gelatineblandingerne, kan det derved foraarsagede Temperaturfald kun have været ringe og maa meget hurtig være blevet udlignet. Efter Forsøgstidens Udløb afkøledes Blandingerne 30 Min. i Isvand, hvorefter Aflæsningen foretoges. Med Undtagelse af Stødpudetilsætningen er dette i alle Enkeltsheder den af Madsen & Walbum for flere Aar tilbage anvendte Teknik ved Undersøgelserne over Pepsin, Trypsin m. m.

Som Palitzsch & Walbum (27) angiver, kan Gelatineblandingers Stivningsevne være i høj Grad afhængig af Opløsningernes Brintionkoncentration, idet Stivningen almindeligvis foregaar langsommere, jo mere alkalisk Vædsken er, og det er derfor nødvendigt ved Anvendelsen af Gelatinesmeltningsmethoden at sørge for, at samt-

lige Prøver under Afkølingen har i hvert Fald tilnærmelsesvis samme Brintionkoncentration.

Jeg skal dog forøvrigt minde om vor Iagttagelse, at Tilsætningen af Borsyre synes at ophæve Brintionkoncentrationens Indflydelse paa Stivningstiden; i enkelte Tilfælde iagttoges det endog, at Stivningstiden for den alkaliske borsyreholdige Gelatine var mindre end for den neutrale.

I de her meddelte Forsøg over Epeiratrypsin var Brintionkoncentrationen i alle Blandinger den samme.

Som bekendt virker Hydroxylionerne spaltende paa Gelatinen, hvilken Virkning er stigende med stigende Temperatur, og det er jo klart, at Gelatinemethoden kun lader sig anvende indtil de Grænser, indenfor hvilke saadanne Spaltninger ikke i nævneværdig Grad finder Sted. Da det nu ved disse Undersøgelser viste sig nødvendigt at anvende temmelig høje Temperaturer, fandt jeg det rigtigst at benytte ikke altfor alkaliske Blandinger. Brintionkoncentrationen i de ovenfor nævnte Blandinger af Gelatine, NaOH, Saltvand og Trypsin var ved 37° C. p_H· = 8,08, en Brintionkoncentration, der er betydelig større end den for Trypsinvirkningen optimale. For at undersøge, om der ved disse Forsøgsbetingelser fandt Spaltninger af Gelatinen Sted alene som en Følge af Natronmængden, opvarmedes Blandinger af Gelatine, Natron og Saltvand 5 Timer til 71,8° C. (den længste Forsøgstid og den højeste Forsøgstemperatur) og afkøledes derpaa til 37° C.; Kontrolblandinger, der havde været opbevarede ved Stuetemperatur, bragtes til samme Temperatur, hvorefter alle Prøverne afkøledes i Isvand.

Afkølingstid i Minutter	2	3	4	5
Opvarmede Blandinger	flydende	omtrent halvflydende	omtrent fast	fast
Ikke opvarmede Blandinger	flydende	halvflydende	fast	fast

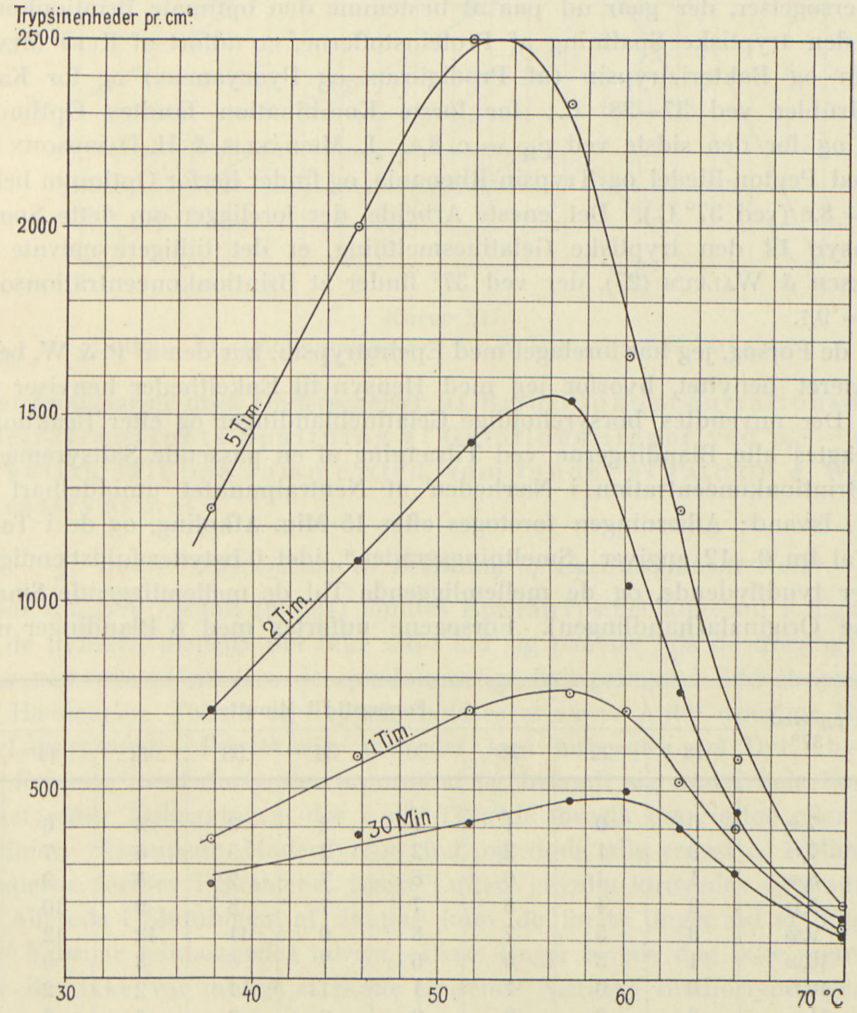
Det fremgaar heraf, at en lille Forringelse af Blandingernes Stivningsevne har fundet Sted, men denne er dog saa lille, at den næppe kan antages at have nogen Indflydelse paa Forsøgenes endelige Resultat. Man ser dog tillige heraf, at en i væsentlig Grad mere alkalisk Gelatine næppe kunde have været anvendt.

