DET KONGELIGE DANSKE

VIDENSKABERNES SELSKABS SKRIFTER

OTTENDE RÆKKE

NATURVIDENSKABELIG OG MATHEMATISK AFDELING

FEMTE BIND

MED 57 TAVLER

KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1918—24

INDHOLD

Side

Fortegnelse over Selskabets Medlemmer Juni 1924 ..... V—XVII

1. **Bjerrum, Niels** und **Kirschner, Aage:** Die Rhodanide des Goldes und das freie Rhodan. Mit einem Anhang über das Goldchlorid ..... 1— 77
2. **Orla-Jensen, S.:** The lactic acid Bacteria. With 51 Plates ..... 79—197
3. **Brünnich Nielsen, K.:** Zoantharia from Senone and Paleocene Deposits in Denmark and Skaane. With 4 Plates ..... 199—233
4. **Petersen, Axel:** Bidrag til de danske Simuliers Naturhistorie. Med 2 Tavler, 53 Figurer og 1 Kort i Texten ..... 235—341

FORTEGNELSE

OVER

DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS MEDLEMMER

Juni 1924

Protektor:

Hans Majestæt Kongen.

—o—

Præsident:

VILH. THOMSEN.

Formand for den hist.-filos. Klasse: FR. BUHL.

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

Sekretær: MARTIN KNUDSEN.

Redaktør: DINES ANDERSEN.

Kasserer: W. L. JOHANNSEN.

Kassekommissionen.

H. HØFFDING. KR. ERSLEV. J. L. W. V. JENSEN. J. T. HJELMSLEV.

Revisorer.

TH. J. M. MADSEN. C. HANSEN OSTENFELD.

Kommissionen til Registrering af litterære Kilder til dansk Historie.

JOH. STEENSTRUP. KR. ERSLEV. H. O. LANGE.

Kommissionen til Undersøgelse af de i dansk Privateje bevarede Kilder til dansk Historie.

JOH. STEENSTRUP. KR. ERSLEV. H. O. LANGE. AAGE FRIIS.

Udvalget vedrørende Union Académique Internationale.

J. L. HEIBERG. OTTO JESPERSEN. CHR. BLINKENBERG.

Udvalg for den internationale Katalog over naturvidenskabelige Arbejder.

L. KOLDERUP ROSENVINGE. V. HENRIQUES. S. P. L. SØRENSEN. MARTIN KNUDSEN.
J. T. HJELMSLEV. TH. MORTENSEN.

Udvalg for Deltagelse i internationale vulkanologiske Undersøgelser.

K. PRYTZ. S. P. L. SØRENSEN. M. KNUDSEN. O. B. BØGGILD.

INDENLANDSKE MEDLEMMER

Thomsen, Vilhelm Ludvig Peter, Dr. phil., fh. Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Københavns Universitet, Ridder af Elefanten, Storkors af Dannebrog og Dannebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld, med det finske Frihedskors 1. Kl. og Storkorset af Finlands hvide Rose, med den preussiske Orden Pour le Mérite, og den preussiske Røde Ørns Orden 2. Klasse med Stjerne, Selskabets Præsident.

Topsøe, Haldor Frederik Axel, Dr. phil., fh. Direktør for Arbejds- og Fabriktilsynet, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld.

Steenstrup, Johannes Christopher Hagemann Reinhardt, Dr. jur. & phil., fh. Professor Rostgardianus i nordisk Historie og Antikviteter ved Københavns Universitet, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen, Ridder af Æreslegionen.

Gertz, Martin Clarentius, Dr. phil., fh. Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør[1] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af den italienske Kroneorden og af Nordstjernen.

Heiberg, Johan Ludvig, Dr. phil., litt., med. & sc., Professor i klassisk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af St. Olavs Ordenen og af den italienske Kroneorden, Officer af Æreslegionen.

Høffding, Harald, Dr. phil., jur., sc. & litt., fh. Professor i Filosofi ved Københavns Universitet, Storkors af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af St. Olavs Ordenen, af Nordstjernen og af Æreslegionen, Officier de l'instruction publique, dekoreret med det finske Frihedskors 1. Kl., det danske Røde Kors' Hæderstegn, med frivilligt Sygeplejevæsens Fortjenstmedaille, det østrigske Røde Kors' Stjerne, det preussiske Røde Kors' Bryststjerne og Broncemedaille, det russiske Røde Kors' Udmærkelsestegn og med den tyrkiske Røde Halvmaanes Medaille.

Kroman, Kristian Frederik Vilhelm, Dr. phil., fh. Professor i Filosofi ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand.

Müller, Peter Erasmus, Dr. phil., Kammerherre, Hofjægermester, fh. Overforster for anden Inspektion, Storkors af Dannebrog og Dannebrogsmand, dekoreret med Erindringstegnet om Kong Christian IX's og Dronning Louises Guldbryllup

og Frederik VIII's Mindetegn, Kommandør af St. Olavs Ordenen, af den russiske St. Annaorden, af den spanske Carl III's Orden med Stjerne og af den græske Frelserens Orden, dekoreret med den preussiske Røde Ørns Orden 2. Kl.

Erslev, Kristian Sofus August, Dr. phil., fh. Rigsarkivar, Kommandør[1] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af St. Olavsordenen.

Boas, Johan Erik Vesti, Dr. phil., Professor i Zoologi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af St. Olavs-Ordenen.

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

Prytz, Peter Kristian, fh. Professor i Fysik ved den Polytekniske Læreanstalt, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand.

Salomonsen, Carl Julius, Dr. med. & sc., fh. Professor i Pathologi ved Københavns Universitet, Kommandør[1] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af den russiske St. Stanislausorden, af den svenske Vasaorden og af Æreslegionen, Ridder af Nordstjernen og af St. Olavs Ordenen, Officier de l'instruction publique, dekoreret med den preussiske Kroneorden 2. Kl.

Jónsson, Finnur, Dr. phil. & litt. isl., Professor i nordisk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Storridder af den islandske Falk, Kommandør af Nordstjernen, Ridder af St. Olavs Ordenen.

Müller, Sophus Otto, Dr. phil., fh. Direktør for Nationalmuseets første Afdeling, Kommandør[1] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af St. Olavs Ordenen, af Nordstjernen og 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, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen og af den franske Orden Mérite agricole, dekoreret med det preussiske Røde Kors' Bryststjerne og Broncemedaille og med det østrigske Røde Kors' Ærestegn af 1. Klasse, Selskabets Kasserer.

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

Nyrop, Kristoffer, Dr. phil., Professor i romansk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af den belgiske Kroneorden, af Æreslegionen, af den italienske Kroneorden og af den spanske Isabella den Katholskes Orden, Officier de l'instruction publique, dekoreret med den rumænske Fortjenstmedaille i Guld.

Bang, Bernhard Laurits Frederik, Dr. med., fh. Veterinærfysikus, fh. Professor i Veterinær-Lægevidenskab ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Storkors af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen, af St. Olavs

Ordenen og af Finlands hvide Rose, Komtur af 1. Kl. med Stjerne af den sachsiske Albrechtsorden.

Juel, Christian Sophus, Dr. phil., Professor i Mathematik ved den Polytekniske Læreanstalt i København, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand.

Buhl, Frantz Peter William, Dr. phil. & theol., fh. Professor i semitisk-orientalsk Filologi ved Københavns Universitet, Kommandør[1] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af den græske Frelserorden, Ridder af Nordstjernen og af Kongeriget Sachsens Civil Fortjeneste Orden, Officier de l'instruction publique, Formand i Selskabets historisk-filosofiske Klasse.

Rosenvinge, Janus Laurits Andreas Kolderup, Dr. phil., Professor i Botanik ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog.

Dreyer, Johan Ludvig Emil, Dr. phil. & sc., fh. Director of the Armagh Observatory, Irland, Ridder af Dannebrog.

Raunkiær, Christen, fh. Professor i Botanik ved Københavns Universitet.

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

Hude, Kristian Karl Tulinius, Dr. phil., Rektor ved Metropolitanskolen, Lektor ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog.

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

Jensen, Carl Oluf, Dr. med. & med. vet., Professor, Forstander for den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Serumlaboratorium, Veterinærfysikus, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Storridder af den islandske Falk, Kommandør af St. Olavs Ordenen og af Vasaordenen, Ridder af Nordstjerneordenen, Officer af den sachsiske Albrechtsorden, dekoreret med Ordenen »Polonia Restituta« 3. Klasse.

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

Lange, Hans Ostenfeldt, Dr. phil., fh. Overbibliotekar ved det kongelige Bibliotek i København, Lektor i Ægyptologi ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Komtur af den meklenborgske Griforden, Ridder af St. Olavs Ordenen.

Sørensen, Søren Peter Lauritz, Dr. phil. & med., Professor, Direktør for Carlsberglaboratoriets kemiske Afdeling, København, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Ridder af Æreslegionen, Formand for Selskabets naturvidenskabelig-mathematiske Klasse.

Jensen, Johan Ludvig William Valdemar, Dr. phil., fh. Overingeniør, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand.

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

Knudsen, Martin Hans Christian, Dr. phil., Professor i Fysik ved Københavns Universitet og den Polytekniske Læreanstalt, Ridder af Dannebrog og Danne-

brogsmand, Kommandør af Finlands hvide Rose, Ridder af St. Olavs Ordenen, Selskabets Sekretær.

Madsen, Thorvald Johannes Marius, Dr. med., Direktør for Statens Seruminstitut, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand, Storofficer af den italienske Kroneorden, Kommandør af Nordstjernen, af Æreslegionen og af Ordenen "The British Empire", Officer af den belgiske Kroneorden, Ridder af St. Olavs Ordenen og af den portugisiske San Thiago Orden, dekoreret med den preussiske Røde Ørns Orden 4. Kl., med det danske Røde Kors' Hæderstegn, med det preussiske Røde Kors' Bryststjerne og Broncemedaille, med det russiske Røde Kors' Udmærkelsestegn, med det østrigske Røde Kors' Officersærestegn og Hæderstegn, med Ordenen »Polonia Restituta« 2. Kl., med fransk Médaille de Reconnaissance 2. Kl. og med Røde Halvmaanes Medaille.

Blinkenberg, Christian Sørensen, Dr. phil., Professor i Arkæologi ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog, Kommandør af den spanske Isabella den Katholskes Orden.

Vedel, Valdemar, Dr. phil., Professor i almindelig Litteraturvidenskab ved Københavns Universitet, Ridder af St. Olavs Ordenen.

Sandfeld, Kristian, Dr. phil., Professor i romanske Sprog ved Københavns Universitet.

Sarauw, Christian Preben Emil, Dr. phil., Professor i tysk Sprog og Litteratur ved Københavns Universitet.

Bock, Johannes Carl, Dr. med., Professor i Farmakologi ved Københavns Universitet, Kommandør[2] af Dannebrog og Dannebrogsmand.

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

Hjelmslev, Johannes Trolle, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Københavns Universitet.

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

Petersen, Carl Georg Johannes, Dr. phil., & jur. & sc., Direktør for Dansk biologisk Station, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af den russiske St. Stanislausorden, Ridder af St. Olavs Ordenen og af Nordstjernen.

Poulsen, Valdemar, Dr. phil., Ingeniør, Kommandør[2] af Dannebrog, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld med Krone.

Bjerrum, Niels Janniksen, Dr. phil., Professor i Kemi ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Dannebrog, Ridder af St. Olavs Ordenen.

Fibiger, Johannes Andreas Grib, Dr. med., Professor i pathologisk Anatomi ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand.

Krogh, Schack August Steenberg, Dr. phil. & jur., Professor i Dyrefysiologi ved Københavns Universitet.

Nørlund, Niels Erik, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Københavns Universitet, Direktør for Gradmaalingen, Ridder af Nordstjernen.

Ostenfeld, Carl Emil Hansen, Dr. phil., Professor i Botanik ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog, Kommandør af Finlands hvide Rose, dekoreret med den tunesiske Nichan-el-Iftikhar Orden 2. Kl.

Bohr, Niels David Henrik, Dr. phil. & sc., Professor i theoretisk Fysik ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog, Ridder af St. Olavs Ordenen.

Grönbech, Vilh. Peter, Dr. phil. & theol., Professor extraord. i Religionshistorie ved Københavns Universitet.

Pedersen, Peder Oluf, Professor i Elektroteknik ved og Direktør for Polyteknisk Læreanstalt, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld, Kommandør af St. Olavs Ordenen.

Christensen, Arthur Emanuel, Dr. phil., Professor extraord. i iransk Filologi ved Københavns Universitet.

Bohr, Harald August, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Polyteknisk Læreanstalt.

Schmidt, Ernst Johannes, Dr. phil., Direktør for Carlsberglaboratoriets fysiologiske Afdeling, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Ridder af St. Olavs Ordenen, Officer af Æreslegionen og af den siamesiske Krone Orden, dekoreret med den tunesiske Nichan-el-Iftikhar Orden 3. Kl. og med den italienske Jordskælvsmedaille.

Wesenberg-Lund, Carl Jørgensen, Dr. phil., Professor extraord. i Ferskvandsbiologi ved Københavns Universitetet, Leder af Universitetets biologiske Ferskvands-Laboratorier.

Bøggild, Ove Balthasar, Professor i Mineralogi ved Københavns Universitet.

Hertzsprung, Ejnar, Dr. math. et phys., Professor, Underdirektør ved Observatoriet i Leiden.

Friis, Aage, Dr. phil., Professor Rostgardianus i nordisk Historie ved Københavns Universitet.

Poulsen, Frederik, Dr. phil., Inspektør ved Ny Carlsberg Glyptothek, Ridder af Nordstjernen og af Æreslegionen, Officier de l'instruction publique, dekoreret med den tunesiske Nichan-el-Iftikhar Orden 3. Kl.

Ellermann, Vilhelm, Dr. med., Professor i Retsmedicin ved Københavns Universitet.

Mortensen, Ole Theodor Jensen, Dr. phil., Inspektor ved Københavns Universitets Zoologiske Museum, Officer af den siamesiske Kroneorden.

Andersen, Vilhelm Rasmus Andreas, Dr. phil., Professor i nordisk Litteratur ved Københavns Universitet, Ridder af Dannebrog og Dannebrogsmand, Kommandør af St. Olavs Ordenen og af Nordstjernen.

Thalbitzer, Carl William, Docent i grønlandsk (eskimoisk) Sprog og Kultur ved Københavns Universitet.

Beckett, Francis, Dr. phil., Docent i Kunsthistorie ved Københavns Universitet, Direktør for den kgl. Afstøbningssamling, Ridder af den græske Frelserens Orden.

Pedersen, Johannes Peder Ejler, Dr. phil. & theol., Professor i semitisk-østerlandsk Filologi ved Københavns Universitet.

UDENLANDSKE MEDLEMMER

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

Leffler, Gösta Mittag-, Dr. phil., fh. Professor i Mathematik ved Højskolen i Stockholm, Kommandør[1] af Dannebrog og dekoreret med Fortjenstmedaillen i Guld med Krone.

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

Brefeld, Oscar, Dr. phil., Professor i Botanik og 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, fh. Professor i Mineralogi og Geologi ved Universitetet i Kristiania, Ridder af Dannebrog.

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

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

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

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

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

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

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

Pettersson, Otto, Dr. phil., fh. Professor i Kemi ved Stockholms Højskole, Kommandør[1] af Dannebrog.

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

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

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

Arrhenius, Svante, Dr. phil., fh. Professor i Fysik ved Højskolen i Stockholm, Direktør for Nobelinstitutets Afdeling for fysikalsk Kemi, Kommandør[2] af Dannebrog.

Kock, Axel, Dr. phil., fh. Professor i nordiske Sprog ved Universitetet i Lund, Kommandør[2] af Dannebrog.

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

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

Hildebrandsson, H. H., fh. Professor i Meteorologi og Geografi ved Universitetet i Upsala, Kommandør[1] af Dannebrog.

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

Théel, Hjalmar, Dr. phil., fh. Professor og Intendant ved Riksmuseets Evertebratafdeling i Stockholm.

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

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

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

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

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

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

Eriksson, Jakob, Dr. phil., fh. 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.

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

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

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

Vinogradof, 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.

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

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

Geikie, Sir Archibald, Geolog og Mineralog i London.

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., Professor 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.

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

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

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

Cumont, Franz, Dr. phil., Religionshistoriker, Paris.

Schäfer, Dietrich, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Berlin, Kommandør[2] af Dannebrog.

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, Paris.

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 München.

Setälä, E. N., Dr. phil., fh. Senator, 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.

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

Hægstad, Marius, Professor i det norske Landsmaal og dets Dialekter ved Universitetet i Kristiania.

Nilsson, Martin P., Dr. phil., Professor i klassisk fornkunskap og antikens historia ved Universitetet i Lund.

Olsen, Magnus Bernhard, Dr. phil., Professor i oldnorsk og islandsk Sprog og Litteratur ved Universitetet i Kristiania.

Falk, Hjalmar S., Dr. phil., Professor i germansk Filologi ved Universitetet i Kristiania.

Lundell, J. A., Dr. phil., fh. Professor i de slaviske Sprog ved Universitetet i Upsala.

Danielsson, Olof August, Dr. phil., Professor i græsk Sprog og Litteratur ved Universitetet i Upsala.

De Geer, Gerard Jacob, Friherre, Dr. phil., Professor i Geologi ved Højskolen i Stockholm.

Andreas, Friedrich Christian, Dr. phil., Professor i orientalsk Filologi ved Universitetet i Göttingen.

Arnim, Hans v., Dr. phil., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Wien.

Brunot, Ferdinand-Eugène, Professor i fransk Sprog ved Sorbonne i Paris.

Grierson, Sir George A., M. A., Dr. phil., Orientalist.

Hanotaux, Gabriel, fh. fransk Udenrigsminister, Medlem af det franske Akademi, Historiker.

Janet, Pierre, Professor i Psykologi ved Collège de France i Paris.

Lindsay, Wallace M., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i St. Andrews.

Maier, Heinrich, Dr. phil., Professor i Filosofi ved Universitetet i Heidelberg.

Meillet, Antoine, Professor i sammenlignende Sprogvidenskab ved Collège de France i Paris.

Pirenne, Henri, Professor i Historie ved Universitetet i Gand.

Rajna, Pio, Professor i romansk Filogi ved Reale Istituto di Studi superiori i Firenze.

Thomas, Antoine, Professor i romansk Filologi ved Sorbonne og Directeur d'études ved École pratique des Hautes Études i Paris, Medlem af det franske Institut.

Vitelli, Girolamo, Professor i klassisk Filologi ved Reale Istituto di Studi superiori i Firenze.

Birkhoff, George A., Professor i Mathematik ved Harvard University, Cambridge, Mass.

Bordet, Jules, Dr. phil., Direktør for Institut Pasteur i Bruxelles.

Curie, Marie, f. Sklodowska, Dr. phil., Professor i Fysik ved Sorbonne i Paris.

Einstein, Albert, Dr. phil., Professor i theoretisk Fysik ved Kaiser-Wilhelm-Institutet i Berlin.

Kamerlingh Onnes, Heike, Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet i Leiden.

Lacroix, Alfred, Professor i Mineralogi ved Museum d'histoire naturelle i Paris.

Lebesgue, Henri, Professor i Mathematik ved Collège de France i Paris.

Meyer, Hans, Dr. med., Professor i Farmakologi ved Universitetet i Wien.

Planck, Max, Dr. phil., Professor i theoretisk Fysik ved Universitetet i Berlin.