Resultatet af Undersøgelserne er sammenfattede i følgende Tabel, hvor Tallene

	37,7°		45,6°		51,7°		57,1°	
		Enheder pr. cm³		Enheder pr. cm³		Enheder pr. cm³		Enheder pr. cm³
30 Min.	0,004	250	0,0026	385	0,0024	417	0,0021	476
1 Time	0,0027	370	0,0017	588	0,0014	714	0,0013	[769]
2 Timer	0,0014	714	0,0009	1110	0,0007	1430	0,00065	[1540]
5 —	0,0008	1250	0,0005	2000	0,0004	[2500]	0,00043	2330

	60,2°		63,0°		66,1°		71,8°	
		Enheder pr. cm³		Enheder pr. cm³		Enheder pr. cm³		Enheder pr. cm³
30 Min.	0,002	500	0,0025	400	0,0035	286	0,008	125
1 Time	0,0014	714	0,0019	526	0,0025	400	0,0075	133
2 Timer	0,00095	1050	0,0013	769	0,00225	444	0,006	167
5 —	0,0006	1670	0,0008	1250	0,0017	588	0,005	200

angiver den mindste Mængde af Epeiratrypsinet, der ved den paagældende Temperatur og efter den anførte Forsøgstid netop formaar at fordøje Gelatinen saa vidt,



Kurve XI. Optimal Temperatur for Epeiratrypsinets Virkning.

at den efter Afkøling stivner til en halvflydende Masse, en Stivningsgrad, der let lader sig bestemme. Forsøgstiderne har været 30 Minutter, 1, 2 og 5 Timer.

Kurve XI giver den grafiske Fremstilling af disse Forsøg.

Undersøgelserne viser, at der ved de omtalte Forsøgsbetingelser findes et Temperaturoptimum for Epeiratrypsinvirkningen omkring 55° C., samt at dette Optimum med voksende Forsøgstid forskydes henimod 0°. Ved 30 Minutters Forsøgstid ligger Optimum ved c. 59° C. og ved 5 Timers Forsøgstid ved c. 53° C.

f. Den optimale Brintionkoncentration for Epeiratrypsinets Virkning.

Undersøgelser, der gaar ud paa at bestemme den optimale Brintionkoncentration for den tryptiske Spaltning af Proteinstofferne, er udført af Kurt Meyer (85) for Kasein og Bakterietrypsin (af Prodigiosus og Pyocyaneus) og for Kasein og Trypsin-Grübler ved 37—38° C.; for første Kombination fandtes Optimum ved p_H· = 7,2 og for den sidste ved p_H· = c. 8,0. L. Michaelis & H. Davidsohn (86) arbejder med Pepton-Riedel og Trypsin-Rhenania, og finder herfor Optimum beliggende ved p_H· = 8,0 (ved 37° C.). Det eneste Arbejde, der foreligger om dette Spørgsmaal med Hensyn til den tryptiske Gelatinesmeltning, er det tidligere nævnte Arbejde af Palitzsch & Walbum (27), der ved 37° finder et Brintionkoncentrationsoptimum ved p_H· = 9,7.

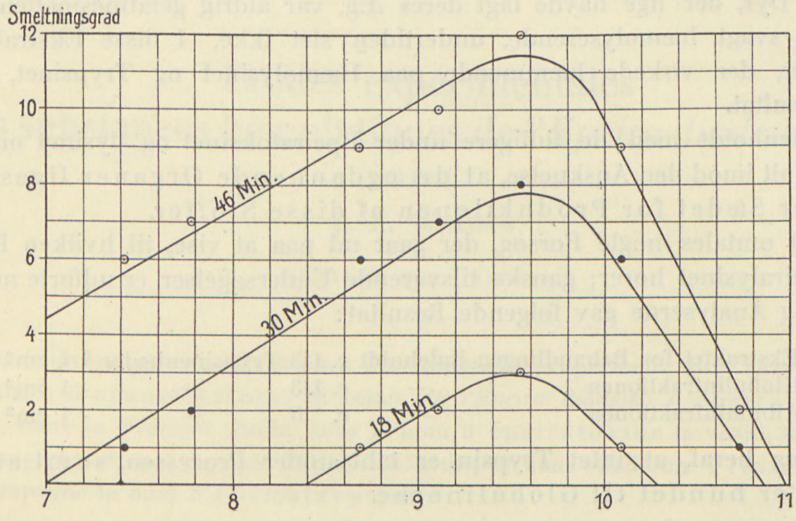
Ved de Forsøg, jeg har foretaget med Epeiratrypsin, har den af P. & W. beskrevne Teknik været benyttet, hvorfor jeg med Hensyn til Enkeltheder henviser til dette Arbejde. Der anvendtes borsyreholdige Gelatineblandinger og efter Reaktionstidens Udløb bragtes alle Blandingerne ved Tilsætning af en passende Saltsyremængde til samme Brintionkoncentration i Nærheden af Neutralpunktet umiddelbart før Afkølingen i Isvand; Aflæsningen foretoges efter 15 Min. Afkøling, og de i Tabellerne anførte Tal fra 0—12 angiver „Smeltningsgraden", idet 0 betyder fuldstændig stivnet, 12 betyder tyndflydende, og de mellemliggende Tal de mellemliggende Smeltningsgrader (se Originalafhandlingen). Forsøgene udførtes med 8 Blandinger med for-

Bland. No.	p_H· ved 37°	Forsøgstid i Minutter								
		18	22	26	30	34	38	42	46	50
1	7,42	0	0	1	1	2	3	3	6	6
2	7,78	0	1	2	2	3	5	6	7	8
3	8,68	1	4	6	6	7	7	8	9	12
4	9,11	2	4	6	7	7	8	9	10	12
5	9,55	3	5	7	8	9	11	12	12	12
6	10,09	1	3	5	6	7	8	8	9	11
7	10,73	0	0	1	1	1	1	2	2	2
8	11,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0

skellig Brintionkoncentration og med Forsøgstiderne 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46 og 50 Minutter. Forsøgene er udførte med Edderkoppeserum, hvoraf 1 cm³ indeholdt 8,45 mg N.

Resultaterne er sammenstillede i foranstaaende Tabel.

Resultaterne for Forsøgstiderne 18, 30 og 46 Min. er opstillet paa Kurve XII.



Kurve XII.
Optimal Brintionkoncentration for Epeiratrypsinets Virkning.

Det fremgaar af disse Undersøgelser, at Brintionkoncentrationsoptimum for Epeiratrypsinets Spaltning af Gelatinen ligger ved p_H = c. 9,5, altsaa praktisk talt paa samme Sted, som fundet af Palitzsh & Walbum for Pankreastrypsinet.

g. Andre Undersøgelser til Belysning af Epeiratrypsinets Natur.

Som tidligere omtalt (p. 394) fandtes Epeiratrypsinet konstant i Ægklumperne og hos de nyfødte, medens det ikke altid lod sig paavise hos de drægtige Dyr.

For nærmere at studere de ejendommelige Svingninger i Edderkoppernes Indhold af Hæmolysin, Toksin og Trypsin holdtes et større Antal drægtige Epeira gaaende i Laboratoriet i Petriskaale, idet der kun anbragtes eet Dyr i hver Skaal; Dyrene fodredes med fortyndet Kaninblod og befandt sig under hele Forsøgstiden udmærket; efter Æglægningen, der i alle Tilfælde foregik om Natten eller i de første Morgentimer, skrumpede Moderdyrene ind og døde alle senest c. 1 Maaned efter. Ægklumperne forblev i Skaalene, hvori Luften jævnlig fornyedes og stadig holdtes fugtig. Allerede i Slutningen af Januar kom de første Unger ud af Æggene, og i Løbet af Februar udklækkedes talrige. Disse Unger levede dog ikke mere end 2–3 Uger, da det ikke var muligt at skaffe passende Næring; Blodfortyndinger rørte de ikke, derimod gerne rent Vand.

Det viste sig ved talrige Forsøg, at Ekstrakterne af de frisklagte Æg altid var meget stærkt virksomme saavel paa Blodlegemer som paa Gelatine, medens Ekstrakterne af de fleste af de drægtige Dyr ikke smeltede Gelatine, hvorimod de altid var stærkt hæmolytiske. Ekstrakterne af de nyfødte Unger saavel som af de 2—3 Uger gamle var altid og lige saa stærkt virkende som Ekstrakter af Æggene. Ekstrakter af Dyr, der lige havde lagt deres Æg, var aldrig gelatinesmeltende og som Regel kun svagt hæmolyserende, undertiden slet ikke. I disse Ekstrakter søgtes efter Stoffer, der virkede hæmmende paa Hæmolysinet og Trypsinet, men uden positivt Resultat.

Sammenholdt med de tidligere under Epeiratoksinet og -lysinet omtalte Forhold peger alt imod den Anskuelse, at de ægdannende Organer ligesom selve Æggene er Sædet for Produktionen af disse Stoffer.

P. 390 omtales nogle Forsøg, der gaar ud paa at vise, til hvilken Proteinstofgruppe Epeiralysinet hører; ganske tilsvarende Undersøgelser er udførte med Epeiratrypsinet, og Analyserne gav følgende Resultat:

Ekstraktet før Behandlingen indeholdt	c.	143	Trypsinenheder	i 1 cm³
Globulinfraktionen	—	c. 143	—	- 1 cm³
Albuminfraktionen	—	c. 5	—	- 1 cm³

Det ses heraf, at intet Trypsin er tabt under Processen, samt at Epeiratrypsinet er bundet til Globulinerne.

Etudes expérimentales sur les substances hémolytiques de l'*Épeira diadema*, Walck.

Par

L. E. Walbum.

(Extrait par l'auteur.)

Les hémolysines caractéristiques des Araignées proprement dites *(Araneinae)* devant être qualifiées d'araneilysines, et celles de l'*Epeira diadema* d'épeiralysines, nous désignons, dans la présente étude, sous le nom d'épeiratoxine le venin, mortel aux animaux à sang chaud, que possède l'Epeire diadème, et nous attribuons à l'enzyme trypsinoïde qui l'accompagne le nom d'épeiratrypsine.

La sécrétion de la glande à venin donne une réaction qui oscille entre des extrêmes très acide et très alcalin; d'après les recherches que nous rapportons ici, elle serait alcaline dans la plupart des cas.

Cette sécrétion contient des matières protéiques coagulables dont la température de coagulation est à peu près celle de la grande majorité de ces substances. La morsure de l'*Epeira diadema* est mortelle aux mouches, qui succombent du fait de l'injection venimeuse qui l'accompagne et non pas, comme le supposait Blackwell, par le seul effet de la lésion mécanique. C'est la ou les premières morsures qui tuent, la glande à venin se vidant vite; il semble toutefois qu'un repos de quinze minutes suffise à la glande à venin pour sécréter une dose fatale à une mouche.

L'injection intraveineuse d'environ 0,04 g de sécrétion, opérée sur un lapin (840 g), n'a pas provoqué de symptômes d'intoxication, pas plus que la même dose reçue en injection intrapéritonéale par une souris (7 g).

L'épeiratoxine, dont on a constaté la présence dans la liqueur sanguine des Épeires, est mortelle aux animaux susdits, même injectée en doses beaucoup plus faibles. Si l'on considère que cette substance n'existe dans le sang des Épeires qu'à des époques déterminées de l'année et qu'au contraire la sécrétion de la glande à venin a lieu pendant toute la vie de l'animal, il ne paraît pas probable que le venin glandulaire et l'épeiratoxine soient identiques.

La sécrétion de la glande à venin ne contient pas d'hémolysine efficace à l'égard des globules rouges de lapin, et l'addition de lécithine ne confère pas à la sécrétion une efficacité hémolytique.

Le venin sécreté ne renferme pas d'enzyme protéolytique (exerçant une action liquéfiante sur la gélatine).

La sécrétion salivaire exerce une action protéolytique très efficace par réaction alcaline faible. Dans cette sécrétion, la présence d'hémolysines (sang de lapin) n'a pas été constatée.

L'éxpeiratoxine est identique à la substance toxique, mortelle aux animaux à sang chaud, qui a été trouvée par Kobert dans l'Épeire diadème (Toxalbumine de Kobert).

Dans la plupart des cas, on s'est servi d'extraits d'animaux entiers, macérés dans la proportion de 10 pour 100 dans une solution de Na Cl à 0,9 %. Ces extraits dominaient le plus souvent une réaction amphotère sur papier de tournesol. L'extrait A offrait, à 18° centigrades, la concentration en ions hydrogène $p_H = 6{,}98$; sa teneur en matière sèche etait de 2,17 %, en matières organiques: de 1,29 %; un centimètre cube de l'extrait contenait 1 mg, 4 d'azote.