Richards, Theodore Will., Professor i Kemi ved Harvard University, Cambridge, Mass.

Roux, Émile, Dr. phil., Direktør for Institut Pasteur i Paris, Storkors af Dannebrog.

Rutherford, Sir Ernest, Professor i Fysik ved Universitetet i Cambridge, England.

Thomson, Sir Joseph John, fh. Professor i Fysik ved Universitetet i Cambridge, England.

Wiedemann, E., Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet i Erlangen.

Willstätter, Richard M., Dr. phil., Professor i Kemi ved Universitetet i München.

Bradley, Francis Herbert, Dr., Fellow of Merton College i Oxford.

Cuny, Albert, Professor i latinsk Sprog og sammenlignende Sprogvidenskab ved Universitetet i Bordeaux.

Evans, Sir Arthur J., Professor i Arkæologi ved Universitetet i Oxford.

Meinecke, Friedrich, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Berlin.

Müller, Friedrich Wilhelm Karl, Professor, Dr. phil., Afdelingsdirektør ved Museum für Völkerkunde i Berlin.

Pottier, Edmond, Konservator ved Museum du Louvre i Paris.

Lindelöf, Ernst, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Helsingfors.

Nilsson-Ehle, Herman, Dr. phil. & med., Professor i Arvelighedslære ved Universitetet i Lund.

Allen, Edgar Johnson, Dr. Direktør for Marine Biological Association's Laboratorium i Plymouth.

Barcroft, Joseph, Lecturer i Fysiologi ved Universitetet i Cambridge, England.

Bateson, William, Professor, Direktør for »John Innes Horticultural Institution«, Merton Park, London.

Bayliss, William Maddock, Professor i almindelig Fysiologi ved University College i London.

Beijerinck, Martinus Willem, Dr., Professor i Mikrobiologi ved den tekniske Højskole i Delft.

Bragg, Sir William Henry, Professor i Fysik ved University College i London.

Davis, William Morris, Professor i Geologi og Geografi ved Harvard University, Cambridge, Mass.

Landau, Edmund, Dr. phil., Professor i Mathematik ved Universitetet i Göttingen.

Morgan, Thomas Hunt, Dr., Professor i Zoologi ved Columbia University i New York.

Morgenroth, Julius, Professor, Dr., Afdelingsdirektør ved Institut »Robert Koch« i Berlin.

Smith, Theobald, Dr., Chef for Department of Animal Pathology ved Rockefeller Institute of Medical Research, Princeton, U. S. A.

Thaxter, Roland, Dr., fh. Professor i Botanik ved Harvard University, Cambridge, Mass.

VOLTERRA, VITO, Senator, Professor i theoretisk Astronomi og mathematisk Fysik ved Universitetet i Rom.

WASSERMANN, AUGUST v., Professor, Dr., Leder af Kaiser-Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie ved Berlin.

WEBER, MAX, Professor, Direktør for Zoologisk Museum i Amsterdam.

WINKLER, HANS, Professor, Direktør for Botanisk Have i Hamburg.

KOHT, HALVDAN, Dr. phil., Professor i Historie ved Universitetet i Kristiania.

HEUSLER, ANDREAS, Dr. phil. & jur., Professor i germansk Filologi ved Universitetet i Basel.

SNOUCK HURGRONJE, CHRISTIAAN, Dr., Professor i arabisk Sprog og Islam ved Universitetet i Leiden.

APPELL, PAUL, Professor i analytisk og kosmisk Mekanik ved Sorbonne i Paris.

HERTWIG, RICHARD, Dr., Professor i Zoologi ved Universitetet i München.

LE COQ, ALBERT v., Professor, Dr. phil., Kustos ved Museum für Völkerkunde i Berlin.

CHARLIER, CARL VILHELM LUDVIG, Professor i Astronomi ved Universitetet i Lund.

FORSSMAN, MAGNUS JOHN CARL AUGUST, Dr. med., Professor i almindelig Pathologi ved Universitetet i Lund.

FÜRST, CARL MAGNUS, fh. Professor i Anatomi ved Universitetet i Lund, Ridder af Dannebrog.

BATHER, FRANCIS ARTHUR, Dr., Keeper ved British Museum (Natural History) i London.

BOWER, FREDERICK ORPEN, Professor i Botanik ved Universitetet i Glasgow.

BROWNE, EDWARD GRANVILLE, Professor i Arabisk ved Universitetet i Cambridge.

GARDINER, ALAN HENDERSON, Dr., Ægyptolog, London.

JAEGER, WERNER W., Professor i klassisk Filologi ved Universitetet i Berlin.

STERN, ALFRED, Professor i almindelig Historie ved Eidgenössische Technische Hochschule i Zürich.

HARDY, GODFRED HAROLD, Professor i Mathematik ved Universitetet i Oxford.

DIE RHODANIDE DES GOLDES

UND DAS FREIE RHODAN

MIT EINEM ANHANG ÜBER DAS GOLDCHLORID

VON

NIELS BJERRUM UND AAGE KIRSCHNER

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, NATURVIDENSK. OG MATHEM. AFD., 8. RÆKKE, V. 1

KØBENHAVN

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

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1918

In der vorliegenden Arbeit werden die Rhodanide des Goldes untersucht. Diese Verbindungen sind alle komplex, und sie verbinden eine grosse Komplexität mit einer kleinen Robustheit, d. h. sie besitzen trotz geringer Abspaltung von Goldionen eine grosse Reaktionsgeschwindigkeit bei Doppeldekompositionen. Die Goldrhodanide haben uns interessiert, erstens als Vertreter von stark komplexen, aber nur wenig robusten Salzen und zweitens, weil sie Untersuchungen über die Umwandlungen der verschiedenen Oxydationsstufen eines Metalles ineinander erlaubt haben. Unsere Untersuchungen über das Verhalten des Aurirhodanids haben uns dazu geführt, in diesen Lösungen die Existenz des freien Rhodans anzunehmen, und wir haben eine Reihe Eigenschaften dieses freien Rhodans bestimmt.

In dem ersten Abschnitt dieser Arbeit wird eine Übersicht über den Gang und die Resultate unserer Untersuchungen gegeben, und in den folgenden Abschnitten werden die experimentellen Einzelheiten ausführlicher mitgeteilt.

I. Ubersicht.

Feste goldrhodanidhaltige Verbindungen. Die Goldrhodanide sind bisher nur wenig untersucht worden, was um so merkwürdiger ist, als sie in verschiedenen Weisen technische Anwendung gefunden haben, z. B. zur Tönung von photographischen Kopien. Die einzige grössere Arbeit über die Goldrhodanide ist die 1863 von P. T. Cleve[1]) publizierte.

Cleve hat sich hauptsächlich mit der Darstellung von festen Verbindungen beschäftigt. Nach ihm ist es nicht möglich, die einfachen Goldrhodanide selbst in fester Form darzustellen. Dagegen kann man leicht aus Kaliumrhodanid und Goldchlorid ein Doppelsalz mit der Zusammensetzung, $AuRh_3$, KRh, gewinnen. Dieses Kaliumaurirhodanid ist ziegelrot und schwerlöslich in kaltem Wasser; in heissem Wasser wird es leicht aufgenommen, aber nur unter gleichzeitiger Zersetzung; denn durch Eindampfen der gelben Lösung erhält man nicht Kaliumaurirhodanid, sondern ein unreines Gemenge, in welchem es Cleve gelang, ein leichtlösliches Doppelsalz von Aurorhodanid und Kaliumrhodanid, das Kaliumaurorhodanid, $AuRh$, KRh, nachzuweisen.

[1]) Öfversigt af Kgl. Vet.-Akad. Förh. **20**, 233 (1863). Auszug in: Journ. f. prakt. Chem. **94**, 14 (1865).

Im Laufe unserer Untersuchungen haben wir sowohl das CLEVE'sche Kaliumaurirhodanid wie analog zusammengesetzte Doppelsalze von Ammonium und Natrium dargestellt und analysiert. Diese Salze werden leicht aus den entsprechenden Rhodaniden durch Zusatz von Aurichlorid gewonnen, wenn man nur mit Überschuss von Rhodanid und in saurer Lösung arbeitet, um Zersetzung zu verhindern. Das Ammoniumaurirhodanid ist ebenso schwerlöslich wie das Kaliumsalz; aber das Natriumaurirhodanid ist bedeutend leichter löslich, wenn auch nicht leicht löslich. Für das Kaliumsalz ist das Löslichkeitsprodukt ca. $8 \cdot 10^{-5}$ und für das Natriumsalz ca. $2 \cdot 10^{-3}$. Eine ähnliche Löslichkeit wie das Natriumsalz besitzt das Baryumsalz, das wir jedoch nicht analysiert haben. Auch das entsprechende Wasserstoffaurirhodanid, HRh, $AuRh_3$, $2\,H_2O$, haben wir in schön krystallinischer Form gewonnen. Es krystallisiert mit zwei Molekülen Wasser. Man kann diese Säure aus einer salzsauren Lösung von Natriumrhodanid und Aurichlorid mit Äther ausschütteln und durch Eindampfen der ätherischen Schicht in krystallinischer Form gewinnen.

Für das CLEVE'sche Kaliumaurorhodanid haben wir eine neue und bessere Darstellungsweise gefunden. Aus einer salzsauren Lösung von Natriumrhodanid und Aurichlorid wird durch Reduktion mit Natriumsulfit eine aurorhodanidhaltige Lösung gewonnen; hieraus wird mit Äther das Wasserstoffaurorhodanid ausgeschüttelt, und durch Neutralisation der ätherischen Lösung mit Kaliumbikarbonat wird das Kaliumaurorhodanid gewonnen. In dieser Weise dargestellt ist es schneeweiss, während CLEVE es als strohgelb bezeichnet; wir schliessen hieraus, dass er es nicht rein in Händen gehabt hat. Durch Neutralisation der ätherischen Schicht mit Ammoniak haben wir das entsprechende Ammoniumaurorhodanid erhalten.

Aus der ätherischen Lösung von Wasserstoffaurorhodanid wird durch längeres Behandeln mit Überschuss von Ammoniak das schon von CLEVE dargestellte Monamminoaurorhodanid, $AuNH_3Rh$, in Form eines schneeweissen Niederschlags gewonnen. In dieser Weise kann man diese Verbindung leicht rein und in grosser Menge erhalten, während CLEVE sie nur in ganz kleiner Menge dargestellt hat.

Darstellung von goldrhodanidhaltigen Lösungen. Wenn man Natriumrhodanid in verdünnter Salzsäure löst und Aurichlorid in geringer Menge zufügt, so erhält man eine rotbraune Lösung, in welcher das Gold als ein rotbrauner Aurirhodanidkomplex vorhanden ist. Die rote Farbe stellt sich augenblicklich mit voller Stärke ein, und man kann daraus schliessen, dass die Rhodanionen momentan Chlorionen aus dem Aurichloridkomplex austreiben. Zur Darstellung von aurirhodanidhaltigen Lösungen sind Kaliumrhodanid und Ammoniumrhodanid wegen der Schwerlöslichkeit von Kalium- und Ammoniumaurirhodanid nicht so geeignet wie Natriumrhodanid und Baryumrhodanid.

Die rotbraunen Aurirhodanidlösungen können durch vorsichtigen Zusatz von Natriumsulfit entfärbt werden; hierdurch wird der rote Aurirhodanidkomplex zu einem farblosen Aurorhodanidkomplex reduziert, und man erhält in dieser Weise leicht aurorhodanidhaltige Lösungen. Die Entfärbung geht so glatt und schnell vor sich, dass man mit guter Genauigkeit die Menge von Aurigold in einer rhodanidhaltigen Lösung durch Titration mit einer verdünnten Lösung von Natriumsulfit bis zur Entfärbung bestimmen kann (Sulfittitrierung).

Zusammensetzung und Komplexität der farblosen Aurorhodanidkomplexe. Um den

Zustand des Goldes in den farblosen Aurorhodanidlösungen zu bestimmen, haben wir das elektrische Potential einer Goldelektrode, die in eine solche Lösung eintaucht, gemessen. Es zeigte sich dabei, dass dieses Potential mit der Aurogoldkonzentration, $[Au^I]$, und der Rhodanionenkonzentration, $[Rh^-]$, nach der folgenden Formel variiert:

$$E_h = 0{,}689 + 0{,}058 \log \frac{[Au^I]}{[Rh^-]^2}.$$

Das Potential ist hier in Volt angegeben, und der Index h deutet an, dass das Potential gegen eine Normal-Wasserstoffelektrode gemessen wird. Aus der Form des zweiten Gliedes kann man nach BODLÄNDER[1]) schliessen, dass das Gold in der Lösung als Dirhodanoauroat-Ion, $Au\,Rh_2^-$, vorhanden ist. Die Potentialmessungen geben uns aber nicht nur die Zusammensetzung, sondern auch die Komplexität des Aurorhodanidkomplexes; denn der Zahlenwert des ersten Gliedes, 0,689, das sogenannte Normalpotential Gold-Aurorhodanid, ist ein Mass der Affinität zwischen Gold und Rhodan in dem Komplex. Je kleiner das Normalpotential für einen Aurokomplex ist, um so grösser ist seine Komplexität.

Um aus dem Normalpotential die Komplexitätskonstante des Aurorhodanids,

$$K = \frac{[Au\,Rh_2^-]}{[Au^+] \cdot [Rh^-]^2},$$

berechnen zu können, muss man das Normalpotential Gold-Auroion kennen. Nach ABEGG und CAMPBELL[2]) ist dieses Normalpotential ca. 1,5. Sie haben gefunden, dass Aurooxyd in konzentrierter Salpetersäure ein wenig löslich ist, und haben das Potential einer Goldelektrode in solchen Lösungen gemessen. Aus ihren Messungen haben sie den Wert des Normalpotentials Gold-Auroion berechnet, unter der Annahme, dass alles Gold in der Lösung als Auroion vorhanden ist, und dass der potentialbestimmende Vorgang die Entladung dieser Auroionen ist. Schon die erste Annahme ist wohl sehr zweifelhaft, und was die zweite betrifft, so haben wir für eine platinierte Platinelektrode in goldfreier Salpetersäure ähnliche Potentialwerte gefunden, wie ABEGG und CAMPBELL für eine Goldelektrode in der goldhaltigen Salpetersäure. In Tabelle 1 sind unsere Messungen mit denjenigen von ABEGG und CAMPBELL zusammengestellt.

Tabelle 1.

Potential von Pt oder $Au \mid HNO_3 \mid$ gesätt. $NH_4NO_3 \mid$ 1 m KCl, $HgCl \mid Hg$ bei 25°.

Konz. von HNO_3	Au in HNO_3 mit Au_2O gesättigt. A. u. C.	Pt in goldfreier HNO_3 K. u. B.
11,66 n	0,998 Volt	0,973
7,76 n	0,901 -	0,913
3,32 n	0,835 -	0,800

[1]) DEDEKIND-Festschrift, Braunschweig 1901, 151. Ber. deut. chem. Ges. **36**, 3933 (1903).
[2]) Zeitschr. für Elektrochemie **13**, 440 (1907). Trans. Faraday Soc. **3**, Mai 1907.

Wir schliessen aus der annähernden Übereinstimmung zwischen den beiden verschiedenen Messungsreihen, dass das von ABEGG und CAMPBELL gemessene Potential einfach das Oxydationspotential der Salpetersäure ist. Hiernach ist das Normalpotential Gold-Auroion noch nicht bekannt, und wir können also aus dem Normalpotential Gold-Aurorhodanid die Komplexitätskonstante des Aurorhodanids noch nicht berechnen.

Mit Hilfe des Normalpotentials Gold-Aurorhodanid kann man aber trotzdem die Komplexität des Aurorhodanids mit denen anderer Aurokomplexe vergleichen, für welche die Normalpotentiale gegen Gold bekannt sind. Mit Hilfe des von BODLÄNDER gemessenen Normalpotentials Gold-Aurocyanid, — 0,611, haben wir z. B. berechnet, dass die Komplexitätskonstante des Dirhodanoauroatkomplexes $10^{22,4}$mal kleiner ist als die des Dicyanoauroatkomplexes.

Zusammensetzung und Komplexität der rotbraunen Aurirhodanidkomplexe. Um den Zustand des Goldes in den rotbraunen Aurirhodanidlösungen zu bestimmen, war es notwendig, etwas anders als bei Aurorhodanid zu verfahren. Das Potential Gold-Aurirhodanid ist nämlich nicht direkt messbar, weil Gold in Aurirhodanid unter Bildung von Aurorhodanid gelöst wird. Wir haben das Potential einer Platinelektrode gemessen, die in eine gemischte Lösung von Aurorhodanid und Aurirhodanid eintaucht. Das Platin wirkt hier als indifferente Elektrode, und man misst das Potential Aurorhodanid-Aurirhodanid. Für dieses Potential wurde gefunden:

$$E_h = 0{,}645 + \frac{0{,}058}{2} \log \frac{[Au^{III}]}{[Au^{I}] \cdot [Rh^-]^2}.$$

Hier bedeutet $[Au^{III}]$ die molare Konzentration des Aurigoldes. Diese Formel zeigt, dass der Aurirhodanidkomplex zwei Rhodangruppen mehr enthält als der Aurorhodanidkomplex; da der Aurorhodanidkomplex die Formel $AuRh_2^-$ besitzt, muss somit der Aurirhodanidkomplex die Formel $AuRh_4^-$ besitzen, und als chemische Gleichung des Elektrodenvorganges ergibt sich:

$$AuRh_4 + 2\,\theta = AuRh_2^- + 2Rh^-,$$

wenn man ein negatives Elektron mit θ bezeichnet.

Die Grösse 0,645 wird das Normalpotential Aurorhodanid-Aurirhodanid genannt.

Um für die Komplexität des Aurirhodanids ein Mass zu erhalten, muss man das Normalpotential Gold-Aurirhodanid kennen. Dieses Potential ist, wie oben bemerkt wurde, nicht direkt messbar; man kann es aber nach einem Verfahren von LUTHER[1]) aus den Normalpotentialen Gold-Aurorhodanid (0,689) und Aurorhodanid-Aurirhodanid (0,645) berechnen, und wir haben in dieser Weise den Wert 0,660 gefunden.

$$3E_h = 0{,}689 + 2 \cdot 0.645; \quad E_h = 0{,}660.$$

Diese Berechnungsweise beruht darauf, dass die elektrische Energie, die zur Bildung von Aurirhodanid aus Gold und Rhodanionen notwendig ist, dieselbe sein muss, sei es dass das Aurirhodanid über die Zwischenstufe Aurorhodanid oder direkt gebildet wird.

[1]) Zeitschr. physik. Chem. **36**, 385 (1901).

Aus dem Normalpotential Gold-Aurirhodanid ist es nicht möglich, die Komplexitätskonstante des Aurirhodanidkomplexes,

$$K = \frac{[AuRh_4^-]}{[Au^{+++}] \cdot [Rh^-]^4},$$

zu berechnen, da das Normalpotential Gold-Auriion zur Zeit nicht bekannt ist. Wir können aber mit seiner Hilfe die Komplexität des Aurirhodanids mit der anderer Aurikomplexe vergleichen. Um einen solchen Vergleich ausführen zu können, haben wir das Normalpotential Gold-Aurichlorid gemessen[1]); es beträgt 1,001. Hieraus berechnet man, dass die Komplexitätskonstante des Aurirhodanids $10^{17,7}$mal grösser ist als die des Aurichlorids.