Le sérum d'épeire, utilisé dans plusieurs essais, était obtenu en perçant les grands vaissaux sanguins de la région inférieure du céphalothorax. Le sang se coagule vite en formant en très petit caillot blanchâtre et séparant un sérum, ordinairement limpide, qui donne sur papier de tournesol, une réaction alcaline. Le mesurage électrometrique à donné, à 18°, les concentrations en ions hydrogène $p_H = 7{,}63$ et 7,73, respectivement, dans deux échantillons différents. Ces valeurs étant sans doute un peu trop alcalines, il paraît probable, que la concentration ionique propre de la liqueur sanguine des Épeires est assez voisine de celle des Mammifères. Les deux échantillons de sérum avaient les densités respectives 1,0151 et 1,0147; leur teneur en matière sèche était de 6,93 % et de 6,84 %. D'ailleurs, la teneur du sang en matière sèche et, partant, sa densité diminueront considérablement après l'absorption de fortes quantités de liquide; lorsque, au contraire, l'animal aura été tenu "à sec" pendant longtemps, ces deux valeurs s'en trouveront augmentées.

Après injection intraveineuse du venin, le processus d'intoxication présente chez les lapins la marche suivante. Immédiatement après l'injection, le sujet ne présentera d'abord aucun symptôme de malaise; mais il ne tardera pas à s'assoupir et restera immobile pendant quelque temps; quelques minutes seulement avant la mort, des secousses convulsives violentes agiteront l'animal (en avant et en arrière); elles ne dureront le plus souvent qu'une minute, après quoi l'animal devient dyspnéique et meurt.

Après injection intrapéritonéale sur souris, les convulsions ne se produisent pas; l'assouppissement survient vite, suivi d'insensibilité aux excitations extérieures, et le sujet s'éteint généralement dans l'attitude prise au début du processus.

Les minima mortels de l'extrait A et du sérum d'épeire, injectés des deux manières ci-dessus indiquées, étaient les suivants par kilogramme de lapin et par kilogramme de souris:

	Lapin		Souris	
	cm^3	Mat. organ. en mg	cm^3	Mat. organ. en mg
Extrait A	0,014	0,181	5	63
Sérum d'épeire ...	0,03	2,04	2,5	170

Dans le cas considérés, l'action toxique des matières organiques du sérum était donc environ 11 fois moins intense pour les lapins et environ 2,7 fois moins intense pour les souris que celle des matières organiques de l'extrait tiré de l'animal tout entier.

Il paraît en resulter que l'épeiratoxine n'est pas formée dans le sang même de l'animal, mais dans un ou plusieurs organes abdominaux, d'où il est versé, successivement, dans la circulation.

La teneur en épeiratoxine de l'Épeire est très variable suivant les saisons: pendant les mois d'été on n'en a pas constaté la présence; ce n'est qu'au cours de la seconde moité du mois d'août ou de la première quinzaine de septembre que la toxine fait son apparition. Son début coïncide donc avec le développement des œufs dans le femelles fécondées, et il n'y a pas de doute que l'apparition des principes toxiques en question ne soit en rapport étroit avec la formation des œufs. La toxine se trouve de préférence dans les œufs Elle y reste enfermée pendant l'hiver, et après l'éclosion, au printemps, on la retrouve dans les Épeires nouveau-nées; au cours du deuxième ou troisième mois de leur existence, elle disparaît.

Aucune des Épeires mâles traitées n'a été trouvée porteuse d'une quantité appréciable d'épeiratoxine.

L'épeiratoxine peut devenir antigène, son injection donnant naissance à des anticorps specifiques. La formation de l'épeiraantitoxine dans les animaux immunisés a lieu selon les lois générales d'immunisation active.

Les sérums normaux de chèvre. mouton, cheval, bœuf, lapin, cobaye, pigeon ne neutralisent pas l'action de l'épeiratoxine. Le sang des moutons, chèvres, lapins et cobayes auxquels on administrait depuis un mois une pâte d'épeires broyées et de biscuit pulvérisé, ne présentait pas une proportion appréciable d'antitoxine.

L'immunité produite par immunisation active se laisse transmettre, par voie passive, à d'autres individus. L'immunité ainsi obtenue chez les animaux neufs (lapins) est de courte durée; c'est à peine si elle peut être constatée 3 à 4 jours après l'injection du sérum antitoxique (de moutons immunisés).

Les lapins intoxiquées par l'épeiratoxine peuvent être sauvés de la mort moyennant injection antitoxine, à condition toutefois que l'injection intraveineuse du sérum ait lieu quelque temps avant le début des convulsions caractéristiques; sinon, on arrive tout au plus à retarder la mort.

L'épeiralysine est identique à l'hémolysine découverte par Kobert chez les *Épeira diadema* et étudiée ensuite de plus près par Sachs, qui lui donna le nom d'"arachnolysine".

Action sur les globules du sang.

L'épeiralysine dissout les globules rouges de rat, lapin, singe, poule, souris, homme, bœuf, chèvre, oie; elle se montre surtout efficace à l'égard des globules de rat, et particulièrement faible vis-à-vis des globules d'oie. Les globules de pigeon sont peu sensibles; ceux de cheval, chèvre, porc, chien, cobaye et grenouille sont tout à fait réfractaires.

Un phénomène qui n'est pas rare dans les essais effectués avec l'épeiralysine et qui a

déjà été constaté avec quelques autres hémolysines, est celui de grandes doses de venin restant sans action hémolitique, tandis que l'action atteint sa pleine afficacité (hémolyse totale) après des doses même beaucoup plus petites; il se produit surtout lorsqu'on opère avec des extraits fraîchement préparés d'épeires récemment tuées.

La substance hémolytique est particulièrement abondante dans l'abdomen: dans le cas considéré, les matières organiques contenues dans l'extrait tiré de l'abdomen étaient 50 fois plus efffcaces que celles extraites du céphalothorax et environ 530 fois plus efficaces que l'extrait des membres. Ces relations étaient les mêmes à peu près pour l'épeiratoxine. Sous bien des rapports, le pouvoir toxique semble aller de pair avec le pouvoir hémolytique.

On constate en effet ceci:

1° Absence de la toxine aussi bien que de l'hémolysine dans l'Épeire pendant les mois d'été; apparition absolument simultanée des deux substances vers l'automne.

2° Présence des deux substances dans les œufs et dans les individus nouveau-nés pendant le premier mois de vie, après quoi elles disparaissent dans le courant de 2 ou 3 mois.

3° L'apparition de l'une et l'autre substance se borne aux femelles; aucune des deux substances n'a été rencontrée chez les mâles.

4° D'après l'analyse des extraits, les deux substances sont liées au même groupe de substances protéiques.

5° Le chauffage fait disparaître simultanément — à la même température et avec la même vitesse — la faculté hémolytique et la faculté toxique.

6° Dans des liquides suffisamment acides ou alcalins, les deux substances se détruisent avec la même vitesse par les mêmes concentrations en ions hydrogène et hydroxyle.

7° Les deux substances peuvent agir en antigènes et la formation des deux anticorps semble présenter alors des allures parallèles dans un seul et même individu.

Il est donc probable que les résultats obtenus avec l'épeiralysine se laissent appliquer directement à l'épeiratoxine, et réciproquement.

Aux premiers jour d'automne, on rencontre des animaux à sang non hémolytique et dont le céphalothorax aussi bien que les pattes fournissent également des extraits non hémolytiques, tandis que les extraits de l'abdomen sont d'une hémolyse assez active; à l'arrière-saison, la teneur toxique et hémolytique du sang atteindra une portion importante, comme nous l'avons dit plus haut.

Il a été constaté qu'un extrait fraîchement préparé d'Épeires récemment tuées etait rendu plus actif par 48 heures de repas (en présence de toluène) à la température du laboratoire; cette augmentation de l'efficacité du venin est peut-être de même nature (enzymatique?) que celle qui a lieu dans les individus vivants pendant les mois d'automne.

La production d'antilysine par immunisation s'est passée dans tous les détails exactement comme la fabrication de l'antitoxine.

Effets du chauffage et du refroidissement.

L'épeiralysine dissoute se détruit vite aux températures comprises entre 60° et 70°

La destruction par chauffage de l'épeiralysine dépend beaucoup de la

concentration de la solution considérée, en ce sens que les solutions le plus diluées se détruisent le plus vite. Dans une solution au $^1/_{20000}$, une attenuation prononcée se laisse constater après un séjour de 4 heures à 0°; dans une solution au $^1/_{40000}$, traitée de même, la présence d'hémolysine ne peut pas être constatée.

Une proportion, dans la solution, de 3 % de sérum normal de lapin est d'un effet protecteur considérable. Dans une solution à $^1/_{60000}$ de hémolysine additionnée de 3 % de sérum normal, on n'a pas constaté la moindre diminution de l'intensité, même après 4 heures de chauffage à 40°. L'iufluence du sérum normal est probablement en partie celle d'un "tampon" ayant pour effet de maintenir à peu près constante la concentration en ions hydrogène.

Les solutions d'épeiralysine se trouvent sensiblement atténuées après 10 jours de séjour à des températures basses (÷ 16° et ÷ 80°) et la vitesse de destruction augmente à mesure que la température baisse. Les expériences de refroidissement proprement dites ont été effectuées à ÷ 180° (air liquide); dans ces conditions, l'attenuation se produit plus vite et dans des proportions plus grandes dans les extraits frais que dans ceux de date moin récente: de l'extrait d'Épeire conservé pendant 1 an environ, à ÷ 16° n'offrait aucune altération.

Des essais analogues ont été entrepris d'autres substances:

Des solutions de trypsine (Rhenania), de staphylolysine et de vibriolysine gardaient intact leur degré d'efficacité.

Le refroidissement (8 jours, à ÷ 180°) rendait assez efficace une solution de tétanolysine déjà ancienne et qui avait perdu son activité: le pouvoir hémolytique étant neutralisé par l'antilysine tétanique il faut croire que sa recrudescence était due à l'activation de la tétanolysine par le refroidissement.

Des solutions de venins de cobra, d'abeille et de guêpe gagnaient considérablement en activité quand on les soumettait à la réfrigération.

Comme le montrent ces expériences, il faut choisir avec beaucoup de soin la température à laquelle on conserve de telles solutions de nature inconnue; les températures voisines de zéro seront sans doute souvent préférables.

Attenuation dans les liquides acides et alcalins.

L'épeiralysine est decomposé par les liquides suffisamment acides ou alcalins. Les essais (durée: 2 heures; température: 37°) ont montré que la destruction se faisait vite à des concentrations ioniqu'es où p_H était inférieur à 3,2 ou supérieur à 10,1; lorsque p_H est compris entre 5,5 et 7,5 environ, la décomposition n'a pas lieu.

Optimum thermique.

L'action de l'épeiralysine sur les globules rouges de lapin présente un optimum thermique qui tend à se déplacer vers des températures moins élevées à mesure qu'on prolonge la durée d'action. Dans les conditions expérimentales ci-dessus indiquées (à 37°, $p_H = 7{,}28$), l'optimum thermique devenait, après 10 minutes d'action: environ 20°, après 1 heure d'action: environ 20°, après 2 heures: environ 18°, après 5 heures: environ 16°.

La cause de ces déplacements ne doit probablement pas être attribuée uniquement à l'influence directe de la température.

Optimum de concentration ionique.

De même qu'elle dépend de la température, l'action de l'épeiralysine dépend également de la concentration ionique du liquide en expérience.

Des expériences effectuées sur des émulsions de globules rouges de lapin et de bœuf ont donné des *optima nettement marqués, situés respectivement vers* $p_H = 7{,}10$ *(globules de lapin) et vers* $p_H = 7{,}40$ *(globules de bœuf); à partir de ce point optimal, l'action allait en diminuant des deux côtés.*

Dans toute recherche sur l'hémolyse, l'usage se recommande de "tampons" convenables ajoutés aux mélanges considérés. A moins que des circonstances particulières ne s'y opposent, il sera recommandable d'utiliser le sérum propre des globules á la concentration de 2—3 %.

Autres recherches sur la nature de l'épeiralysine.

L'épeiralysine ne saurait être classée dans les hémolysines complexes, les essais faits jusqu'à ce jour n'ayant pas résulté en sa décomposition en "ambocepteur" et "complément". Elle a plutôt la caractère d'une vrai toxine: on y constate la présence des deux facultés speciales aux toxines proprement dites, faculté fixatrice à l'endroit des antitoxines (faculté immunisante) et faculté toxique.