Aus unseren Potentialmessungen können wir schliessen, dass das Aurirhodanid in den angewandten Lösungen als Tetrarhodanoauriation vorhanden ist. In diesen Lösungen war die Rhodanionenkonzentration 0,1 bis 0,4 molar und die Wasserstoffionenkonzentration ca. 1 molar. Durch spektrophotometrische Messungen und Löslichkeitsbestimmungen von Natriumaurirhodanid haben wir gefunden, dass bei höheren Rhodanionenkonzentrationen rhodanreichere Komplexe gebildet werden, und dass diese bei einer Rhodanionenkonzentration von 2 bis 4 molar überwiegen. Aus spektrophotometrischen Messungen von Lösungen mit kleinerer Rhodanionenkonzentration und Wasserstoffionenkonzentration glauben wir weiter schliessen zu dürfen, dass der Tetrarhodanoauriatkomplex in solchen Lösungen unter Abspaltung von Salzsäure und Bildung von hydroxylhaltigen Komplexen hydrolysiert wird, z. B.:

$$AuRh_4^- + H_2O = AuRh_3(OH)^- + H^+ + Rh^-$$
$$AuRh_3(OH)^- + H_2O = AuRh_2(OH)_2^- + H^+ + Rh^-.$$

Diese Hydrolyse scheint doch erst gross zu werden, wenn das Produkt der Wasserstoffionenkonzentration und der Rhodanionenkonzentration kleiner als 0,01 wird. Für den Dirhodanoauroatkomplex tritt eine ähnliche Hydrolyse erst viel später ein; in rhodanionenreicher Lösung ist sie noch beim Umschlagspunkt des Phenolphtaleins nicht merkbar; denn man kann in Gegenwart von reichlichem Rhodanid den Säuregehalt einer Aurorhodanidlösung mit Phenolphtalein als Indikator titrieren.

Über die Unbeständigkeit der Goldrhodanide. Alle goldrhodanidhaltigen Lösungen sind unbeständig. Sie scheiden je nach den äusseren Umständen nach kürzerer oder längerer Zeit das Gold in metallischer Form aus. Wir haben gefunden, dass bei dieser Zersetzung hauptsächlich zwei Vorgänge wirksam sind, erstens eine nicht umkehrbare Autoreduktion nach dem Schema:

$$3AuRh_4^- + 4H_2O \rightarrow 3AuRh_2^- + 5HRh + HCN + H_2SO_4$$

und zweitens eine umkehrbare Goldausscheidung aus Aurorhodanid unter gleichzeitiger Bildung von Aurirhodanid:

$$3AuRh_2^- \rightleftarrows 2Au + AuRh_4^- + 2Rh^-.$$

[1]) Vgl. den Anhang dieser Abhandlung.

Durch das Zusammenspiel dieser beiden Vorgänge entstehen die oft recht verwickelten Verhältnisse, die sich bei der Zersetzung der Goldrhodanide zeigen. Wir haben diese beiden Vorgänge einer ausführlichen Untersuchung unterworfen.

Die Autoreduktion. In verdünnter Lösung bei gewöhnlicher Temperatur geht die Goldausscheidung so langsam vor sich, dass man die Autoreduktion des Aurirhodanids untersuchen kann, ohne durch Goldausscheidung gestört zu werden. Wir haben deshalb die oben angegebene Gleichung für die Autoreduktion durch gewichtanalytische Schwefelsäurebestimmungen und durch massanalytische Säurebestimmungen verifizieren können.

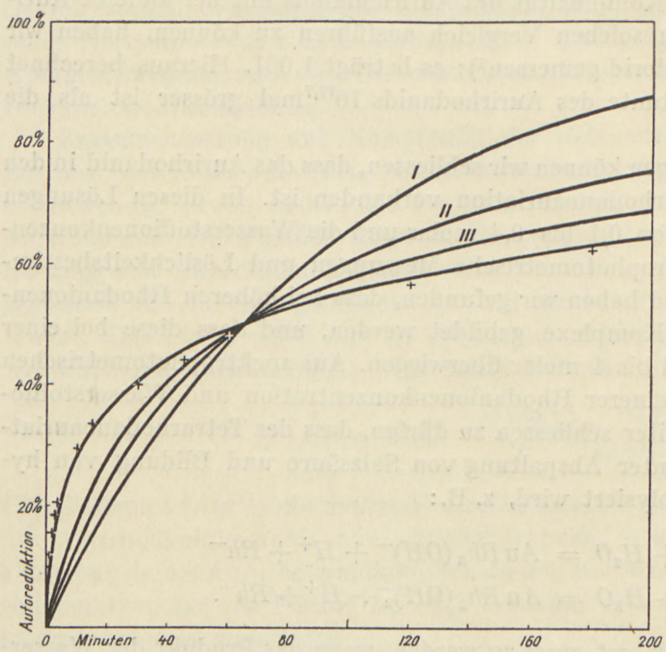


Fig. 1. Die Autoreduktion in 0,004 m $HAuCl_4$, 0,3 m $NaRh$, 0,1 m HCl bei 18°.

Den zeitlichen Verlauf der Autoreduktion kann man verfolgen, indem man beobachtet, wie die rotbraune Farbe des Aurirhodanids nach und nach schwächer wird. Besser ist es aber, das noch vorhandene Aurirhodanid durch Sulfittitrierung zu bestimmen, und in dieser Weise haben wir die meisten unserer Messungen ausgeführt. In Fig. 1 ist als Beispiel der Verlauf in 0,004 m $HAuCl_4$, 0,3 m $NaRh$, 0,1 m HCl [1]) aufgezeichnet; die einzelnen experimentellen Bestimmungen sind durch kleine Kreuze markiert. Der Reaktionsverlauf stimmt gar nicht mit den gewöhnlichen Verläufen für mono-, di- und trimolekulare Reaktionen, die in der Figur durch die Kurven I, II und III angegeben sind. Für die Autoreduktion nimmt die Geschwindigkeit mit der Zeit viel schneller ab als für mono- und di-, ja selbst trimolekulare Reaktionen. Wir entdeckten bald, dass diese schnelle Geschwindigkeitsabnahme damit in Verbindung stand, dass das gebildete Aurorhodanid hemmend wirkte; denn wir konnten durch Zusatz von Aurorhodanid die Geschwindigkeit schon von Anfang an weit hinunterdrücken. Eine solche Hemmung würde leicht verständlich sein, wenn der Vorgang umkehrbar wäre; da der Vorgang aber sicher einseitig verläuft, indem Schwefelsäure und Cyanwasserstoff nicht Aurorhodanid zu Aurirhodanid oxydieren können, muss man hierfür eine besondere Erklärung finden.

[1]) Die Zusammensetzung von gemischten Lösungen wird durch die Konzentrationen angegeben, die die zusammengemischten Körper in der Lösung besitzen würden, wenn sie nicht miteinander reagierten.

Lange gelang es trotz vieler Bemühungen nicht, eine befriedigende Erklärung zu finden, ja es gelang nicht einmal, eine empirische Formel aufzustellen, die den zeitlichen Verlauf in allen untersuchten Lösungen darstellen konnte. Erst nachdem wir durch fortgesetzte Untersuchungen entdeckt hatten, dass der Aurirhodanidkomplex nach der Gleichung

$$AuRh_4^- = AnRh_2^- + Rh_2$$

etwas dissoziiert ist, gelang es, das Rätsel zu lösen.

Die Dissoziation des Aurirhodanids zu Aurorhodanid und Rhodan. Das erste Anzeichen einer Dissoziation von Aurirhodanid unter Bildung von Aurorhodanid wurde durch einige Potentialmessungen von Platinelektroden in frischen Aurirhodanidlösungen erhalten. Aus der Messung des Potentials einer Platinelektrode kann man nach der Formel auf Seite 6 das Verhältnis zwischen Aurorhodanid und Aurirhodanid in der Lösung berechnen. Unsere Potentialmessungen zeigten nun, dass in den untersuchten frischen Aurirhodanidlösungen 10 bis 20 % des Goldes als Aurorhodanid vorhanden waren. Da in denselben Lösungen, nach Sulfittitrierungen zu urteilen, alles Gold als Aurirhodanid vorhanden war, wurden wir zu der Annahme geführt, dass das elektrometrisch nachweisbare Aurorhodanid durch eine umkehrbare Dissoziation aus dem Aurirhodanid gebildet sein musste; denn nur dann bleibt das elektrometrisch nachweisbare Aurorhodanid bei der Sulfittitrierung unentdeckt.

Diese Dissoziationshypothese haben wir durch spektrophotometrische Messungen bestätigen können. Nach der Hypothese muss die Farbe einer Aurirhodanidlösung durch Zusatz von Aurorhodanid stärker werden; denn das Aurorhodanid muss die Dissoziation des Aurirhodanids zurückdrängen. Wir haben diese Zunahme der Farbstärke festgestellt und haben aus ihr ähnliche Werte für die Dissoziation des Aurirhodanids berechnet wie nach den Potentialmessungen. Tabelle 2 enthält die nach den zwei verschiedenen Verfahren berechneten Dissoziationsgrade.

Tabelle 2.

Dissoziation von Aurirhodanid nach der Gleichung $AuRh_4^- = AuRh_2^- + Rh_2$.

mol. Konz.	spektrophotometrisch	elektrometrisch I	elektrometrisch II
0,001	—	16,1 %	—
0,002	14,4 %	12,5 %	17,6 %
0,004	—	9,9 %	11,2 %
0,005	9,5 %	—	—

Unsere Versuche ergeben als unmittelbares Resultat, dass das eine Dissoziationsprodukt von dem Tetrarhodanoauriation das Dirhodanoauroation ist. Das zweite Dissoziationsprodukt muss die Zusammensetzung Rh_2 besitzen und muss also das bisher unbekannte freie Rhodan sein[1]). Wir haben diesen Schluss daraus gezogen, dass der

[1]) Nach Abschluss dieser Arbeit, deren Resultate der königl. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften in der Sitzung 8. Febr. 1918 vorgelegt wurden, ist die Darstellung des freien Rhodans in einer Inaugural-Dissertation, Upsala April 1918, von Söderbäck beschrieben worden.

Dissoziationsgrad von der Wasserstoffionenkonzentration und der Rhodanionenkonzentration unabhängig ist, wie man aus Tabelle 3 ersehen kann.

Tabelle 3.

Dissoziationsgrad von Aurirhodanid nach der Gleichung: $AuRh_4^- = AuRh_2^- + Rh_2$.

	0,002 m $HAuCl_4$	0,005 m $HAuCl_4$
0,056 m $NaRh$, 1 m HCl	14,2 %	11,7 %
0,14 m — 1 m —	14,4 %	9,7 %
0,28 m — 1 m —	14,7 %	9,4 %
0,28 m — 0,5 m —	—	6,8 %
0,28 m — 0,2 m —	—	9,8 %

Daraus folgt nämlich, dass Wasserstoffionen und Rhodanionen bei der Dissoziation weder gebildet noch verbraucht werden. Da weiter der Dissoziationsgrad sich mit der Aurirhodanidkonzentration nach dem Ostwald'schen Verdünnungsgesetz, $C \cdot \frac{\alpha^2}{1-\alpha} = K$, ändert, können wir schliessen, dass der Aurirhodanidkomplex, $AuRh_4^-$, nur in zwei Teile dissoziiert wird; da der eine Teil der Aurorhodanidkomplex, $AuRh_2^-$, ist, muss der zweite Teil das freie Dirhodan, Rh_2, sein (oder möglicherweise ein Hydrat davon). Für die Dissoziationskonstante des Aurirhodanids haben wir als Mittel aus unseren Messungen den Wert $0{,}49 \cdot 10^{-4}$ berechnet. Es gilt also:

$$\frac{[AuRh_2^-] \cdot [Rh_2]}{[AuRh_4^-]} = 0{,}49 \cdot 10^{-4}.$$

Die Deutung des Verlaufes der Autoreduktion. Da das freie Rhodan bisher nicht entdeckt worden war, musste es ohne Zweifel recht unbeständig sein; es lag daher nahe, anzunehmen, dass die Autoreduktion des Aurirhodanids durch diese Unbeständigkeit des freien Rhodans verursacht wurde. Man sieht leicht ein, dass diese Annahme jedenfalls qualitativ den anomalen Reaktionsverlauf der Autoreduktion erklären kann. Wenn die Reaktion fortschreitet, bildet sich Aurorhodanid; hierdurch wird die Dissoziation des Aurirhodanids zurückgedrängt, und die Menge des freien Rhodans nimmt stark ab. Wenn also die Autoreduktion über das freie Rhodan verläuft, so wird hiernach die grosse Verminderung der Geschwindigkeit bei fortschreitender Autoreduktion leicht verständlich, und man versteht weiter auch die hemmende Wirkung eines Zusatzes von Aurorhodanid. Wenn man den Ansatz macht, dass die Zersetzungsgeschwindigkeit des Rhodans der zweiten Potenz der Rhodankonzentration proportional ist, und wenn man die Rhodankonzentration nach der oben aufgestellten Dissoziationsgleichung berechnet, erhält man sogleich die früher vergebens gesuchte Formel des zeitlichen Verlaufs der Autoreduktion. Den Grad der gefundenen Übereinstimmung kann man aus Figur 1, Seite 8 ersehen. Wenn man für die Geschwindigkeitskonstante bei der Zersetzung des Rhodans den Wert 3600 benutzt, erhält man für den Verlauf der Autoreduktion die 4. Kurve die sich den Messungsresultaten mit genügender Annäherung anschmiegt. Eine ähnliche Übereinstimmung fanden wir bei der Berechnung unserer anderen Versuche.

Die Autoreduktion wird von Wasserstoffionen und Rhodanionen sehr stark gehemmt, und deshalb ist auch die Geschwindigkeitskonstante, die man für die Zersetzung des Rhodans aus unseren Autoreduktionsmessungen berechnet, um so kleiner, je grösser die Wasserstoffionenkonzentration und die Rhodanionenkonzentration sind. Sie ist annähernd den Quadraten von diesen Konzentrationen umgekehrt proportional. Unsere Messungen der Geschwindigkeit der Autoreduktion bei 18° können mit grober Annäherung in folgende Formel zusammengefasst werden:

$$-\frac{d[Au^{III}]}{dt} = 5 \cdot \frac{[Rh_2]^2}{[H^+]^2 \cdot [Rh^-]^2}.$$

Es ist leicht, eine einfache Erklärung dieser Formel zu finden. Wir brauchen nur anzunehmen, dass das freie Rhodan analog dem Chlor nach der Gleichung:

$$Rh_2 + H_2O = RhOH + Rh^- + H^+$$

etwas hydrolysiert ist. Die Verbindung $RhOH$ können wir passend unterrhodanige Säure nennen. Wenn dieses Hydrolysengleichgewicht sich momentan einstellt, und die Autoreduktion in der Weise vor sich geht, dass zwei Moleküle unterrhodanige Säure miteinander reagieren, muss die Geschwindigkeit der zweiten Potenz der Konzentration der unterrhodanigen Säure proportional sein:

$$-\frac{d[Au^{III}]}{dt} = k' \cdot [RhOH]^2. \qquad (1)$$

Nach dem Massenwirkungsgesetz gilt:

$$\frac{[RhOH] \cdot [Rh^-] \cdot [H^+]}{[Rh_2]} = K. \qquad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt durch Elimination von $[RhOH]$:

$$-\frac{d[Au^{III}]}{dt} = k' \cdot K^2 \cdot \frac{[Rh_2]^2}{[H^+]^2 \cdot [Rh^-]^2},$$

d. h. ein Ausdruck von der gewünschten Form.

Nachdem wir durch unsere kinetischen Untersuchungen zu dem Resultate gekommen sind, dass der geschwindigkeitsbestimmende Vorgang eine Reaktion zwischen zwei Molekülen unterrhodanige Säure ist, haben wir weiter zu erwägen, was aus diesen zwei Molekülen entstehen kann. Wahrscheinlicherweise wird hierbei rhodanige Säure, $HRhO_2$, gebildet:

$$2HRhO = HRhO_2 + H^+ + Rh^-.$$

Die rhodanige Säure wird dann augenblicklich nach ihrer Bildung von einem dritten Molekül $HRhO$ zu Rhodansäure, $HRhO_3$, oxydiert:

$$HRhO_2 + HRhO = HRhO_3 + H^+ + Rh^-,$$

und Rhodansäure ergibt endlich durch Hydrolyse die beobachtbaren Endprodukte Schwefelsäure und Cyanwasserstoff:

$$HRhO_3 + H_2O = HCNSO_3 + H_2O = HCN + H_2SO_4.$$ [1])

Hiernach haben wir die für die Autoreduktion charakteristische Bruttogleichung:

$$3AuRh_4^- + 4H_2O = 3AuRh_2^- + 5H^+ + 5Rh^- + HCN + H_2SO_4$$

in die folgenden fünf Partialgleichungen aufgelöst:

$$AuRh_4 \leftrightarrows AuRh_2 + Rh_2 \quad \text{momentan.} \tag{1}$$

$$Rh_2 + H_2O \rightleftarrows RhOH + H^+ + Rh^- \quad \text{momentan.} \tag{2}$$

$$2RhOH \rightarrow HRhO_2 + H^+ + Rh^- \quad \text{schnell.} \tag{3}$$

$$HRhO_2 + HRhO \rightarrow HRhO_3 + H^+ + Rh^- \quad \text{momentan.} \tag{4}$$

$$HRhO_3 + H_2O \rightarrow HCN + H_2SO_4 \quad \text{momentan.} \tag{5}$$

Von diesen Vorgängen sind (1), (2), (4) und (5) momentan verlaufend, und (3) allein bestimmt durch seinen nicht momentanen Verlauf die Geschwindigkeit der Autoreduktion. (1) und (2) sind reversibel, und (3), (4) und (5) sind irreversibel.

Über das freie Rhodan. Nachdem wir gefunden haben, dass eine Aurirhodanidlösung freies Rhodan enthält, und dass man zu dem für die Autoreduktion gefundenen Reaktionsverlauf kommt, wenn man einen Verlauf über das freie Rhodan als Zwischenprodukt annimmt, ist nach unserer Meinung diese Annahme von Rhodan als Zwischenprodukt vollständig berechtigt. Um aber dieser Annahme jeden hypothetischen Charakter zu nehmen, haben wir durch direkte Messungen festgestellt, dass die Zersetzung des freien Rhodans wirklich nach den Gesetzen und mit der Geschwindigkeit vor sich geht, die wir aus unseren Autoreduktionsuntersuchungen berechnet haben. Dabei verfuhren wir folgendermassen.