Après chauffage à 65 °, pendant 40 minutes, du sérum d'épeire, l'aptitude hémolytique disparaît complètement; mais en même temps l'hémolysine ainsi inactivée est devenue susceptible de fixer des quantités considérables d'épeiralysine. Cette aptitude antilytiqne semble présenter une certaine spécificité: elle est incapable de neutraliser des quantités minimales de vibriolysine et de staphylolysine. En chauffant ultérieurement le sérum d'épeire on fera disparaître le pouvoir antihémolytique, et cela aux mêmes températures ou s'opère la destruction des antilysines et antitoxines spécifiques du processus d'immunisation.

En immunisant des lapins à l'aide d'un extrait d'épeires préparé pendant les mois d'été, c'est-à-dire avec des individus non hémolytiques, on détermine néanmoins, dans les animaux traités, la formation d'antilysine; il semble donc que le pouvoir immunisateur, fixateur d'antitoxines, soit inhérent aux épeires et que le pouvoir toxique fasse seul défaut pendant une partie de l'année.

Après précipations successives d'extraits d'épeires avec le sulfate d'ammonium, on obtient une solution qui se laisse saturer jusqu'au tiers par ce sel sans qu'il se produise de précipitation. Donc, les englobulines proprement dites font entièrement défaut. En ajoutant ultérieurement du $(NH_4)_2\,So_4$ jusqu'à saturation à moitié, on fait précipiter les pseudoglobulines; et après saturation complète de la liqueur filtrée, les albumines sont précipitées.

La proportion globale de matières protéiques se compose de 66 % environ de globulines et de 34 % d'albumines.

C'est dans les protéines albumineuses que l'épeiralysine se trouve de préférence concentrée.

La fixation de la lysine par son antilysine ne s'opère pas subitement, mais petit à petit; à la température de 18°, le processus semble s'accomplir en 1 heure environ.

L'épeiratrypsine. Une enzyme tryptique se rencontre dans la sécrétion salivaire des Épeires, et dans le sérum sanguin de ces animaux on a également constaté la présence d'une telle enzyme. Les extraits de l'abdomen étaient souvent particulièrement efficaces tandis que ceux qu'on tirait du céphalothorax et des pattes n'ont jamais contenu des doses d'enzyme assez considérables pour que la technique utililsée par nous ait permis d'en constater la présence.

Dans les cocons d'œufs et dans les animaux nouveau-nés, l'épeiratrypsine est, semble-t-il, constamment présente. Au cours des mois d'été, on en a pu démontrer la présence dans des cas isolés, et en automne, quand le développement des œufs est très avancé, elle apparaît de temps en temps; cependant des extraits de femelles fécondées se sont souvent montrés absolument inactifs. Dans les individus mâles, je n'ai jamais pu constater la présence d'une telle enzyme. Pour ce qui est de savoir si les animaux sont quelquefois porteurs de substances neutralisatrices, ou bien si les enzymes y existent par intermittence sous des formes inactives (trypsinogène), c'est une question qui n'est pas facile à trancher; quoi qu'il en soit, j'incline à croire que c'est dans ce sens qu'il faut chercher la solution et que la trypsine existe en tout saison.

Le sérum normal de chèvre et de bélier contient des proportions notables et égales d'antitrypsine; l'immunisation prolongée de ces animaux par voie d'injections subscutanées d'extraits actifs n'a pas fait monter la proportion d'antitrypsine. L'épeiratrypsine se décompose par la chaleur aux mêmes températures à peu près que l'épeiratoxine et l'épeiralysine; il semble pourtaut que ces dernières soient un peu plus stables à la chaleur.

Après un refroidissement prolongé par l'air liquide à + 180°, l'action protéolytique d'un extrait absolument frais se trouvait d'abord augmentée: après 24 heures environ de refroidissement un tel extrait était environ 5 fois plus efficace qu'au début; en continuant le refroidissement, on voyait l'action s'atténuer et devenir, après 5 à 6 jours, sensiblement inférieure à l'action primitive. Dans le cas d'un extrait déjà ancien, le refroidissement n'avait pas d'influence sur l'action enzymatique.

L'épeiratrypsine se décompose dans les liquides suffisamment acides ou alcalins. Dans les conditions expérimentales ci-dessus indiquées, la destruction s'opérait vite lorsque $p_{H'}$ était inférieur à 3,8 ou supérieur à 12,0; aux concentrations ioniques comprises entre $p_{H'} = 4{,}6$ environ et $p_{H'} = 10{,}1$ environ, l'action primitive persistait.

La température optimum pour l'efficacité tryptique était située vers 55° dans les essais effectués ($p_{H'} = 8{,}08$, à 37°); mais, à mesure qu'on augmentait la durée des expériences, elle se déplaçait jusqu'à 0°. Après une durée d'expérience de 30 minutes, l'optimum se trouvait située vers 59°, et, aprés 5 heures, il a été constaté à 53° environ.

L'optimum de concentration ionique, à 37°, a été relevé pour ce scission tryptique (de gélatine) à $p_{H'} = 9{,}5$ environ; pratiquement parlant, il coïncide avec le point trouvé par Politzsch et Walbum pour la trypsine pancréatique.

L'examen des divers états de l'épeiratrypsine après précipitations successives avec $(NH_4)_2\ SO_4$ fait voir que l'épeiratrypsine est fixée par les seules globulines.

Dans le tableau ci-dessous, on trouvera enregistrés quelques résultats obtenus par des expériences effectuées sur l'épeiralysine (= -toxine?) et l'épeiratrypsine. Les essais ont tous été réalisés avec des extraits tirés de l'animal tout entier (Extrait A).

	Épeiralysine	Épeiratrypsine
Effets du chauffage	Se décompose vite entre 60 ° et 70 °	Même chose, avec pourtant un peu plus de thermolabilité
Effets du refroidissement jusqu'à ÷ 180 °	Les extraits frais sont attenués. Les extraits anciens ne sont pas influencés	Les extraits frais augmentent d'efficacité pour s'atténuer ensuite. Les extraits anciens ne sont pas influencés.
Effets produits par les acides et par les bases (2 heures, à 37 °)	Décomposition compléte à $p_H < 3,2$ ou $> 10,1$; atténuation négligeable à p_H compris entre 6,5 et 7,5	Décomposition complète à $p_H < 3,8$ ou $> 12,0$; pas d'atténuation aux p_H compris entre 4,6 et 10,1
Optimum thermique, pour l'efficacité.	($p_H = 7,28$, à 37 °). Après 10 minutes: 32 ° environ. Après 5 heures: 16 ° environ	($p_H = 8,08$, à 37 °) Après 30 minutes: 59° environ. Après 5 heures: 53 ° environ
Optimum de concentration ionique, pour l'efficacité (2 heures, à 37 °)	Globules r. de lapin à $p_H = 7,2$ environ	Gélatine à $p_H = 9,5$ environ
Précipitation après saturation à moitié avec $(NH_4)_2\ SO_4$ (Globulines)	Relativement peu	Tout
Précipitation après saturation du liquide restant avec $(NH_4)_2\ SO_4$ (Albumines)	Beaucoup plus de la moitié	Rien

LITTERATURFORTEGNELSE

1. Ozanam: Sur le venin des Arachnides et son emploi en thérap. etc. Paris (1856); refer. i Schmidts Jahrb. Bd. 93 (1857) p. 45.
2. Kobert, R.: Beiträge zur Kenntnis der Giftspinnen, Stuttgart (1901). Monografi.
3. v. Linstow, Otto: Die Gifttiere und ihre Wirk. auf den Menschen, Berlin (1894); cit. efter Kobert (2).
4. Cremer, L. C.: Schmidts Jahrbücher, Bd. 225 p. 239.
5. Forel. A.: Bull. de la Soc. Vaudoise, Vol. XIV p. 30; cit. efter Kobert (2).
6. Motschulsky & Becker, A.: Bull. de Moscou (1855) p. 472; cit. efter Kobert (2).
7. Schtschensnowitsch: St. Petersburger med. Woch. (1870) p. 54; cit. efter Kobert (2).
8. Jühling: Die Thiere in der deutschen Volksmedizin alter und neuer Zeit. Mitweida (1900).
9. Blackwell: Transact. of the Linnean Soc. (Zool.) London, Bd. XXI p. 30.
10. Bertkau: Trochels Arch. f. Naturgesch. (1870) p. 119; cit. efter Kobert (2).
11. Menge, A.: Schriften der naturforsch. Gesellsch. zu Danzig. Bd. 4 (1843); cit. efter Kobert (2).
12. Westberg: Korrespondenzblatt Nat. Ver. Riga. Bd. 43 (1900) p. 91; cit. efter Kobert (2).
13. Sachs, H.: Hofmeisters Beiträge zur chem. Physiol. etc. Bd. 2 (1902) p. 125.
14. Belonowsky, G.: Biochem. Zeitschr. Bd. V. (1907) p. 65.
15. Konstansoff, S. W.: Russk. Wratsch. (1907) No. 17 og 22; refer. i Maass: Tierische Gifte i Oppenheimers Handbuch der Biochemie.
16. Bertkau: Arch. mikr. Anatom. 23 (1884) og 24 (1885).
17. Griffiths, A. B. og Johnstone, A.: Phys. of Invertebrata (1892). Smlg. Proc. Roy. Soc. Edinburgh. XV 113; cit. efter Kobert (2).
18. Plateau: Bull. Acad. roy. de Belgique (2) XLIV No. 8.
19. Kobert, R.: Pflüg. Archiv. Bd. 99 (1903).
20. Faust, E. S.: Die tierischen Gifte, Braunschweig (1906).
21. Bang, J. og Overton E.: Biochem. Zeitschr. Bd. 31 (1911) p. 243.
22. Madsen, Th.: I Kraus & Levaditi: Handbuch d. Technik u. Methodik d. Immun. B. I.
23. Flexner, S. og Noguchi, H.: Univ. of Pensylv. Bull. Nov. (1902).
24. Delezenne: Compt. rend. Acad. des Sciences (1902).
25. Fermi, Cl.: Arch. f. Hygiene. Bd. 12 (1891) p. 242 og Bd. 55 (1906) p. 142.
26. Madsen, Th. & Walbum, L. E.: Se Arrhenius: Immunochemie (1907).
27. Palitzsch, S. & Walbum, L. E.: Biochem. Zeitschr. Bd. 47 (1912) p. 1.
28. Hasselbalch, K. A.: Biochem. Zeitschr. Bd. 30 (1911) p. 317.
29. Lundsgaard, Chr.: Biochem. Zeitschr. Bd. 41 (1912) p. 247.
30. Hasselbalch, K. A.: Biochem. Zeitschr. Bd. 49 (1913).
31. Baggerd, W.: Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Therap. Bd. 10 p. 150—167.
32. Hansen, H. J.: Danske Spindeldyr. Zoologia Danica. 3. og 4. H.
33. Pauly, M.: Der Regenwurm; der illustr. Tierfreund, Graz (1896); cit. efter Faust (20).