Aus dem Normalpotential Aurorhodanid-Aurirhodanid, E, und der Dissoziationskonstante des Aurirhodanids, K, durch welche die Konzentration des freien Rhodans in einer Aurorhodanid-Aurirhodanid-Lösung bestimmt ist, kann man das Normalpotential Rhodan-Rhodanion, E', berechnen, indem: $E' = E - \frac{RT}{2F} \cdot \ln K$. Nach dieser Formel findet man für das Normalpotential Rhodan-Rhodanion den Wert 0,769; für Jod ist das entsprechende Normalpotential 0,54, und für Brom ist es 1,09. Aus diesen Werten kann man schliessen, dass Rhodan aus einer wässrigen Rhodanionenlösung von Brom freigemacht wird, und dass es selbst Jod aus einer wässrigen Jodionenlösung freimachen kann. Das freie Rhodan liegt also in der Reihe der freien Halogene zwischen Brom und Jod. Wenn man Brom zu einer salzsauren Lösung von Natriumrhodanid setzt, verschwindet die Farbe des Broms wirklich auch sogleich, und man erhält eine

[1]) Eine ähnliche Reaktionsfolge hat auch Söderbäck in seiner Dissertation, Upsala 1918.

farblose Lösung, die Jod aus Kaliumjodid freimacht; das braune Brom bildet also augenblicklich farbloses freies Rhodan, und dies farblose Rhodan macht wieder aus Kaliumjodid braunes Jod frei. Die Fähigkeit der mit Brom versetzten Rhodanidlösung zur Jodausscheidung verschwindet aber schnell, ganz in Übereinstimmung damit, dass das freie Rhodan unbeständig ist und schnell in Schwefelsäure und Cyanwasserstoff umgewandelt wird. Durch Bestimmung der Geschwindigkeit, mit welcher die Fähigkeit zur Jodausscheidung bei einer mit Brom versetzten salzsauren Natriumrhodanidlösung verschwindet, haben wir gefunden, dass die Zersetzung des Rhodans bimolekular verläuft und sowohl dem Quadrat der Wasserstoffionenkonzentration wie dem der Rhodanionenkonzentration proportional ist; und für die Geschwindigkeitskonstante, k, in der Gleichung:

$$-\frac{d[Rh_2]}{dt} = k \cdot \frac{[Rh_2]^2}{[H^+]^2 \cdot [Rh^-]^2},$$

haben wir Werte in der Umgebung von 5 erhalten. Unsere früher aufgestellte Formel für die Zersetzungsgeschwindigkeit des Rhodans wird hierdurch vollständig bestätigt, und unsere Hypothese, wonach die Autoreduktion über das freie Rhodan verläuft, wird zur Gewissheit erhoben.

Über die Berechnung von Oxydationsgeschwindigkeiten aus Oxydationspotentialen. Ohne Zweifel werden viele Oxydationsmittel, wenn sie zur Oxydation von Rhodaniden benutzt werden, nach einem ähnlichen Mechanismus wie das Aurigold wirken. Zuerst wird durch einen schnellen umkehrbaren Vorgang freies Rhodan gebildet, und dieses zersetzt sich dann langsamer. Wahrscheinlicherweise werden Oxydationsmittel wie Jod, Ferrisalze, Kuprisalze Rhodanide in dieser Weise oxydieren. Für diese Oxydationsmittel wird es dann möglich sein, die Geschwindigkeit ihrer oxydierenden Wirkung auf Rhodanide aus ihren Oxydationspotentialen zu berechnen. Bekanntlich gehört die Aufgabe, einen Zusammenhang zwischen Affinität und Reaktionsgeschwindigkeit zu finden, zu den nicht gelösten Problemen der Chemie, und wahrscheinlicherweise ist diese Aufgabe überhaupt nicht allgemein zu lösen. Um so grösser ist aber das Interesse, das sich an partielle Lösungen dieser Aufgabe knüpft.

Die Goldausscheidung. Das bei der Autoreduktion gebildete Aurorhodanid ist nicht das Endprodukt, sondern spaltet sich langsam in Aurirhodanid und Gold nach der Gleichung:

$$3\,AuRh_2^- = 2\,Au + AuRh_4^- + 2\,Rh^-.$$

Unter Bedingungen, wo die Autoreduktion sehr langsam verläuft, haben wir experimentell das von der obenstehenden Gleichung geforderte Verhältnis zwischen dem gebildeten Aurirhodanid und Gold gefunden. Wir werden diese Reaktion kurz als die Goldausscheidung bezeichnen. Die Goldausscheidung ist im Gegensatz zu der Autoreduktion umkehrbar: von einer reinen Aurirhodanidlösung wird Gold unter Bildung von Aurorhodanid gelöst. Für Goldrhodanidlösungen, die mit metallischem Gold in Gleichgewicht sind, muss nach dem Massenwirkungsgesetz die folgende Gleichung erfüllt sein:

$$\frac{[AuRh_4^-] \cdot [Rh^-]^2}{[AuRh_2^-]^3} = K.$$

Den Wert von K, die Gleichgewichtskonstante, haben wir nicht direkt durch Analyse von Gleichgewichtslösungen bestimmen können; ein vollständiges Erreichen des Gleichgewichts wird nämlich durch die Autoreduktion unmöglich gemacht, da durch sie das Aurirhodanid ständig entfernt wird. Wir haben aber ihren Wert aus den Normalpotentialen Gold-Aurorhodanid (0,645) und Aurorhodanid-Aurirhodanid (0,689) zu 33 berechnet. Denn

$$\frac{RT}{2F} \ln K = 0{,}689 - 0{,}645$$

gibt $K = 33$.

Die Gleichgewichtsbedingung kann in folgender Form geschrieben werden:

$$33\,x^2 = y : (1-y)^3,$$

wo

$$x = \frac{[AuRh_2^-] + [AuRh_4^-]}{[Rh^-]} = \frac{[Au]}{[Rh^-]} \text{ und } y = \frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-] + [AuRh_4^-]} = \frac{[AuRh_4^-]}{[Au]}.$$

Nach dieser Bedingung ist das Verhältnis zwischen Auro- und Aurirhodanid in den Gleichgewichtslösungen durch das Verhältnis zwischen der gesammten Goldkonzentration und der Rhodanionenkonzentration bestimmt. In Fig. 2 ist diese Abhängigkeit durch eine Kurve graphisch dargestellt. In goldarmen, rhodanionenreichen Lösungen liegt das Gleichgewicht stark nach der Seite des Aurorhodanids verschoben, und in goldreichen, rhodanionenarmen Lösungen liegt das Gleichgewicht umgekehrt stark nach der Seite des Aurirhodanids verschoben.

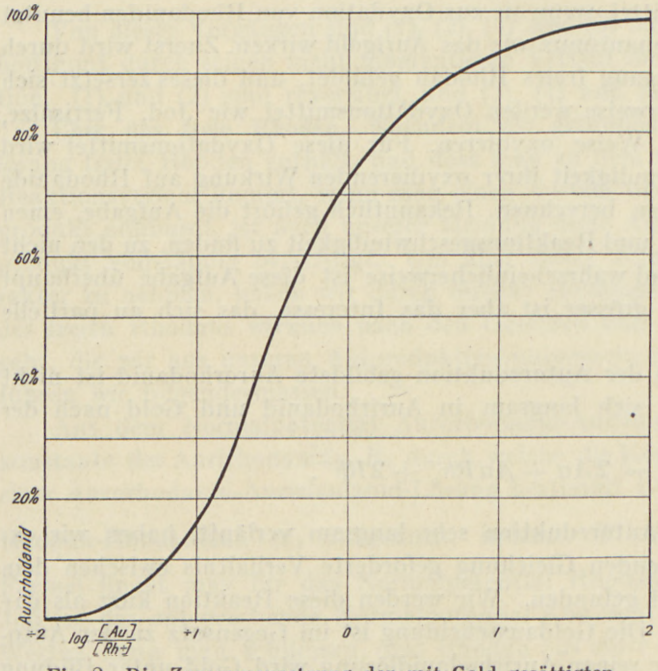


Fig. 2. Die Zusammensetzung der mit Gold gesättigten Goldrhodanidlösungen.

Über die Geschwindigkeit, mit welcher Aurorhodanid sich unter Ausscheidung von Gold und Bildung von Aurirhodanid umsetzt, haben wir viele Messungen durch Wägen des ausgeschiedenen Goldes angestellt. Es ist uns indessen nicht gelungen, für diesen Vorgang quantitative Zeitgesetze aufzustellen, da der Vorgang recht unregelmässig verläuft. Die Ursache hierzu ist sicher darin zu suchen, dass der Vorgang heterogen ist; heterogene Reaktionen verlaufen gewöhnlich unregelmässig, indem sie von der Oberflächenbeschaffenheit in schwierig definierbarer

Weise abhängen. Wir haben gefunden, dass Goldpulver eine deutliche katalytische Wirkung auf die Goldausscheidung ausübt. Die Geschwindigkeit der Reaktion ist so klein, dass selbst bei 40° im Laufe von 24 Stunden nur ein geringer Bruchteil des Goldes ausgeschieden wird. Der ausgeschiedene Bruchteil ist ziemlich unabhängig von der Goldkonzentration, wächst stark mit sinkender Rhodanionenkonzentration und scheint, wenigstens bei den kleineren Wasserstoffionenkonzentrationen, auch mit sinkender Wasserstoffionenkonzentration etwas zu wachsen.

Über die Deutung der Eigenschaften der Goldrhodanide mit Hilfe der gewonnenen Kenntnisse. Zu Anfang unserer Untersuchungen schienen uns die chemischen Verhältnisse der Goldrhodanide immer komplizierter zu werden, je mehr sie untersucht wurden; aber nach Auffindung der Gesetze der Autoreduktion und der Goldausscheidung hat es sich gezeigt, dass man durch das Zusammenspiel dieser beiden Reaktionen alle Beobachtungen erklären kann.

Durch die an und für sich reversible Goldausscheidung wird nach genügend langer Zeit jede Goldrhodanidlösung vollständig zersetzt; denn das bei der reversiblen Goldausscheidung gebildete Aurirhodanid wird immer aufs neue durch die irreversible Autoreduktion entfernt.

Wenn man von einer reinen Aurirhodanidlösung ausgeht, setzt die Autoreduktion sogleich ein; hierdurch nimmt die Konzentration des Aurirhodanids ab und die des Aurorhodanids zu. Nach einiger Zeit wird dasjenige Verhältnis zwischen Aurirhodanid und Aurorhodanid erreicht, bei dem die betreffende Lösung mit Gold in Gleichgewicht ist. Da die Autoreduktion immer weiter fortschreitet, setzt von diesem Zeitpunkt an eine Goldausscheidung ein. Diese wird nach und nach stärker, und zuletzt wird ein Zustand erreicht, bei dem die Menge des bei der Goldausscheidung gebildeten Aurirhodanids gerade durch das bei der Autoreduktion verbrauchte Aurirhodanid kompensiert wird. Von jetzt an nimmt sowohl die Aurorhodanidmenge wie die Aurirhodanidmenge ständig ab.

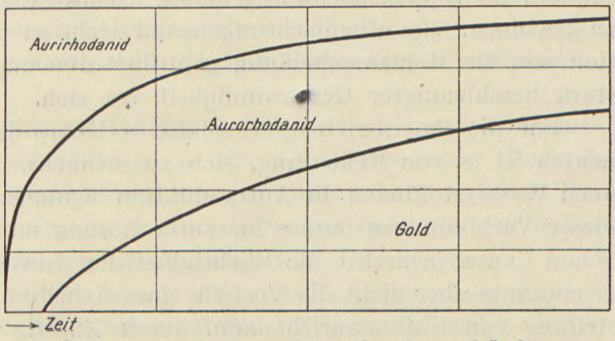


Fig. 3. Schematische Darstellung der Zustandsänderungen einer Aurirhodanidlösung.

Wenn man umgekehrt von einer reinen Aurorhodanidlösung ausgeht, nimmt die Aurorhodanidmenge ständig ab, und die Aurirhodanidmenge wächst zuerst durch die reversible Goldausscheidung, bis ihr Zuwachs durch diese Reaktion von der Autoreduktion gerade kompensiert wird; in diesem Augenblick geht die Konzentration des Aurirhodanids durch ein Maximum, um danach ständig abzunehmen.

In den Figuren 3 und 4 ist schematisch gezeigt, wie die Mengen von Aurirhodanid und Aurorhodanid sich mit der Zeit ändern, je nach dem man von Aurirhodanid und von Aurorhodanid ausgeht. Die von den verschiedenen Arealen abgeschnittenen Ordinatenstücke geben die prozentischen Mengen der betreffenden Goldarten an. Sei es dass man von Aurirhodanid oder von Aurorhodanid ausgeht, so hat man nach einiger Zeit ungefähr

dasselbe Verhältnis zwischen Auro- und Aurirhodanid; die späteren Zeiten in dem Leben der Goldrhodanidlösungen spielen sich, wie das Verhältnis zwischen Auri- und Aurogold ursprünglich auch war, in derselben Weise ab. Bei der Autoreduktion findet eine geringe Bildung von Cyanwasserstoff statt, und dieser Cyanwasserstoff wird einen kleinen Teil des Aurorhodanidkomplexes in den weit beständigeren Aurocyanidkomplex umwandeln. Die hierdurch verursachte Komplikation haben wir bei der obengegebenen Übersicht nicht berücksichtigt, und ihre Berücksichtigung ändert die Verhältnisse auch nur unwesentlich.

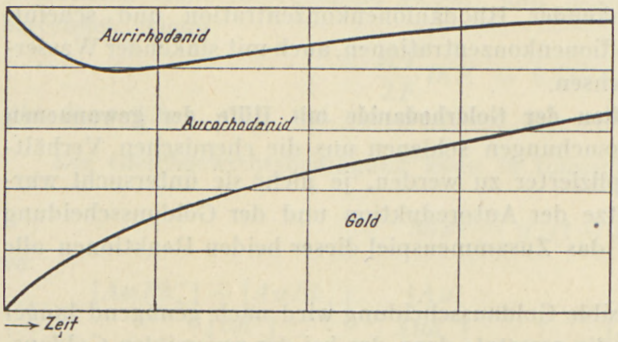


Fig. 4. Schematische Darstellung der Zustandsänderungen einer Aurorhodanidlösung.

Erklärung einiger Anomalien. Wir schliessen diese Übersicht mit der Angabe einer Reihe von Fällen, in welchen es durch unsere Untersuchungen möglich wurde, Anomalien zu erklären, die von Cleve oder von uns beobachtet worden sind.

Cleve fand, dass es nicht möglich ist, die einfachen Goldrhodanide darzustellen. Wenn er Kaliumrhodanidlösung mit Aurichlorid in Überschuss oder auch nur in äquivalenter Menge versetzte, so trat immer Zersetzung ein. Nur mit Rhodanid in Überschuss wurde diese Zersetzung verhindert, dann wurden aber nicht die einfachen Salze, sondern die Doppelrhodanide gebildet. Ebenso wenig gelang es Cleve, das Aurorhodanid zu gewinnen. Diese Beobachtungen sind leicht zu verstehen; denn sowohl die Autoreduktion wie die Goldausscheidung geht bei abnehmender Rhodanionenkonzentration mit stark beschleunigter Geschwindigkeit vor sich.

Für die Darstellung der festen Doppelsalze mit Aurirhodanid als Komponenten ist es von Bedeutung, sich zu erinnern, dass nicht nur Rhodanionen, sondern auch Wasserstoffionen die Autoreduktion hemmen. Man soll deshalb bei der Darstellung dieser Verbindungen immer in saurer Lösung mit Überschuss von Rhodanid arbeiten. Schon Cleve bemerkte die Wichtigkeit der Anwesenheit von Rhodanid in Überschuss; er erkannte aber nicht die Vorteile eines Arbeitens in saurer Lösung; denn bei der Darstellung von Kaliumaurirhodanid durch Zusatz von Aurichlorid zu Kaliumrhodanid neutralisiert er zuerst das Aurichlorid mit Kalilauge. Hierdurch verstärkt er die Autoreduktion und vermindert die Ausbeute.

Wenn man Kaliumcyanid zu einer Aurirhodanidlösung setzt, wird die Autoreduktion stark beschleunigt, und die Lösung verliert schnell ihre rote Farbe. Die Ursache dieser Beschleunigung ist ohne Zweifel, dass der Aurorhodanidkomplex, $AuRh_2^-$, in Anwesenheit von Kaliumcyanid in hohem Grade in Aurocyanidkomplex, $Au[CN]_2^-$, umgewandelt wird, und da die Anwesenheit von Aurorhodanid auf die Autoreduktion hemmend wirkt, muss seine Entfernung die Autoreduktion verstärken. Man könnte meinen, dass das Kaliumcyanid auch das Aurirhodanid in Cyanid umwandeln würde; eine solche Doppeldekomposition würde aber, wenn sie überhaupt stattfände, sicher momentan ver-

laufen, und da die rote Farbe einer Aurirhodanidlösung von Kaliumcyanid nicht augenblicklich abgeschwächt wird, glauben wir es berechtigt, von dieser Möglichkeit abzusehen.

CLEVE fand, dass eine alkoholische Lösung von Kaliumaurirhodanid mit Silbernitrat einen Niederschlag gibt, der zuerst rotbraun und gelatinös ist, aber schnell weiss und käsig wird, und in dieser Form annähernd die Zusammensetzung Ag_3AuRh_4 besitzt. CLEVE deutet an, dass der Niederschlag als eine Mischung von Silberaurorhodanid und Silberrhodanid, $AgAuRh_2 + 2AgRh$, aufzufassen ist. Die Bildung einer ähnlichen Mischung ist nach unseren Untersuchungen auch zu erwarten. Durch Zusatz von Silbernitrat entfernt man aus der Lösung sowohl die Rhodanionen wie die Dirhodanoauroationen als Silbersalze, und man muss somit eine sehr schnelle Autoreduktion erwarten. Daher wandelt sich der ursprüngliche Niederschlag von Silberaurirhodanid schnell in eine Mischung von Silberaurorhodanid, Silberrhodanid und Silbercyanid um:

$$3AgAuRh_4 + 6AgNO_3 + H_2O = 3AgAuRh_2 + 5AgRh + AgCN + H_2SO_4.$$

Nur noch eine Beobachtung soll erwähnt werden. Wenn eine konzentrierte, saure Lösung von Kaliumaurorhodanid aufbewahrt wird, scheiden sich in einigen Tagen schön tiefrote Krystalle aus, die annähernd die Zusammensetzung KAu_3Rh_4 besitzen. Wir meinten deshalb zuerst, ein neues Kaliumaurorhodanid gefunden zu haben. Die nähere Untersuchung der Krystalle zeigte aber, dass es trotz des schönen und homogenen Aussehens nur eine Mischung von rotem Kaliumaurirhodanid und Gold, $KAuRh_4 + 2Au$, war; denn durch Pulverisieren und Schlemmen mit etwas Wasser konnten wir schweres metallisches Goldpulver von den leichteren Kaliumaurirhodanidpartikeln trennen, und durch Behandlung mit Quecksilber konnten die Krystalle fast quantitativ in Goldamalgam und Kaliumaurirhodanid umgewandelt werden. Das bei der Zersetzung der Kaliumaurorhodanidlösung entstandene Gold und Kaliumaurirhodanid wird also wegen der grossen Schwerlöslichkeit des Kaliumaurirhodanids in der Form von »Pseudomischkrystallen« ausgeschieden.

Über die Anwendung der Goldrhodanide zu Tonbädern. Wir haben bei unseren Untersuchungen auf die Anwendung der Goldrhodanide in der photographischen Technik kein besonderes Gewicht gelegt. Die folgenden Bemerkungen sind deshalb nicht als Resultate besonderer Untersuchungen aufzufassen, sondern enthalten nur theoretische Erklärungen einiger aus der Technik bekannten Erscheinungen.

Wenn man durch Zusatz einer geringen Menge Aurichlorid zu einer verdünnten Lösung von Ammoniumrhodanid ein Goldtonbad herstellt, arbeitet man unter Bedingungen (wenig Wasserstoff- und Rhodanionen), bei welchen die Autoreduktion sehr schnell verläuft, und man sieht denn auch, dass die Lösung schnell ihre rote Farbe verliert. Es wird immer in den Rezepten für goldrhodanidhaltige Tonbäder bemerkt, dass die Lösung nicht frisch angewendet werden darf. Die Zweckmässigkeit dieser Forderung ist leicht zu verstehen; denn da die Rhodanidkonzentration in den Lösungen immer weit grösser ist als die Goldkonzentration, muss die Aurirhodanidkonzentration auf einen sehr kleinen Wert sinken, ehe die Lösung den Punkt erreicht, wo sie mit metallischem Gold in Gleichgewicht ist. Und es ist natürlich für ihre Anwendung als Tonbad wichtig, dass dieser Punkt erreicht oder vielmehr überschritten wird. Bevor dieser Punkt erreicht ist, wirkt die Lösung nämlich goldauflösend und schwächt also das photographische Bild, wäh-

rend sie nach dem Überschreiten dieses Punktes goldausscheidende Eigenschaften erhält und also verstärkend wirken kann. Allzu lange darf man aber auch nicht ein Goldrhodanidtonbad aufbewahren, da dann das anwesende Gold als Metall ausgeschieden wird. Eder empfiehlt, dem Goldrhodanidtonbad einen Zusatz von Natriumazetat zu geben. Es scheint uns nicht unwahrscheinlich, dass dieser Zusatz durch die von ihm hervorgerufene Verkleinerung der Wasserstoffionenkonzentration und die damit verbundene grössere Geschwindigkeit der Goldausscheidung die verstärkenden Eigenschaften des Tonbads vergrössern wird.

Wenn Goldrhodanid im Vergleich mit vielen anderen Goldsalzen, z. B. Goldchlorid, als Tonbad besonders geeignet ist, so ist es dabei sicher von Bedeutung, dass das Gold darin einwertig vorhanden ist. Aus einer Goldlösung mit einwertigem Gold scheidet eine bestimmte Silbermenge dreimal so viel Gold aus als aus einer Lösung, in welcher das Gold dreiwertig ist.

II. Darstellung und Eigenschaften der in fester Form gewonnenen goldrhodanidhaltigen Verbindungen.

1. Die krystallisierten Tetrarhodanoauriate.

Kaliumaurirhodanid, $KAuRh_4$, (Kaliumtetrarhodanoauriat) haben wir mehrmals nach Cleve dargestellt. Das ausgeschiedene Salz wurde mit Wasser gewaschen und über Schwefelsäure getrocknet. Es wurden drei verschiedene Präparate analysiert, und in allen war der Goldgehalt ein wenig zu gross und der Kaliumgehalt etwas zu klein.

	Berechnet nach $KAuRh_4$	I	II	III
% Au	42,08	42,43; 42,44; 42,38	42,40	42,36; 42,27
- K	8,34	8,06; 8,02	8,16	
- S	27,37	27,63		

Gold und Kalium wurden nach Abrauchen mit Schwefelsäure als Gold + Kaliumsulfat gewogen, und nachdem das Kaliumsulfat mit Wasser entfernt war, wurde das Gold für sich gewogen. Schwefel wurde nach Oxydation mit Königswasser als Baryumsulfat gefällt und gewogen.

Kaliumaurirhodanid ist sehr schwerlöslich in Wasser. Eine Mischung von der Zusammensetzung: 1 m HCl, 0,4 m KRh, 0,005 m $HAuCl_4$ (reduziert zu Aurogold mit Sulfit), 0,001 m $HAuCl_4$, also eine Mischung mit 0,005 m Aurorhodanid und 0,001 m Aurirhodanid, schied sogleich das Kaliumsalz aus, und die nur schwach gefärbte Lösung wies bei Sulfittitrierung nach Schütteln und Absetzen in drei Minuten bei ca. 22° einen Inhalt von 0,0002 m Aurigold auf. Hieraus berechnet sich das Löslichkeitsprodukt des Salzes zu 0,00008.

$$[K^+] \cdot [AuRh_4^-] = 0{,}4 \cdot 0{,}0002 = 0{,}00008.$$

Eine Mischung von 1 m HCl, 0,4 m KRh, 0,001 m $HAuCl_4$, welche von der vorhergehenden nur durch das Fehlen von Aurogold abweicht, schied auch das Kaliumsalz

aus und wies nach Schütteln und Stehen in drei Minuten bei 22° einen Inhalt von 0,0003 m Aurigold auf. Dieses grössere Titrierungsresultat findet seine Erklärung durch die Dissoziation des Aurirhodanids in Aurorhodanid und freies Rhodan. Der Dissoziationsgrad, α, des Aurirhodanids in der letzten Lösung berechnet sich nach der Dissoziationsgleichung (S. 10) zu 0,33:

$$\frac{[AuRh_2^-] \cdot [Rh_2]}{[AuRh_4^-]} = 0{,}49 \cdot 10^{-4} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} \cdot 0{,}0003; \quad \alpha = 0{,}33.$$

Von dem durch die Sulfittitrierung angezeigten 0,0003 m Aurirhodanid ist also in Wirklichkeit nur 0,0002 m als Aurirhodanid vorhanden, der Rest, 0,0001 m, ist als freies Rhodan anwesend. Sachgemäss berechnet, ergibt daher auch dieser Versuch für das Löslichkeitsprodukt des Kaliumaurirhodanids den Wert 0,00008. In der ersten Lösung ist die Dissoziation von dem vorhandenen Aurorhodanid so stark zurückgedrängt, dass man sie nicht zu berücksichtigen braucht.

Der Wert 0,00008 für das Löslichkeitsprodukt gilt für Lösungen, in welchen die Aktivitätskoeffizienten der Ionen dieselben sind wie in den hier untersuchten Lösungen, d. h. für Lösungen mit einer Ionenkonzentration von etwa 1,4 m. Für andere Lösungen muss man die Änderungen der Aktivitätskoeffizienten berücksichtigen, wenn man den genauen Wert der Löslichkeit zu berechnen wünscht.

Ammoniumaurirhodanid, NH_4AuRh_4, (Ammoniumtetrarhodanoauriat) wurde durch Fällen einer Lösung von 3 g Ammoniumrhodanid in 250 cm³ Wasser mit 250 cm³ einer salzsauren Lösung von Aurichlorid (mit 0,4 % Gold) gewonnen. Die Flüssigkeit wurde sogleich rotbraun und schied fast augenblicklich einen rotgelben, voluminösen Niederschlag aus, welcher dem Kaliumaurirhodanid zum Verwechseln ähnlich war; der Niederschlag wurde abgesaugt, zweimal mit 0,01 m Ammoniumrhodanid und zweimal mit Wasser gewaschen und über Schwefelsäure getrocknet (Präparat I). Die Ausbeute war 1,04 g (46 %). Eine andere Portion des Salzes wurde in konzentrierterer Lösung gefällt (Präparat II). Die beiden Produkte besassen genau die Formel NH_4AuRh_4.

	Berechnet nach NH_4AuRh_4	I	II
% *Au*	44,06	44,02; 44,05	44,14
- *S*	28,65	28,7; 28,42	28,75;28,23;28,74.

Natriumaurirhodanid, $NaAuRh_4$, (Natriumtetrarhodanoauriat) wurde dargestellt durch Fällen einer verdünnten Lösung von Natriumrhodanid (ca. 0,1 m) mit 0,1 molarem Wasserstoffaurichlorid in zur vollständigen Fällung ungenügender Menge. Hierdurch wurde es als ein roter, schön krystallinischer Niederschlag erhalten, der abgesaugt und über Schwefelsäure getrocknet wurde.

	Berechnet nach $NaAuRh_4$	Gefunden
% *Au*	43,58	43,1; 43,5
- *S*	28,34	28,18; 28,3

Aus einer schwach übersättigten salzsauren Lösung scheidet sich dieses Salz langsam in schönen, millimetergrossen, rubinroten Nadeln aus.

Die Löslichkeit des Natriumaurirhodanids kann nach folgenden Versuchen geschätzt werden. Eine Lösung, 0,5 m $NaRh$, 1 m HCl, 0,004 m $HAuCl_4$, schied bei gewöhnlicher Temperatur nach einer Minute Krystalle von Natriumaurirhodanid aus, während eine entsprechende Lösung mit nur 0,4 m $NaRh$ sich klar hielt. Eine Lösung $^1/_{70}$ m $HAuCl_4$, $^1/_7$ m $NaRh$, $^1/_7$ m HCl schied nach 45 Sekunden Krystalle aus. Nach diesen Angaben muss das Löslichkeitsprodukt des Natriumaurirhodanids wahrscheinlich etwas kleiner als 0,002 sein.

$$[Na^+] \cdot [AuRh_4^-] = 0{,}5 \cdot 0{,}004 = 0{,}002; \quad [Na^+]\,[AuRh_4^-] = {}^1/_7 \cdot {}^1/_{70} = 0{,}002.$$

Das Löslichkeitsprodukt des Natriumsalzes ist also ca. 20mal grösser als das des Kaliumsalzes.

Das Natriumaurirhodanid soll von KERN[1]) durch Fällen einer konzentrierten Lösung von Natriumgoldchlorid mit einer Lösung von Ammoniumrhodanid dargestellt worden sein. Da das Natriumsalz indessen weit löslicher ist als Ammoniumaurirhodanid, muss man nach dem Verfahren von KERN einen Niederschlag von Ammoniumaurirhodanid erwarten. Es war uns nicht möglich, die Originalabhandlung von KERN zu erhalten, und wir haben deshalb nicht versucht, seine Darstellung zu wiederholen.

Wasserstoffaurirhodanid, $HAuRh_4$, $2H_2O$, (Tetrarhodanoauriatsäure) wurde in folgender Weise erhalten. 30 g Natriumrhodanid ($NaRh$, $2H_2O$) wurden in einem Scheidetrichter in 200 cm³ verdünnter Schwefelsäure (ca. 1,5 m) gelöst und mit 100 cm³ Wasserstoffaurichloridlösung (10 % Gold) vermischt. Hierbei schied sich Natriumaurirhodanid in grosser Menge aus. Die ganze Mischung wurde mit 150 cm³ Äther geschüttelt. Hierdurch bildeten sich eine dunkelrote ätherische Schicht und eine hellrote wässrige Schicht. Die ätherische Schicht wurde abgetrennt, mit 15 g entwässertem Natriumsulfat 10 Minuten getrocknet und im Vakuum bei ca. 20° eingedampft. Hierbei schied sich die Säure in schönen, dunkelroten Krystallen aus. Die ausgeschiedenen Krystalle wurden abgetrennt, auf Goochtiegel abgesaugt, durch Zentrifugieren so vollständig wie möglich von Mutterlauge befreit und in der Luft getrocknet. Es wurden im ganzen vier nacheinander aus der ätherischen Lösung ausgeschiedene Produkte gewonnen und analysiert.

	% *Au*	% *S*
Berechnet nach $HAuRh_4$, $2H_2O$	42,26	27,48
Gefunden im ersten Produkt.....	42,16	27,47
— - zweiten —	42,15	27,61
— - dritten —	41,94	
— - vierten —	42,0	

Gold und Schwefel wurden nach Oxydation mit Königswasser durch Fällen mit Schwefeldioxyd, bzw. Baryumchlorid bestimmt.

Die Zusammensetzung des ersten Produktes stimmt genau mit der Formel $HAuRh_4$, $2H_2O$. Beim Liegen in freier Luft ändert die Säure ihr Gewicht nicht. Dagegen verliert sie schnell an Gewicht über Schwefelsäure. Hierbei gehen nicht nur die zwei Moleküle

[1]) Chem. News **33**, 243 (1876). Ref.: Ber. deut. chem. Ges. 8, 1684 (1875). Jahresberichte 1876, 319.

Wasser weg, sondern es tritt eine tiefergehende Zersetzung ein. In vier Tagen wurden 10,0 % an Gewicht abgegeben; den zwei Molekülen Wasser würden nur 7,7 % entsprechen.

2. Die krystallisierten Dirhodanoauroate und das Monamminoaurorhodanid.

CLEVE hat aus den Zersetzungsprodukten des Kaliumaurirhodanids in heisser, wässriger Lösung ein Kaliumaurorhodanid isoliert. Er empfiehlt zur Darstellung dieses Doppelsalzes eine neutralisierte Lösung von Aurichlorid zu einer 80° warmen Lösung von Kaliumrhodanid zu setzen; jeder Zusatz von Aurichlorid ergibt einen Niederschlag von Kaliumaurirhodanid, und erst wenn dieser Niederschlag gelöst ist, wird mehr zugesetzt; zuletzt wird die gelbe Lösung zur Krystallisation eingedampft, wodurch eine sehr unreine Krystallmasse ausgeschieden wird; aus dieser Masse wurde, wenn auch nur schwierig, ein strohgelbes, krystallinisches, in Wasser und Alkohol leichtlösliches Salz isoliert, dessen Analyse mit der Formel $KAuRh_2$ stimmte. Wir haben versucht, die CLEVE'sche Präparation zu wiederholen; es ist uns aber nicht gelungen, eine auch nur annähernd reine Verbindung zu erhalten, und da das Kaliumaurorhodanid, welches wir in anderer Weise rein dargestellt haben, ein rein weisses Aussehen besitzt, glauben wir, dass das strohgelbe Produkt von CLEVE auch ziemlich unrein war.

Statt wie CLEVE das Aurirhodanid durch Autoreduktion in heisser Lösung in Aurorhodanid umzuwandeln, kann man es bei gewöhnlicher Temperatur mit Sulfit reduzieren; dadurch vermeidet man die Bildung unangenehmer Nebenprodukte und erhält eine farblose Lösung von Aurorhodanid. Um daraus feste Aurorhodanide zu gewinnen, extrahiert man die reduzierte, angesäuerte Lösung mit Äther und erhält dabei die Dirhodanoauroatsäure in ätherischer Lösung, und durch geeignete Neutralisation dieser Lösung gewinnt man reine, krystallinische Dirhodanoauroate. In dieser Weise haben wir durch Neutralisation mit Kaliumbikarbonat das Kaliumdirhodanoauroat, $KAuRh_2$, und durch Neutralisation mit Ammoniak das Ammoniumdirhodanoauroat, NH_4AuRh_2, gewonnen. Beide Salze sind weiss, krystallinisch umd leicht löslich in Wasser und Alkohol. Wenn man mit der Zuleitung von Ammoniak fortsetzt, nachdem die ätherische Lösung von der Dirhodanoauroatsäure neutralisiert ist, scheidet sich nach und nach eine weisse, schwerlösliche Verbindung aus, nämlich das Monamminoaurorhodanid, $AuNH_3Rh$:

$$NH_4AuRh_2 + NH_3 = AuNH_3Rh + NH_4Rh.$$

Diese Verbindung ist auch schon von CLEVE dargestellt, aber nur in sehr kleiner Menge und nach einem sehr beschwerlichen Verfahren.

Wenn man eine angesäuerte Aurorhodanidlösung mit Äther ausschüttelt und die ätherische Schicht mit säurehaltigem Wasser wäscht, bis das Waschwasser nur eine schwache Rhodanreaktion mit Ferrisalz ergibt, enthält die Ätherschicht zwei Rhodangruppen pro Goldatom, und man darf daher annehmen, dass sie die Dirhodanoauroatsäure, $HAuRh_2$, in reinem Zustande enthält. Durch Eindampfen der ätherischen Schicht gewinnt man ein rötliches Öl. Die rötliche Farbe, die mit der Zeit zunimmt, stammt sicher von einem Inhalt von Aurirhodanid. In Äther geht das Öl teilweise in Lösung und lässt einem weissen, amorphen Niederschlag zurück, den wir nicht näher untersucht

haben. Die Zersetzung kann doch keine tiefgreifende sein; denn wenn man Lösung plus Niederschlag mit Ammoniak neutralisiert, geht alles in Lösung, und durch Eindampfen zur Krystallisation gewinnt man schöne, weisse, analysenreine Krystalle von Ammoniumdirhodanoauroat. Nach eintägigem Trocknen über Phosphorpentoxyd wurden 59,4 % Gold gefunden, während die Formel NH_4AuRh_2 59,5 % Gold verlangt.

Kaliumaurorhodanid, $KAuRh_2$, (Kaliumdirhodanoauroat). 6 g Kaliumrhodanid wurden in einem Scheidetrichter in 150 cm³ Wasser gelöst und 50 cm³ 0,5 molares Wasserstoffaurichlorid in kleinen Portionen zugesetzt; jede Portion wurde mit einer konzentrierten Natriumsulfitlösung entfärbt, ehe die nächste zugesetzt wurde. Nach Zusatz von allem Wasserstoffaurichlorid wurde die Lösung mit etwas verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit Äther ausgeschüttelt. Die ätherische Schicht wurde einigemal mit stark verdünnter Schwefelsäure gewaschen, bis das Waschwasser mit Ferrisalz nur schwache Rhodanreaktion ergab, und danach mit festem Kaliumbikarbonat (Kaliumhydroxyd wirkte zersetzend) in Überschuss versetzt; hierdurch wurde Kohlendioxyd entwickelt und ein voluminöser, aus einer Mischung von Kaliumaurorhodanid und Kaliumbikarbonat bestehender Niederschlag gebildet. Nach Abgiessen des Äthers wurde das Kaliumaurorhodanid aus dem Niederschlag mit ein wenig absolutem Alkohol extrahiert, und die erhaltene Lösung wurde im Vakuum über Schwefelsäure eingedampft. Nach kurzer Zeit schied sich das Salz in feinen, weissen Nadeln aus. Es wurde abfiltriert, mit wasserfreiem Äther gewaschen und über Phosphorpentoxyd getrocknet.

Das erhaltene Salz war ein weisser, krystallinischer Körper, sehr leicht löslich in Alkohol, schwer löslich in Äther. In Wasser wurde es unter anfangender Zersetzung gelöst. Bei der Analyse gab es folgende Resultate:

	Berechnet nach	Gefunden [1]		
	$KAuRh_2$	I	II	III
% *Au*	55,95	56,00	56,01	55,88
- *S*	18,2	18,1	18,49	
- *K*	11,1	11,2		

Ammoniumaurorhodanid, NH_4AuRh_2, (Ammoniumdirhodanoauroat) wurde in ähnlicher Weise wie das entsprechende Kaliumsalz dargestellt; zuerst wurde eine ätherische Lösung von Wasserstoffaurorhodanid dargestellt und diese dann genau mit Ammoniakgas neutralisiert. Wenn man in der Lösung ein wenig Aurigold zurücklässt, so dass sie eine schwache rotbraune Farbe besitzt, kann man mit der Zuleitung von Ammoniak aufhören, wenn diese Farbe verschwindet, denn da Aurirhodanid nur in saurer Lösung haltbar ist, ist das Verschwinden seiner Farbe ein Zeichen der eingetretenen Neutralisation. Nach viertelstündigem Trocknen über entwässertem Natriumsulfat wurde die Lösung zur Krystallisation eingedampft. Die ausgeschiedenen Krystalle wurden abfiltriert, mit Äther gewaschen und über Phosphorpentoxyd getrocknet. Ausbeute 7,1 g, berechnet nach der angewandten Goldmenge 8,4 g.

Das erhaltene Salz war schön weiss und krystallinisch. Es ist frisch dargestellt leicht löslich in Äther, aber nach Trocknen sehr schwer löslich darin. 25 g wasserfreies Äther

[1]) Ausführung der Analysen, siehe Seite 18.

enthielt nach 24stündigem Schütteln mit 0,5 g getrocknetem Salz bei 25° nur 0,013 g Gold. In Alkohol ist es leicht löslich, doch mit einem rötlichen Farbton, der eine geringe Bildung von Aurirhodanid andeutet. In Wasser ist es auch leicht löslich, die Lösung scheidet aber nach einiger Zeit einen gelben Niederschlag aus, was eine Zersetzung andeutet. Die Analyse ergab folgende Resultate. I og II sind mehrere Tage über Phosphorpentoxyd getrocknet, III ist aus wasserhaltigem Äther umkrystallisiert und getrocknet, IV ist aus Alkohol umkrystallisiert und getrocknet.