34. Yagi: Arch. intern. de pharmacodyn. et de thérap. Bd. 21 (1911), ref. i Berl. klin. Woch. No. 37 (1911).
35. Kobert, R.: Ueber Giftfische und Fischgifte; Foredrag (1905); cit. efter E. Faust: Die tierischen Gifte (20).
36. Brieger, L. og Ehrlich, P.: Zeitschr. f. Hygiene und Inf. Bd. 13 (1893) p. 336.
37. Salomonsen, C. J. & Madsen, Th.: Ann. de l'Inst. Pasteur (1897). Tom. 11.
38. — — Ann. de l'Inst. Pasteur (1899). Tome 13.
39. Madsen, Th. og Walbum, L. E.: Overs. o. d. kgl. Danske Videnskabernes Selsk. Forhandl. No. 3 (1904) og Centralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 36 (1904) p. 242.
40. Morgenroth, J.: Centralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 26 (1899) p. 349.
41. Bulloch, W.: Transact. of the Pathol. Society of London (1901).
42. Jørgensen, A. og Madsen, Th.: Festskr. v. Indv. af Statens Seruminstitut (1902).
43. Lippmann: Mediz. Klinik. (1910) No. 38.
44. Ehrlich, P.: Deutsche med. Woch. (1891) p. 976.
45. Jørgensen, A. & Madsen, Th.: Festskr. v. Indvielsen af Statens Seruminstitut (1902).
46. Madsen, Th.: Festskr. v. Indvielsen af Statens Seruminstitut (1902).
47. Walbum, L. E.: Zeitschr. f. Immunitätsforsch. Bd. 12 (1912) p. 546.
48. Noguchi, H.: Overs. o. d. kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forh. (1906) og Comm. de l'Inst. Sérothérap. de l'État Danois, Tome I (1906).
49. Sachs, H.: Centralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 34 (1903) p. 686.
50. Madsen, Th. & Walbum, L. E.: Overs. o. d. kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forh. No. 6 (1904) og Comm. de l'Inst. Sérothérap. de l'État Danois, Tome I (1906).
51. Levy, R.: Compt. rend. Acad. des sciences. Tome 154 (1912) p. 77.
52. Madsen, Th. & Famulener, L. W.: Biochem. Zeitschr. Bd. 11 (1908) p. 186 og Comm. de l'Inst. Sérothérap. de l'État Danois. Tome III (1909).
53. Madsen, Th. & Walbum, L. E.: Festschrift f. Olof Hammersten, X (1906).
54. — — Se Arrhenius: Immunochemie (1907) p. 58.
55. Streng, Osw.: Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. Bd. 62 (1909) p. 281.
56. Sørensen, S. P. L.: Enzymstudier II., Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet Bd. 8. 1. H. (1909) og Biochem. Zeitschr. Bd. 21 (1909) p. 131.
57. Madsen, Th. & Walbum, L. E.: Overs. o. d. kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forh. No. 6 (1904) og Comm. de l'Inst. Sérothérap. de l'État Danois. Tome I. (1906).
58. Madsen, Th. & Noguchi, H.: Overs. o. d. kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forh. No. 6 (1904) og Comm. de l'Inst. Sérothérap. de l'État Danois. Tome I. (1906).
59. Michaelis, L. & Skwirsky, P.: Zeitschr. f. Immunitätsforsch. Bd. 4 (1910) p. 357.
60. Sørensen, S. P. L.: Über die Messung und Bedeut. der Wasserstoffionenkoncentration bei biol. Prozessen in Ergebn. d. Physiol. von L. Ascher u. K. Spiro (1912).
61. Walbum, L. E.: Brintionkoncentrationens Betydning for Hæmolysen. Overs. o. d. kgl. Danske Vidensk. Selskabs Forhandl. No. 4 (1914).
62. Ehrlich, P. & Morgenroth, J.: Berlin. klin. Woch. (1899) No. 1.
63. v. Eisler, M.: Zeitschr. f. Immunitätsforsch. Bd. 2 (1909) p. 159.
64. Hektoen, L. & Rüdiger, G. F.: The Journ. of Infect. diseases. Vol. I (1904) p. 379.
65. Levy, R.: Compt. rend. Acad. sc. Tome 155 (1912).
66. Smirnow, G. A.: Centralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 21 (1897) p. 621.
67. Arthus, M. og Stawska, B.: Compt. rend. Acad. sc. Tome 153 (1911) p. 355.
68. Vernon, M.: Journ. of Physiol. 27 (1901) p. 288.
69. Hougardy, A.: Arch. intern. Physiol. IV (1907) p. 360.
70. Delezenne, C.: Soc. Biol. 55 (1903) 27 og 132.
71. Sachs, H.: Fortschr. d. Medicin. XX (1902) p. 425.
72. Samuely, F.: Oppenheimers Handb. d. Biochemie I (1910) p. 527.
73. Achalme, P.: Ann. de l'Inst. Pasteur XV (1901) p. 737.
74. Jochmann, G. og Kantorowicz, A.: Münch. med. Woch. (1908) No. 14.

75. v. Bergmann og Bamberg: Berlin. klin. Woch. (1908) p. 1396.
76. Landsteiner, K.: Centralbl. f. Bakt. I. Abt. Bd. 38 (1905) p. 344.
77. v. Eisler, M.: Ber. d. Wien. Acad. 114. Abt. III (1905); cit. efter L. Michaelis i Oppenheimers Handb. d. Biochemie. Bd. II. 1. (1910).
78. Bergell, P. & Schütze, A.: Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. Bd. 50 (1905) p. 305.
79. Calmette, A.: i Kolle og Wassermann: Handb. d. pathog. Mikroorgan. Bd. II. (2. Udgave 1913).
80. Biernacki: Z. f. Biologie. Bd. 28, p. 62.
81. Haidenhain: Pflüg. Arch. X, p. 557.
82. Roberts: cit. efter Gamgee: Phys. Chemie d. Verdauung (1897).
83. Oppenheimer, C.: Die Fermente, algem. Theil.
84. Vernon, M.: Journ. of Physiol. Bd. 31, p. 346.
85. Meyer, Kurt.: Biochem. Zeitschr. Bd. 32 (1911) p. 275 og 276.
86. Michaelis, L. og Davidsohn, H.: Biochem. Zeitschr. Bd. 36 (1911) p. 280.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Forord	319
Indledning	321
A. Undersøgelser over Giftkirtelens Sekret	330
B. Undersøgelser over Epeiratoksin, -lysin og -trypsin	340
I. Epeiratoksin	340
a. Hvor i Edderkopperne findes Epeiratoksinet?	345
b. Forekommer Epeiratoksinet i Edderkopperne til alle Aarstider?	346
c. Kan Epeiratoksinet optræde som Antigen?	350
II. Epeiralysinet	360
a. Hvilke Dyrs Blodlegemer opløses af Epeiralysinet?	361
b. Hvor i Edderkopperne findes Epeiralysinet, og forekommer det til alle Aarstider?	362
c. Kan Epeiralysinet optræde som Antigen?	364
d. Høje og lave Temperaturers Indflydelse paa Epeiralysinets Sønderdeling	366
e. Brintionkoncentrationens Indflydelse paa Epeiralysinets Sønderdeling	375
f. Den optimale Temperatur for Epeiralysinvirkningen	377
g. Den optimale Brintionkoncentration for Epeiralysinets Virkning	380
h. Andre Undersøgelser til Belysning af Epeiralysinets Natur	382
III. Epeiratrypsinet	392
a. Hvor i Edderkopperne findes Epeiratrypsinet, og forekommer det til alle Aarstider?	393
b. Kan Epeiratrypsinet optræde som Antigen?	395
c. Høje og lave Temperaturers Indflydelse paa Epeiratrypsinets Sønderdeling	396
d. Brintionkoncentrationens Indflydelse paa Epeiratrypsinets Sønderdeling	398
e. Den optimale Temperatur for Epeiratrypsinets Virkning	398
f. Den optimale Brintionkoncentration for Epeiratrypsinets Virkning	402
g. Andre Undersøgelser til Belysning af Epeiratrypsinets Natur	403
Résumé	405
Litteraturfortegnelse	413