	Berechnet nach	Gefunden			
	NH_4AuRh_2	I	II	III	IV
% *Au*	59,50	59,58	59,5	59,46	59,56
- *S*	19,35	19,5	19,6		
- NH_3	5,14	5,13	5,10		

Die Bestimmungen von Gold und Schwefel wurden wie gewöhnlich ausgeführt (siehe Seite 18). Ammoniak wurde nach Zusatz von Natronlauge abdestilliert, in Säure aufgefangen und durch Zurücktitrierung mit Natriumhydroxyd bestimmt. Vor dem Zusatze der Natronlauge ist es notwendig, das Salz mit Schwefeldioxydwasser zu reduzieren; sonst oxydiert das Aurogold in der alkalischen Lösung etwas Ammoniak, und man findet statt über 5 % kaum 4 %.

Monamminoaurorhodanid, $AuNH_3Rh$. Wenn man die ätherische Lösung von Dirhodanoauroatsäure nach Entwässerung mit wasserfreiem Natriumsulfat mit Ammoniak sättigt, erhält man einen weissen, chlorsilberähnlichen Niederschlag. Nach Abfiltrieren, Waschen mit Alkohol und Äther und Trocknen im Vakuum über Schwefelsäure wurde der Niederschlag analysiert.

	Berechnet nach	Gefunden		
	$AuNH_3Rh$	I	II	III
% *Au*	72,42	72,53	72,44	72,42
- *S*	11,78	11,67	11,86	11,84
- NH_3	6,25			6,22

Monamminoaurorhodanid ist recht unbeständig. Es wird im Lichte geschwärzt und von Wasser zersetzt. Wenn man bei seiner Darstellung die ätherische Lösung der Dirhodanoauroatsäure nicht trocknet, schwärzt sich die gefällte Amminoverbindung etwas, ehe sie getrocknet werden kann. Die Verbindung ist sehr schwerlöslich in wasserfreiem Äther und wasserfreiem Alkohol, aber etwas löslich in gewöhnlichem Alkohol. In ammoniumrhodanidhaltigem Alkohol ist die Verbindung leicht löslich unter Bildung von Ammoniumaurorhodanid und Ammoniak; wenn man daher das mit Ammoniak gefällte Monamminoaurorhodanid mit Alkohol wäscht, geht anfangs ein Teil in Lösung; denn der Niederschlag enthält Ammoniumrhodanid, das mit Alkohol ausgewaschen wird und dabei lösend wirkt. Wenn man mit ammoniakhaltigem Alkohol wäscht, wird man wahrscheinlich diesen Verlust vermeiden können.

III. Zusammensetzung und Komplexität des Aurorhodanidkomplexes.

Potentialmessungen nach BODLÄNDER in Aurorhodanidlösungen. Die Zusammensetzung der festen Rhodanoauroate macht es wahrscheinlich, dass das Gold in rhodanidhaltigen Aurolösungen als Dirhodanoauroation, $AuRh_2^-$, vorhanden sein muss. Um indessen über die Zusammensetzung des in den Lösungen vorhandenen Rhodanoauroatkomplexes Sicherheit zu erhalten, haben wir seine Zusammensetzung nach einem Verfahren von BODLÄNDER[1]) bestimmt und haben dadurch bestätigt gefunden, dass der Komplex ein Dirhodanoauroation, $AuRh_2^-$, ist.

Bei dem Verfahren von BODLÄNDER misst man das Potential von Konzentrationsketten unter Anwendung des in dem Komplex enthaltenen Metalls als Elektroden. Man macht einen Versuch, in welchem der Gehalt der Lösungen an dem Komplex an den beiden Elektroden verschieden ist, während der nicht metallische Bestandteil des Komplexes in gleicher Menge in beiden Lösungen in Überschuss vorhanden ist, und einen anderen Versuch, in welchem die Lösungen den Komplex in gleichen Mengen, den Überschuss der nicht metallischen Komponente aber in verschiedenen Mengen enthalten.

Aus den Werten dieser Potentiale kann man die Zusammensetzung des Komplexes berechnen. Um dieses Verfahren auf den Aurorhodanidkomplex anzuwenden, muss man das Potential zwischen zwei Goldelektroden messen, die in zwei verschiedene Aurorhodanidlösungen eintauchen. Wenn man in diesen zwei Lösungen dieselbe Rhodanionenkonzentration und eine verschiedene Aurogoldkonzentration anwendet, erhält man aus der Potentialmessung die Zahl der Goldatome im Komplex, und wenn man dieselbe Aurogoldkonzentration und eine verschiedene Rhodanionenkonzentration anwendet, erhält man aus der Potentialmessung die Zahl der Rhodangruppen pro Goldatom im Komplex.

Die Tabellen 4—6 enthalten die Resultate unserer Versuche. Die Konzentration des Goldes ist überall in dezimillimolaren Konzentrationen (dmm) angegeben. E ist das gemessene Potential in Volt, n und m die Zahl der Rhodanradikale, bzw. der Goldatome im Komplex ($Au_m Rh_n$). Die angeführten Werte von $n:m$ und m sind nach folgenden Formeln berechnet:

$$\frac{n}{m} = \frac{E}{1{,}983 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot \log (C_1 : C_2)}, \quad m = \frac{1{,}983 \cdot 10^{-4} \cdot T}{E} \cdot \log \frac{C_1}{C_2}.$$

In der ersten Formel bedeuten C_1 und C_2 die Rhodanionenkonzentrationen in Elektrodenlösungen mit derselben Goldkonzentration, und in der zweiten Formel sind C_1 und C_2 die Goldkonzentrationen in Elektrodenlösungen mit derselben Rhodanionenkonzentration. Das Mittel aus den Werten der Tabellen für m und $n:m$ ist:

$$m = 1{,}02 \quad \text{und} \quad n:m = 1{,}99.$$

Dies bedeutet, dass der Rhodanoauroatkomplex in den untersuchten Lösungen die Formel $AuRh_2^-$ besitzt. In den untersuchten Lösungen variiert die Rhodanionenkonzen-

[1]) DEDEKIND-Festschrift, 162 (1901). BODLÄNDER u. FITTIG: Zeitschr. physik. Chem. **39**, 607 (1902). BODLÄNDER u. STORBECK: Zeitschr. f. anorg. Chem. **31**, 1, 458 (1902).

tration von 0,1 bis 1 molar und die Aurogoldkonzentration von 1 bis 40 dezimillimolar. Auf diesem grossen Gebiet hat also der Rhodanoauroatkomplex die angegebene Zusammensetzung. In den untersuchten Lösungen variiert die Säuremenge auch bedeutend (von etwa 0,0003 bis 1 molar).

Tabelle 4.

Potential von Ketten: *Au* | Lösung I | gesätt. *KCl* | Lösung II | *Au*.
Die Lösungen enthalten das Gold als durch Autoreduktion gebildetes Aurogold.

Lösung I	Lösung II	Temp.	*E*	n/m
1 dmm *Au*, 0,1 m *KRh*	1 dmm *Au*, 1 m *KRh*	19,5°	0,1212	2,09
1 — 0,1 —	1 — 0,5 —	—	0,0875	2,16
1 — 0,5 —	1 — 1 —	—	0,0357	2,05
2,5 — 0,25 —	2,5 — 0,5 —	—	0,0345	1,98
5 — 0,5 —	5 — 1 —	—	0,0375	2,15
				m
2,5 dmm *Au*, 0,5 m *KRh*	0,625 dmm *Au*, 0,5 m *KRh*	20°	0,0304	1,15
5 — 0,5 —	1,25 — 0,5 —	—	0,0308	1,13
5 — 0,5 —	1 — 0,5 —	—	0,0460	0,88
2,5 — 1 —	0,625 — 1 —	—	0,0357	0,98
5 — 1 —	1,25 — 1 —	—	0,0373	0,94
10 — 1 —	2,5 — 1 —	—	0,0369	0,95
2,5 — 1 —	1 — 1 —	19,5°	0,0242	0,95
5 — 1 —	1 — 1 —	—	0,0421	0,96
5 — 1 —	2,5 — 1 —	—	0,0173	1,01
10 — 1 —	1 — 1 —	—	0,0588	0,99

Tabelle 5.

Potential von Ketten: *Au* | Lösung I | gesätt. *KCl* | Lösung II | *Au*.
Die Lösungen enthalten das Gold als durch Autoreduktion gebildetes Aurogold.

Lösung I	Lösung II	Temp.	*E*	n/m
8,35 dmm *Au*, 0,25 m *KRh*	8,35 dmm *Au*, 0,5 m *KRh*	23°	0,0338	1,91
8,35 — 0,5 —	8,35 — 1 —	—	0,0329	1,86
8,35 — 0.25 —	8,35 — 1 —	—	0,0663	1,88
16,7 — 0,5 —	16,7 — 1 —	—	0,0359	2,03

Tabelle 6.

Potential von Ketten: *Au* | Lösung I | gesätt. *KCl* | Lösung II | *Au*.
Die Lösungen enthalten das Gold als durch Reduktion mit Sulfit gebildetes Aurogold.

Lösung I	Lösung II	Temp.	*E*	n/m
40 dmm *Au*, 0,4 m *NaRh*, 1 m *HCl*	40 dmm *Au*, 0,1 m *NaRh*, 1 m *HCl*	20°	0,0634	1,81
40 — 0,4 — 1 —	40 — 0,2 — 1 —	—	0,0338	1,94
				m
40 dmm *Au*, 0,4 m *NaRh*, 1 m *HCl*	20 dmm *Au*, 0,4 m *NaRh*, 1 m *HCl*	20°	0,0139	1,25

Die Ausführung der Versuche. Die angewandten Aurorhodanidlösungen wurden aus Aurirhodanid dargestellt teils durch Autoreduktion und teils durch Reduktion mit Sulfit. In der ersten Messungsserie (Tabelle 4) wurde zur Darstellung der Elektrodenlösungen eine Aurorhodanidlösung *A* benutzt, die durch Schütteln von 300 cm³ 1 molarem Kaliumrhodanid mit 0,1406 g Kaliumaurirhodanid bis zur vollständigen

Lösung gebildet war. Das schwerlösliche Kaliumaurirhodanid geht nach und nach in Lösung, indem es in der nur schwach sauren Lösung schnell zu Aurorhodanid autoreduziert wird. Die hierdurch gebildete 0,001 molare Aurorhodanidlösung besass eine ganz schwache rotbraune Farbe und enthielt also eine Spur von Aurirhodanid. In einer zweiten Serie (Tabelle 5) wurde zur Darstellung der Elektrodenlösungen eine Aurorhodanidlösung *B* angewandt, die durch zweitägiges Schütteln von 300 cm³ 1 molarem Kaliumrhodanid mit 0,8 g Kaliumaurirhodanid gebildet war. Hierdurch wurde nicht alles gelöst; nach einem Tag wurde in 50 cm³ 0,028 g Gold gefunden, und nach zwei Tagen 0,033 g Gold in 50 cm³. Die Lösung *B* war hiernach 0,00334 m *Au*; sie war bedeutend rotbrauner als *A* und enthielt also bedeutend mehr Aurigold. Aus *A* und *B* wurden die Elektrodenlösungen durch Verdünnung mit Wasser oder mit Kaliumrhodanid dargestellt. Eine dritte Serie (Tabelle 6) umfasst Versuche, in welchen das Aurogold durch Reduktion mit Sulfit dargestellt wurde. Die hier benutzten Lösungen wurden aus 2 molarer Salzsäure, 1 molarem Natriumrhodanid und 0,04 molarem, mit Natriumhydroxyd neutralisiertem Goldchlorid dargestellt. Nach Mischung von passenden Mengen von diesen Lösungen wurde mit gerade der notwendigen Menge Natriumsulfit entfärbt und mit Wasser auf das gewünschte Volumen verdünnt. Als Elektroden wurden galvanisch vergoldete, in Glasröhre eingeschmolzene Platindrähte angewandt. Die Potentiale wurden nach der Kompensationsmethode gemessen, unter Anwendung eines 100 cm langen Messdrahts, eines Weston-Normalelements und eines Spiegelgalvanometers von Siemens und Halske.

In den Elektrodenlösungen sind die Rhodanionenkonzentrationen aus den angewandten Mengen Kalium- oder Natriumrhodanid berechnet, ohne Berücksichtigung der durch die Autoreduktion von Kaliumaurirhodanid gebildeten Rhodanionen oder der zur Bildung von Rhodanokomplex aus Aurichlorid verbrauchten Rhodanionen. Eine solche Berücksichtigung würde die Konzentrationen nur unwesentlich ändern.

Weiter haben wir statt der in den Formeln enthaltenen Aurorhodanidkonzentration die Gesamtkonzentration des Goldes benutzt. In den sulfitreduzierten Lösungen ist dieses Verfahren ganz genau, da alles Gold wirklich als Aurorhodanid vorhanden ist; in den autoreduzierten Lösungen ist aber ein Teil des Goldes als Cyanokomplex[1]) und ein anderer Teil des Goldes als Aurirhodanid vorhanden, und der Ansatz ist daher nicht ganz exakt; er ist aber zulässig, weil der Cyanokomplex immer ungefähr denselben Bruchteil der ganzen Goldmenge ausmacht, und weil das Aurirhodanid nur in geringer Menge vorhanden ist.

Das Normalpotential Gold-Aurorhodanid. Die soeben beschriebenen Messungen haben uns gezeigt, dass das Potential einer Goldelektrode in Aurorhodanid nach der Formel

$$E = E_0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{[AuRh_2^-]}{[Rh^-]^2}$$

mit der Zusammensetzung der Lösung variiert. Da indessen nur Messungen von Gold-Aurorhodanid-Elektroden gegeneinander ausgeführt wurden, können wir aus diesen

[1]) Vergleich später Seite 28.

Messungen ${}_0E$, das Normalpotential Gold-Aurorhodanid, nicht bestimmen. Um diese Lücke auszufüllen, haben wir auch einige Messungen von Gold-Aurorhodanid-Elektroden gegen Kalomel-Elektroden ausgeführt. Bei diesen Messungen wurde das Gold in Form von mit Natriumhydroxyd neutralisiertem Wasserstoffaurichlorid zugesetzt und mit Natriumsulfit genau reduziert. Tabelle 7 enthält die Resultate unserer Messungen.

Tabelle 7.

Potential von Ketten: *Au* | Aurolösung | gesätt. *KCl* | 0,1 m *KCl*, *Hg Cl* | *Hg*.

Aurolösung	Temp.	$[Rh^-]$	E	E'	${}_0E$
0,004 m Au^I, 0,4 m $NaRh$, 1 m HCl	20°	0,392	0,2423	0,2583	0,3503
0,004 m — , 0,2 m — , 1 m —	20°	0,192	0,2787	0,2947	0,3507
0,002 m — , 0,4 m — , 1 m —	20°	0,396	0,2287	0,2447	0,3548
				Mittel:	0,352

In der Tabelle sind zuerst die Zusammensetzungen und die Temperaturen der Lösungen angegeben. Dann folgen die Rhodanionenkonzentrationen der Lösungen, $[Rh^-]$; sie sind berechnet aus den angewandten Mengen von Natriumrhodanid, indem für jedes Goldatom zwei Rhodanradikale abgezogen worden sind. E ist das gemessene Potential in Volt, E' ist das für das Diffusionspotential korrigierte Potential; nach der HENDERSON'schen Formel[1]) findet man für das Diffusionspotential zwischen 1 molarer Salzsäure und gesättigter Kaliumchloridlösung den Wert 0,016 Volt; die Anwesenheit vom Natriumrhodanid und den anderen Bestandteilen der Lösungen kann diesen Wert nur unwesentlich ändern, und E' ist daher überall aus E durch Addition von 0,016 berechnet. ${}_0E$ ist das aus E' berechnete Normalpotential Gold-Aurorhodanid; es ist berechnet nach der folgenden Formel:

$$E' = {}_0E + \frac{RT}{F} \ln \frac{[AuRh_2^-]}{[Rh^-]^2}.$$

Für $[AuRh_2^-]$ ist die gesamte Goldkonzentration benutzt und für $[Rh^-]$ die in der Tabelle angegebene Zahl. Das Mittel aller Werte des Normalpotentials ist $+0{,}352$ Volt. Wenn man für das Potential der 0,1 normalen Kalomel-Elektroden gegenüber der Normal-Wasserstoff-Elektrode den Wert $+0{,}337$ Volt benutzt, erhält man für das Normalpotential Gold-Aurorhodanid, gemessen gegen die Normal-Wasserstoff-Elektrode:

$${}_0E_h = +0{,}689 \text{ Volt}$$

Ehe wir die Bedeutung dieses Wertes diskutieren, wünschen wir noch einige Bemerkungen zu machen, die die Zusammensetzung derjenigen Aurorhodanidlösungen betreffen, in welchen wir eine wohldefinierte Messung von dem Potential Gold-Aurorhodanid erwarten dürfen.

Jede Goldrhodanidlösung, die mit metallischem Golde in Gleichgewicht sein soll, muss sowohl Aurigold wie Aurogold enthalten. Zur Messung von Aurorhodanid-Gold-

[1]) Zeitschr. physik. Chem. **59**, 118 (1907); **63**, 325 (1908). Vgl. auch Zeitschr. f. Elektrochem. **17**, 59 (1911).

Potentialen ist es notwendig, solche Aurorhodanidlösungen anzuwenden, in welchen die Bildung einer kleinen Menge Aurirhodanid genügt, um die Lösung mit einer Goldüberfläche in Gleichgewicht zu bringen. Sonst zerfällt die Lösung an der Goldelektrode in Gold und Aurirhodanid in einer Ausdehnung, die störend auf die Potentialmessung wirken muss, und wohldefinierte Verhältnisse treten erst ein, wenn die ganze Lösung mit der Goldelektrode in Gleichgewicht gekommen ist, was schwierig zu erreichen sein wird. Nach der Seite 13 aufgestellten Formel für das Aurorhodanid-Aurirhodanid-Gleichgewicht an einer Goldoberfläche:

$$\frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-]} = 33 \cdot \frac{[AuRh_2^-]^2}{[Rh^-]^2}$$

kann man berechnen, dass Gleichgewicht in den von uns angewandten Aurorhodanidlösungen schon erreicht worden ist, wenn 0,1 bis 1 % von dem gesamten Goldgehalt als Aurigold vorhanden ist. Es ist deshalb verständlich, dass unsere Messungen durch die Aurirhodanidbildung an der Goldelektrode nicht gestört worden sind.

Die Komplexität des Dirhodanoauroatkomplexes. Mit Hilfe des jetzt bekannten Normalpotentials Gold-Aurorhodanid kann man die Beständigkeit des Aurorhodanidkomplexes mit denjenigen anderer Aurokomplexe vergleichen, für welche die Normalpotentiale bekannt sind. BODLÄNDER[1]) hat durch Messung von Goldelektrodenpotentialen in alkalischen Aurocyanidlösungen das Normalpotential für die Reaktion:

$$Au(CN)_2^- + \theta = Au + 2CN^-$$

zu — 0,611 bestimmt. Wenn man die Komplexitätskonstante des Aurorhodanids K und die des Aurocyanids K' nennt:

$$K = \frac{[AuRh_2^-]}{[Au^+]\,[Rh^-]^2} \text{ und } K' = \frac{[Au(CN)_2^-[}{[Au^+]\,[CN^-]^2},$$

und wenn ${}_0E$ und ${}_0E'$ die beiden Normalpotentiale bezeichnen, so gilt

$${}_0E - {}_0E' = \frac{RT}{F}\, ln\, \frac{K'}{K},$$

denn bei Gleichgewicht in einer Lösung müssen das Gold-Aurorhodanid- und das Gold-Aurocyanid-Potential gleich gross sein.

Durch Einsetzen erhält man hieraus:

$$\frac{K'}{K} = 10^{\frac{0{,}689-(-0{,}611)}{0{,}058}} = 10^{22{,}4}.$$

Die Komplexitätskonstante des Aurocyanids ist also $10^{22,4}$ mal grösser als die des Aurorhodanids. Trotzdem die Beständigkeit des Cyanids somit weit grösser ist als die

[1]) Ber. deut. chem. Ges. **36**, 3933 (1903).

des Rhodanids, kann Rhodanwasserstoff in saurer Lösung doch in nicht unbedeutendem Grade Cyanwasserstoff aus dem Cyanid austreiben; denn in saurer Lösung kommt der schwach saure Charakter des Cyanwasserstoffs stark zur Geltung. Wenn man annimmt, dass Zwischenprodukte, wie $Au(CN)Rh^-$, nicht gebildet werden, kann man leicht die Gleichgewichte berechnen.

Es gilt

$$\frac{K'}{K} = \frac{[Au(CN)_2^-] \cdot [Rh^-]^2}{[AuRh_2^-] \cdot [CN^-]^2} = 10^{22,4}. \qquad (1)$$

In saurer Lösung, genauer bei allen Wasserstoffionenexponenten, die kleiner sind als 9,3, ist das nicht ans Gold gebundene Cyan vorzugsweise als undissoziierter Cyanwasserstoff vorhanden; denn da die Dissoziationskonstante des Cyanwasserstoffs (K_S) gleich $10^{-9,3}$ ist, hat man

$$\frac{[HCN]}{[CN^-]} = \frac{[H^+]}{K_S} = 10^{9,3 - p_H}. \qquad (2)$$

Für saure Lösungen ist es daher anschaulicher mit Cyanwasserstoffkonzentrationen statt mit Cyanionenkonzentrationen zu rechnen. Durch Elimination von $[CN^-]$ zwischen (1) und (2) erhält man

$$\frac{[Au(CN)_2^-] \cdot [Rh^-]^2}{[AuRh_2^-] \cdot [HCN]^2} = 10^{3,8 + 2p_H}. \qquad (3)$$

Diese Gleichung zeigt, dass Cyanwasserstoff noch in 1 molarer Wasserstoffionenlösung ($p_H = 0$) Rhodanionen aus ihrem Aurokomplex austreiben wird. Wenn man z. B. zu einer Lösung von Dirhodanoauroat in 1 molarer Salzsäure die äquivalente Menge Cyanwasserstoff zufügt ($2HCN$ pro $AuRh_2^-$), werden ca. 95 % des Rhodans ausgetrieben und durch Cyan ersetzt; denn

$$\text{aus } \left(\frac{x}{1-x}\right)^3 = 10^{3,8} \text{ folgt } x = 0,95.$$

In Lösungen, die nicht nur stark sauer sind, sondern in welchen auch die Rhodanionen in grossem Überschuss vorhanden sind, wird natürlich der Rhodanokomplex mehr vorherrschen. Da dieses Verhalten für einen folgenden Abschnitt von einem gewissen Interesse sein wird, haben wir nach der Formel (3) den Zustand des Cyanwasserstoffs in verschiedenen sauren, rhodanionenhaltigen Aurorhodanidlösungen berechnet.

In 1 m HCl, 0,4 m $NaRh$, 0,003 m Au^I sind bei einem Gesamtinhalt von 0,0001 m Cyan 98 % des Cyans als Cyanwasserstoff und nur ca. 2 % als Aurokomplex vorhanden. Wenn der Cyaninhalt 0,001 m beträgt, sind ca. 16 % des Cyans als Aurokomplex vorhanden.

In 0,1 m HCl, 0,4 m $NaRh$, 0,003 m Au^I sind bei einem Cyaninhalt von 0,0001 m 53 % und bei einem Cyaninhalt von 0,001 m 80 % als Aurokomplex vorhanden.

Die Hydrolyse des Dirhodanoauroatkomplexes. Trotz seiner im Vergleich mit dem Aurocyanidkomplex nur geringen Komplexität ist der Aurorhodanidkomplex doch sehr beständig. In Gegenwart von überschüssigen Rhodanionen ist er z. B. so wenig

hydrolysiert, dass man ohne Schwierigkeit die freie Säure in einer Aurorhodanidlösung mit Natriumhydroxyd titrieren kann, und zwar nicht nur mit einem Indikator wie Methylorange, der in saurer Lösung umschlägt, sondern auch mit Phenolphtaleïn. Beim Umschlagspunkt des Phenolphtaleïns, $p_H = 9$, ist der Aurorhodanidkomplex also in Gegenwart von überschüssigen Rhodanionen noch nicht merkbar hydrolysiert. Dagegen wird er durch einen Überschuss von freiem Alkali sogleich zersetzt. Der beständigere Aurocyanidkomplex ist bekanntlich so wenig hydrolysiert, dass er nicht einmal in stark alkalischer Lösung zersetzt wird. Ohne einen Überschuss von Rhodanionen ist der Aurorhodanidkomplex nur wenig beständig; wenn man z. B. Kaliumaurorhodanid in reinem Wasser löst, wird es schnell teilweise zersetzt.

Experimentelles. 5 cm³ 0,5 m $HAuCl_4$ wurden mit 2 g $NaRh$ versetzt, mit konzentriertem Natriumsulfit entfärbt und mit 1 m Natronlauge titriert; mit Methylorange wurden dabei 7,45 cm³ und mit Phenolphtaleïn 7,50 cm³ verbraucht. Nach der folgenden Gleichung, $HAuCl_4 + 2\,NaRh + Na_2SO_3 + 3\,NaOH = NaAuRh_2 + 4\,NaCl + Na_2SO_4 + 2\,H_2O$, berechnet man einen Verbrauch von 7,50 cm³.

IV. Zusammensetzung und Komplexität des Aurirhodanidkomplexes.

Über die Schwierigkeiten bei der direkten Messung von Aurirhodanid-Gold-Potentialen. Es liegt nahe, die Zusammensetzung und Komplexität des Aurirhodanidkomplexes durch direkte Messung von Goldelektrodepotentialen in Aurirhodanidlösungen bestimmen zu wollen.

Diese Messung lässt sich aber nur schwierig durchführen. Die meisten Aurirhodanidlösungen wirken nämlich nach dem Reaktionschema

$$2\,Au + AuRh_4^- + 2\,Rh^- = 3\,AuRh_2^-$$

stark lösend auf eine Goldelektrode, und erst wenn eine grosse Menge Aurorhodanid in der Lösung gebildet worden ist, tritt Gleichgewicht ein. Diese goldlösende Fähigkeit lässt sich leicht durch Wägen von dünnem Goldblech verfolgen oder durch Einhängen von schwach vergoldeten Platindrähten demonstrieren.

Solange die Lösung nicht mit Gold in Gleichgewicht ist, werden die drei Potentiale, Auri-Auro, Auro-Gold, Auri-Gold, in der Lösung verschieden sein, und das mit einer Goldelektrode gemessene Potential wird ein Mittelding zwischen diesen Potentialen sein.

Nur wenn die Aurirhodanidlösung eine solche Zusammensetzung besitzt, dass die Bildung einer ganz kleinen Menge von Aurorhodanid, z. B. 1 %, genügt, um die Lösung mit Gold in Gleichgewicht zu bringen, wird man durch Eintauchen einer Goldelektrode in die Lösung das Aurirhodanid-Gold-Potential direkt messen können. Die Kurve in Figur 2, Seite 14, ergibt als die hierfür notwendige Bedingung, dass die Rhodanionen-

konzentration nur ca. 1 % der Goldkonzentration betragen darf. Mit solchen Lösungen zu arbeiten, ist aber recht unmöglich: Erstens geht die Autoreduktion wegen der kleinen Rhodanionenkonzentration sehr schnell vonstatten, zweitens ist in einer solchen Lösung die Rhodanionenkonzentration nicht genau zu bestimmen, und drittens wird die Rhodanionenkonzentration wegen der Bildung von Rhodanionen bei der Autoreduktion durch eine ganz geringe Autoreduktion sehr stark geändert.

Die Messung des Aurirhodanid-Aurorhodanid-Potentials. Um die Zusammensetzung und Komplexität des Aurirhodanids zu bestimmen, haben wir das Auri-Auro-Potential in Mischungen von Aurirhodanid und Aurorhodanid gemessen.

Ein Platinblech, das in eine gemischte Lösung von Aurorhodanid und Aurirhodanid eintaucht, besitzt ein recht wohl definiertes Potential, und eine nähere Untersuchung hat uns gezeigt, dass die potentialbestimmende Reaktion in einer solchen Lösung der reversible Übergang zwischen Aurorhodanid und Aurirhodanid ist, indem das Platin als unangreifbare Elektrode wirkt.

Die Messung dieses Potentials bietet viel Interesse dar. Erstens können wir aus seiner Änderung mit der Zusammensetzung der Lösung die Formel des Rhodanoauriatkomplexes bestimmen. Zweitens können wir aus seiner absoluten Grösse, wenn das Normalpotential Aurorhodanid-Gold bekannt ist, das Gleichgewichtsverhältnis zwischen Aurorhodanid und Aurirhodanid an einer Goldoberfläche berechnen. Drittens können wir daraus das nicht direkt messbare Potential Aurirhodanid-Gold berechnen und dadurch ein Mass für die Komplexität des Aurirhodanids erhalten. Endlich können wir, wenn wir dieses Potential kennen, aus dem Potential einer Platinelektrode in einer unbekannten Goldrhodanidlösung das Verhältnis zwischen Auro- und Aurirhodanid in der Lösung berechnen.

Bei allen unseren Messungen wurden die Goldlösungen aus 2 molarer Salzsäure, 1 molarem Natriumrhodanid und 0,04 molarem Wasserstoffaurichlorid dargestellt. Zuerst wurde nur so viel Gold zugesetzt, als Aurorhodanid in der Lösung gewünscht wurde, dann wurde die Lösung mit Natriumsulfit genau entfärbt, darauf wurde wieder Goldlösung zugesetzt, so dass die Lösung den gewünschten Inhalt von Aurirhodanid erhielt, und endlich wurde mit Wasser auf 50 cm^3 verdünnt. Die Potentiale wurden gegen eine 0,1 normale Kalomelelektrode gemessen unter Einschaltung einer gesättigten Kaliumchloridlösung, um das Diffusionspotential zu vermindern. Die Potentialmessungen wurden mit einem Kompensationsapparat von Wolff, Berlin, einem empfindlichen Spiegelgalvanometer von Siemens und Halske und einem Weston-Normalelement ausgeführt.

Bei den ersten Messungen wurde als unangreifbare Elektrode ein in ein Glasrohr eingeschmolzener, mit Kaliumcyanid gereinigter, blanker Platindraht benutzt. Die mit ihm gemessenen Potentialwerte zeigten sich konstant und waren sowohl unempfindlich gegen Schütteln wie wenig polarisierbar. Sie sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Als wir später einige von den Messungen wiederholen wollten, war es unmöglich, mit blanken Platindrähten gute Messungen zu erhalten, und wir erhielten erst gut reproduzierbare Messungen, als wir dazu übergingen, die Platindrähte zu platinieren. Aus Gründen, die wir uns nicht erklären können, erhielten wir bei allen diesen neueren Messungen Potentiale, die ungefähr 15 Millivolt höher waren als die älteren; auch Messungen mit blanken Platindrähten waren so viel höher als die früheren. In Tabelle 9 sind eine Reihe von den neueren Messungen

zusammengestellt. Bei den Wiederholungen sind die Messungen zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedenen Elektroden und Goldlösungen ausgeführt.

Tabelle 8.

Potential von Ketten: Pt | Goldlösung | gesätt. KCl | 0,1 m KCl, $HgCl$ | Hg
bei ca. 22,5°. 1. Serie (ungenau).

Nr.	Goldlösung	$[Rh]$	E	ΔE	E'	${}_0E$
1	0,002 m Au^{III}, 0,002 m Au^{I}, 0,1 m $NaRh$, 1 m HCl	0,088	0,3410	— 0,0005	0,3570	0,2951
2	0,002 — 0,002 — 0,1 — 1 —	—	0,3375		0,3535	0,2916
3	0,002 — 0,002 — 0,2 — 1 —	0,188	0,3217	— 0,0003	0,3377	0,2946
4	0,002 — 0,002 — 0,4 — 1 —	0,388	0,2971	— 0,0001	0,3131	0,2890
5	0,004 — 0,004 — 0,1 — 1 —	0,076	0,3421	— 0,0004	0,3581	0,2926
6	0,002 — 0,006 — 0,2 — 1 —	0,180	0,3094	— 0,0002	0,3254	0,2958
7	0,004 — 0,004 — 0,2 — 1 —	0,176	0,3200	— 0,0000	0,3360	0,2918
8	0,006 — 0,002 — 0,2 — 1 —	0,172	0,3365	— 0,0012	0,3525	0,2937
					Mittel:	0,2930

Tabelle 9.

Potential von Ketten: Pt | Goldlösung | gesätt. KCl | 0,1 m KCl, $HgCl$ | Hg

1) Bei 18°:

Goldlösung	$[Rh^-]$	E	ΔE	E'	E_0
0,002 m Au^{III}, 0,002 m Au^{I}, 0,1 m $NaRh$, 1 m HCl	0,088	0,3557	— 0,0004	0,3717	0,3108
0,002 — 0,002 — 0,2 — 1 —	0,188	0,3343	— 0,0002	0,3503	0,3085
		0,3346	— 0,0001	0,3506	0,3088
		0,3347	— 0,0008	0,3507	0,3089
		0,3344	— 0,0010	0,3504	0,3086
		0,3348	— 0,0010	0,3508	0,3090
0,004 — 0,004 — 0,2 — 1 —	0,176	0,3338	— 0,0004	0,3498	0,3063
				Mittel:	0,3086

2) Bei 8,5°:

0,002 m Au^{III}, 0,002 m Au^{I}, 0,2 m $NaRh$, 1 m HCl	0,188	0,3312		0,3472	0,3067
		0,3306		0,3466	0,3061
				Mittel:	0,3064

Bei der Angabe der Zusammensetzung der Lösungen bedeutet Au^{III} Aurigold und Au^{I} Aurogold. $[Rh^-]$ bezeichnet die Rhodanionenkonzentration der Lösungen; sie ist berechnet aus der angewandten Menge Natriumrhodanid unter der Annahme, dass das Aurigold als Tetrarhodanokomplex und das Aurogold als Dirhodanokomplex vorhanden ist. E ist das einige Minuten nach der Darstellung der Lösung gemessene Potential, und ΔE ist die Änderung des Potentials in den nächsten 10 Minuten. E' ist das für das Diffusionspotential korrigierte Potential und ist berechnet aus E durch Addition von 0,0160[1]). ${}_0E$ ist endlich das nach der folgenden Formel berechnete Normalpotential:

$$ {}_0E = E' - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Au^{III}]}{[Au^{I}] \cdot [Rh^-]^2}. $$

Die Zusammensetzung des Aurirhodanidkomplexes. Die Werte, die in den Tabellen 8 und 9 für das Normalpotential berechnet sind, weisen innerhalb jeder Messungs-

[1]) Vgl. Seite 27.

reihe eine gute Übereinstimmung auf. Wir können daraus schliessen, dass die potentialbestimmende Reaktion die folgende sein muss:

$$\text{Aurokomplex} + 2Rh^- = \text{Aurikomplex} + 2\theta;$$

denn nur diese Reaktion führt zu der bei der Berechnung des Normalpotentials benutzten Formel. Da der Aurokomplex $AuRh_2^-$ ist, muss folglich der Aurikomplex $AuRh_4^-$ sein.

Um einen Begriff von der Genauigkeit zu geben, mit welcher man auf die Formel $AuRh_4^-$ schliessen darf, kann Folgendes angeführt werden. Wenn E_1 und E_2 die bei einer bestimmten Goldkonzentration bei zwei verschiedenen Rhodanionenkonzentrationen gefundenen Potentiale sind, kann man nach einer Formel, die den früher benutzten[1]) Bodländer'schen analog ist, berechnen, wie viel Rhodanradikale der Aurikomplex mehr enthält als der Aurokomplex. Wenn diese Zahl n genannt wird, gilt nämlich:

$$n = \frac{E_2' - E_1}{(RT:2F)(ln[Rh^-]_1 - ln[Rh^-]_2)}.$$

Wenn man aus Tabelle 8 das Mittel von Versuch 1 und 2 nimmt und mit Versuch 3 kombiniert, findet man $n = 1{,}82$; wenn man mit Versuch 4 kombiniert, findet man $n = 2{,}23$; und wenn endlich Versuch 5 mit 7 kombiniert wird, erhält man 2,07.

Wenn man eine saure, aurirhodanidhaltige Lösung mit Äther ausschüttelt, nimmt die Ätherschicht eine stark rotbraune Farbe an, und die wässrige Schicht wird vollständig entfärbt. Die roten Rhodanoaurikomplexe lassen sich also mit Äther vollständig extrahieren. Es liegt nahe, zu versuchen, die Zusammensetzung der roten Komplexe durch Ätherextraktion zu bestimmen; eine solche Bestimmung lässt sich indessen nur schwierig durchführen, weil Rhodanwasserstoff auch durch Äther ausgeschüttelt wird.

Wenn man die Ätherschicht mit säurehaltigem Wasser wäscht, kann man zwar den Rhodanwasserstoff entfernen; gleichzeitig wird aber durch Dissoziation oder Autoreduktion neuer Rhodanwasserstoff gebildet; wenn man das Waschen fortsetzt, fängt zuletzt eine tiefergreifende Zersetzung an, und die Ätherschicht wird getrübt. In der Ätherschicht ist die Zahl der Rhodangruppen pro Goldatom dann gewöhnlich bis unter drei gesunken, aber trotzdem ergibt das Waschwasser immer Rhodanreaktion mit Ferrisalz.

Das Normalpotential Aurorhodanid-Aurirhodanid. Für das Normalpotential findet man als Mittel aus unseren ersten Versuchen 0,2930 Volt, während das Mittel aus allen unseren späteren Versuchen 0,3086 ist. Da letzterer Wert zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedenen Elektroden immer wieder gefunden worden ist, muss er als der richtigere betrachtet werden. Wir werden im Folgenden mit dem Werte 0,308 rechnen. Wenn dieser Wert durch Addition von 0,337 von der Zehntelnormal-Kalomelelektrode auf die Normal-Wasserstoffelektrode umgerechnet wird, erhält man ${}_0E_h = 0{,}645$. Für die Reaktion J_2 (fest) $+ 2\theta = 2J^-$ ist das Normalpotential ${}_0E_h = 0{,}54$, und für die Reaktion Br_2 (flüssig) $+ 2\theta = 2Br^-$ ist das Normalpotential ${}_0E_h = 1{,}09$. Das Aurirhodanid ist hiernach als Oxydationsmittel etwas stärker als Jod, aber viel schwächer als Brom.

[1]) Seite 24.

Die Berechnung des Aurirhodanid-Gold-Potentials. Aus den zwei Normalpotentialen Aurirhodanid-Aurorhodanid und Aurorhodanid-Gold kann man das Normalpotential Aurirhodanid-Gold berechnen; denn die elektrische Energie, die man reversibel durch Abscheidung des Goldes aus Aurirhodanid in einem galvanischen Element erhält, muss der Summe der elektrischen Energien gleich sein, die man erhält, wenn man reversibel in galvanischen Elementen erst das Aurirhodanid in Aurorhodanid und danach das Aurorhodanid in Gold umwandelt. Wenn man die Potentiale der drei Prozesse in derselben Lösung mit $E(AuRh_4^-, Au)$, $E(AuRh_4^-, AuRh_2^-)$, $E(AuRh_2^-, Au)$ bezeichnet, muss daher gelten:

$$3E(AuRh_4^-, Au) = 2E(AuRh_4^-, AuRh_2^-) + E(AuRh_2^-, Au)^1).$$

Wenn man diese Gleichung auf eine Lösung anwendet, die in betreff der verschiedenen Ionenarten 1 molar ist, werden die E-Werte zu den Normalpotentialen, und man erhält deshalb für das Normalpotential Aurirhodanid-Gold:

$$3\,{}_0Eh = 2 \cdot 0{,}645 + 0{,}689; \quad {}_0Eh = 0{,}660.$$

Die Komplexität des Aurirhodanids. Mit Hilfe des jetzt bekannten Normalpotentials Gold-Aurirhodanid können wir die Komplexität des Tetrarhodanoauriatkomplexes mit denjenigen anderer Aurikomplexe vergleichen, für welche die Normalpotentiale bekannt sind. Da bisher keine solche Normalpotentiale bekannt waren, haben wir das Normalpotential Gold-Tetrachloroauriatkomplex bestimmt; es ist gleich 1,001[2]). Wenn man die beiden Komplexitätskonstanten K und K' nennt,

$$K = \frac{[AuRh_4^-]}{[Au^{+++}] \cdot [Rh^-]^4}, \quad K' = \frac{[AuCl_4^-]}{[Au^{+++}] \cdot [Cl^-]^4},$$

und wenn ${}_0E$ und ${}_0E'$ die beiden Normalpotentiale bezeichnen, so gilt:

$${}_0E - {}_0E' = \frac{RT}{3F} ln \frac{K'}{K},$$

da bei Gleichgewicht in einer chloridhaltigen und rhodanidhaltigen Aurilösung das Gold-Aurichlorid-Potential und das Gold-Aurirhodanid-Potential gleich gross sein müssen.

Durch Einsetzen erhält man hieraus:

$$\frac{K'}{K} = 10^{\frac{1{,}001 - 0{,}660}{0{,}0193}} = 10^{17{,}67}.$$

Die Komplexitätskonstante des Tetrarhodanoauriatkomplexes ist also ca. $10^{17{,}7}$ mal grösser als die des Tetrachloroauriatkomplexes.

---

[1]) Die LUTHER'sche Regel. Vgl. LUTHER, Zeitschr. physik. Chem. **34**, 488 (1900); **36**, 385 (1901).

[2]) Vgl. den Anhang dieser Abhandlung.

V. Die Dissoziation des Aurirhodanids in Aurorhodanid und freies Rhodan.

Nachdem wir gefunden hatten, dass das Auri-Auro-Potential in einer Goldrhodanidlösung an einer Platinelektrode sich schnell einstellt, lag es nahe, die Autoreduktion in einer Aurirhodanidlösung durch Potentialmessungen mit Platinelektroden zu verfolgen. Die Ausführung von solchen Messungen führte uns zur Entdeckung einer unerwarteten Dissoziation von Aurirhodanid in Aurorhodanid und Rhodan.

Messungen von Platinelektrodenpotentialen in Aurirhodanidlösungen. Die Messungen wurden in ähnlicher Weise wie die im vorigen Abschnitt besprochenen ausgeführt. Die gewonnenen Resultate sind in den Tabellen 10 und 11 enthalten. In den Tabellen bedeutet E das Potential, das schnell (1 bis 3 Minuten) nach der Darstellung der Goldlösung gefunden wurde. Ausserdem sind einige Angaben über die zeitliche Änderung des Potentials mitgeteilt.

Tabelle 10.

Potential von Ketten: (Pt blank) | Aurirhodanid | gesätt. KCl | 0,1 m KCl, $HgCl$ | Hg bei 21,5°.

Aurirhodanidlösung	E	Abnahme von E in 10 Min.	Abnahme von E in 60 Min.
0,004 m $HAuCl_4$, 0,4 m $NaRh$, 1 m HCl	0,3260	0,0006	0,0013
0,002 — 0,4 — 1 —	0,3230		0,0052
0,004 — 0,2 — 1 —	0,3450	0,0007	
0,002 — 0.2 — 1 —	0,3362	0,0014	

Anm. Gleichzeitig wurde mit derselben Apparatur das Normalpotential Aurirhodanid-Aurorhodanid zu 0,2930 gegen die Dezinormal-Kalomelelektrode bestimmt.

Tabelle 11.

Potential von Ketten: (Pt platiniert) | Aurirhodanid | gesätt. KCl | 0,1 m KCl, $HgCl$ | Hg bei 18°.

Aurirhodanidlösung	E	Abnahme von E in 10 Min.	in 75 Min.	in 150 Min.
0,004 m $HAuCl_4$, 0,2 m $NaRh$, 1 m HCl	0,3625	0,0012		0,0090
0,002 — 0,2 — 1 —	0,3584	0,0010		0,0020
0,001 — 0,2 — 1 —	0,3542		0,0083	
0,002 — 0,2 — 0,2 —	0,368[1])	0,015		
0,002 — 0,1 — 1 —	0,3771	0,0041		

Anm. Gleichzeitig wurde mit derselben Apparatur das Normalpotential Aurirhodanid-Aurorhodanid zu 0,3086 gegen die Dezinormal-Kalomelelektrode bestimmt.

Aus den Potentialmessungen in den Tabellen 10 und 11 haben wir die Aurorhodanidkonzentrationen in den verschiedenen Aurirhodanidlösungen berechnet. Die Resultate dieser Berechnungen sind in den Tabellen 12 und 13 mitgeteilt.

Zuerst sind die gemessenen Potentiale für das Diffusionspotential korrigiert. Die nach der Henderson'schen Formel[2]) berechneten Werte des Diffusionspotentials sind in den Tabellen angegeben. Aus E', dem korrigierten Potential, ist dann das Verhältnis zwischen Aurirhodanid und Aurorhodanid nach der folgenden Gleichung berechnet:

[1]) Dieser Wert ist wegen der schnellen Abnahme des Potentials ein auf die Zeit 0 extrapolierter Wert.

[2]) Vgl. Seite 27 dieser Abhandlung.

$$E' = {}_0E + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-] \cdot [Rh^-]^2}.$$

Für ${}_0E$, das Normalpotential Aurorhodanid-Aurirhodanid, sind die in den Anmerkungen zu den Tabellen 10 und 11 mitgeteilten Werte angewandt. Zuletzt ist der Dissoziationsgrad des Aurirhodanids, α, nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = \frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-]}.$$

Tabelle 12.

Der Dissoziationsgrad des Aurirhodanids, elektrometrisch bestimmt.
Berechnet aus der 1. Messungsreihe (mit blanker Platinelektrode und bei 21,5°).

Zusammensetzung der Lösung	Dif. pot.	$[Rh^-]$	Aurorhodanidgehalt (100 α) sogleich	nach 10 Min.	nach 60 Min.
0,004 m $HAuCl_4$, 0,4 m $NaRh$, 1 m HCl	— 0,016	0,384	12,4 %	12,9 %	13,6 %
0,002 — 0,4 — 1 —	— 0,016	0,392	14,7 —	... —	20,6 —
0,004 — 0,2 — 1 —	— 0,016	0,184	11,9 —	12,5 —	... —
0,002 — 0,2 — 1 —	— 0,016	0,192	20,5 —	23,9 —	... —

Tabelle 13.

Der Dissoziationsgrad des Aurirhodanids, elektrometrisch bestimmt.
Berechnet aus der 2. Messungsreihe (mit platinierter Platinelektrode und bei 18°).

Zusammensetzung der Lösung	Dif. pot.	$[Rh^-]$	Aurorhodanidgehalt (100 α) sogleich	nach 10 Min.	nach 150 Min.
0,004 m $HAuCl_4$, 0,2 m $NaRh$, 1 m HCl	— 0,016	0,186	9,9 %	10,7 %	18,3 %
0,002 — 0,2 — 1 —	— 0,016	0,192	12,6 —	13,3 —	26,3 —
0,001 — 0,2 — 1 —	— 0,016	0,196	16,1 —	... —	... —
0,002 — 0,2 — 0,2 —	— 0,007	0,192	12,4 —	31,0 —	... —
0,002 — 0,1 — 1 —	— 0,016	0,092	12,4 —	16,4 —	... —

Wir sehen aus den Tabellen 12 und 13, dass Aurirhodanidlösungen gleich nach ihrer Darstellung eine recht bedeutende Menge Aurogold enthalten, und dass die Menge von Aurorhodanid nur langsam grösser wird. Diese Resultate stimmen anscheinend gar nicht mit den Resultaten überein, die man durch Sulfittitrierungen erhält; denn danach scheint in den drei Minuten alten Lösungen noch alles Gold als Aurirhodanid vorhanden zu sein (vgl. die später beschriebenen, zur Kontrolle der Sulfittitrierung ausgeführten Titrierungen). Wir können daraus schliessen, dass das in den frischen Aurirhodanidlösungen elektrometrisch nachgewiesene Aurorhodanid wahrscheinlicherweise durch einen umkehrbaren Dissoziationsprozess entstanden sein muss; in diesem Falle wird im Laufe der Sulfittitrierung das durch die Dissoziation gebildete Aurorhodanid in Aurirhodanid zurückgewandelt werden, und es ist deshalb verständlich, dass alles Gold als Aurirhodanid titriert wird. Das sogleich gebildete Aurorhodanid kann nicht durch Autoreduktion gebildet sein, denn dieser Vorgang ist bekanntlich nicht reversibel. Schon die Beobachtung, dass 10 bis 20 % Aurorhodanid momentan gebildet werden, und dass eine weitere Menge Aurorhodanid nur langsam gebildet wird, deutet übrigens darauf, dass ein sich schnell einstellendes Dissoziationsgleichgewicht über die langsame, irreversible Autoreduktion gelagert hat. Um die Richtigkeit dieser Dissoziationshypothese zu prüfen, haben wir eine Reihe von Messungen über die Farbenintensität von Aurirhodanidlösungen ohne und mit Aurorhodanidzusatz ausgeführt.

Spektrophotometrische Untersuchungen über die Farbe von Aurirhodanidlösungen. Um für die Farbe des Aurirhodanids ein Mass zu erhalten, haben wir den molaren Extinktionskoeffizienten des Goldes in Aurirhodanidlösungen für die Wellenlänge 578 $\mu\mu$ bestimmt. Der molare Extinktionskoeffizient, mEk, ist in folgender Weise definiert:

$$mEk = \frac{\log\,(I_0 : I)}{l \cdot C},$$

wo l die Schichtdicke in Zentimetern, C die molare Konzentration des Goldes, I_0 die Intensität des einfallenden Lichtes und I die Intensität des austretenden Lichtes ist.

Die Bestimmung des molaren Extinktionskoeffizienten wurde mit einem König-Martens'schen Spektrophotometer von Schmidt und Haensch ausgeführt. Der Apparat war mit Rutherfordprisme versehen, und als Lichtquelle wurde eine Quarz-Quecksilberlampe benutzt. Die Absorption des Aurirhodanids wächst stark gegen das violette Ende des Spektrums. Bei 546 $\mu\mu$ (der grünen Quecksilberlinie) ist der molare Extinktionskoeffizient ca. 2,6mal grösser als bei 578 $\mu\mu$ (der gelben Linie), und bei 436 $\mu\mu$ (der blauen Linie) ist er fast 10mal grösser. Wir benutzten die Wellenlänge 578 $\mu\mu$, weil die Lösungen, die wir zu messen wünschten, hier bei bequemen Schichtdicken eine Extinktion von passender Grösse besassen. Die untersuchten Lösungen wurden aus 5 m Salzsäure, 1,4 m Natriumrhodanid, Wasser und 0,05 m Wasserstoffaurichlorid zusammengemischt. Einzelne Lösungen wurden doch aus 2 m Natriumrhodanid dargestellt und die konzentriertesten durch Abwägen von festem Natriumrhodanid. Wenn die Lösung ausser Aurirhodanid auch Aurorhodanid enthalten sollte, wurde das Wasserstoffaurichlorid in zwei Portionen zugesetzt, und die erste Portion wurde sorgfältig mit der eben notwendigen Menge von Natriumsulfit reduziert, ehe die zweite zugesetzt wurde. Das Alter der Lösungen wurde vom letzten Zusatz von Wasserstoffaurichlorid an gerechnet. Die Konzentration des mit Sulfit reduzierten Goldchlorids wird als Au^I und die Konzentration des nicht reduzierten als Au^{III} angegeben. In den folgenden Tabellen ist das experimentelle Material zusammengestellt.

Tabelle 14.

1 m *HCl*, 0,28 m *NaRh*.

0,002 m Au^{III}		0,002 m Au^{III} 0,005 m Au^I		0,005 m Au^{III}		0,005 m Au^{III} 0,005 m Au^I		0,005 m Au^{III} 0,010 m Au^I	
16°		16°		23°		22,5°		23°	
Alter	mEk	Alter	mEk	Alter	mEk	Alter	mEk	Alter	mEk
0 Min.	(126)	0 Min.	(145)	0 Min.	(131)	0 Min.	(142)	0 Min.	(143)
3 —	126,1	3 —	144,3	3 —	130,0	4,5—	141,6	4 —	142,2
8,5—	125,8	36 —	142,5	15 —	127,2	82 —	133,3	16 —	140,8
18 —	125,5	87 —	140,2	35 —	124,8	268 —	123,4	60 —	138,9
40 —	124,6	1230 —	127,6	154 —	115,2	480 —	117,5	129 —	135,9
75 —	122,9	— —	—	266 —	110,0	1310 —	102,7	447 —	131,3
126 —	121,1	— —	—	1370 —	83,4	— —	—	1310 —	(114,5)[1]
1200 —	99,1	— —	—	5760 —	18,8	— —	—	— —	—
Sulfittitrierung: 1210 Min. 73% Au^{III}		Sulfittitrierung: 1240 Min. 90% Au^{III}							

[1]) Die Lösung hatte Nadeln von $NaAuRh_4$ ausgeschieden.

Tabelle 15.

1 m *HCl*, 0,14 m *Na Rh*.

0,002 m Au^{III}		0,002 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}		0,005 m Au^{III}		0,005 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}	
20°—18°		18°		21°—18°		18°	
Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*
0 Min.	(111)	0 Min.	(126)	0 Min.	(115)	0 Min,	(124)
3 —	107 9	3 —	126,1	3 —	111,7	3 —	123,4
8 —	104,9	17 —	125,5	12,5—	107,5	13 —	122,9
32 —	98,0	32 —	125,6	37,5—	102,0	129 —	121,2
70 —	92,9	153 —	124,7	60 —	98,4	234 —	118,9
105 —	89,7	— —	—	84 —	96,6	— —	—
1240 —	59,9	— —	—	121 —	92,4	— —	—
— —	—	— —	—	159 —	90,6	— —	—
— —	—	— —	—	1220 —	68,8	— —	—
Sulfittitrierung:		Sulfittitrierung:		Sulfittitrierung:		Sulfittitrierung:	
1250 Min. 51 % Au^{III}		160 Min. 100 % Au^{III}		1230 Min. 55 % Au^{III}		240 Min. 98,2 % Au^{III}	

Tabelle 16.

1 m *HCl*, 0,056 m *Na Rh*.

0,002 m Au^{III}		0,002 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}		0,005 m Au^{III}		0,005 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}	
18°		18°		18°		18°	
Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*
0 Min.	(99)	0 Min.	(112)	0 Min.	(100)	0 Min.	(109)
3 —	88,4	3 —	111,8	3 —	86,6	3 —	107,6
8 —	80,1	9 —	111,1	7 —	79,4	16 —	102,6
16 —	71,9	82 —	107,4	15 —	71,2	38 —	96,8
25 —	66,7	— —	—	54 —	56,4	1325 —	52,1
36 —	62,6	— —	—	82 —	52,4	— —	—
57 —	55,7	— —	—	1180 —	26,1	— —	—
70 —	53,0	— —	—	— —	—	— —	—
108 —	47,5	— —	—	— —	—	— —	—
143 —	43,7	— —	—	— —	—	— —	—
1196 —	22,9	— —	—	— —	—	— —	—
Sulfittitrierung:		Sulfittitrierung:		Sulfittitrierung:		Sulfittitrierung:	
1200 Min. 24 % Au^{III}		90 Min. 97 % Au^{III}		1200 Min. 26 % Au^{III}		1330 Min. 48 % Au^{III}	

Tabelle 17.

1 m *HCl*, 0,028 m *Na Rh*
0,002 m Au^{III}
0,005 m Au^{I}
15°

Alter	*m Ek*
0 Min.	(102)
3 —	100,8
13 —	96,8
30 —	91,8
69 —	82,4
99 —	78,0
200 —	63,2
350 —	52,5
2895 —	16,0

Tabelle 18.

1 m *HCl*, 0,8 m *Na Rh*

0,002 m Au^{III}		0,002 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}	
16,5°		16,5°	
Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*
0 Min.	(167)	0 Min.	(182)
3 —	167,2	3,5—	181,3
9 —	167,0	19 —	179,6[1])
16 —	166,6	— —	—
66 —	165,6[1])	— —	—

[1]) Die Lösungen wurden schnell unklar und hatten am nächsten Tage einen gelben Niederschlag ausgeschieden.

Tabelle 19.

0,5 m *HCl*, 0,28 m *NaRh*

0,005 m Au^{III}		0,005 m Au^{III} + 0,005 m Au^{I}	
22,5°—20°		22,5°—20°	
Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*
0 Min.	(130)	0 Min.	(137)
3,5 —	127,1	9,5 —	135,2
21,5 —	120,0	12,5 —	134,8
46 —	114,7	37 —	(131,8)
111 —	105,8	60 —	(125,8)
— —	—	128 —	(113,3)[1]

Tabelle 20.

0,2 m *HCl*, 0,28 m *NaRh*

0,005 m Au^{III}		0,005 m Au^{III} + 0,005 m Au^{I}	
16°		16°	
Alter	*m Ek*	Alter	*m Ek*
0 Min.	(124)	0 Min.	(135)
2,5 —	119,3	3 —	134,3
6 —	114,4	7 —	133,6
12 —	107,8	16 —	132,8
33 —	96,5	33 —	(129,9)
58 —	89,8	49 —	(125,3)
106 —	80,6[2]	74 —	(119,5)
— —	—	126 —	(107,4)[2]

Tabelle 21.

0,2 m *HCl*, 2 m *NaRh*
0,001 m Au^{III}
16°

Alter	*m Ek*
0 Min.	(219)
3,5 —	218
10 —	217
33 —	214
68 —	214
145 —	209[3]

Tabelle 22.

0,2 m *HCl*, 4 m *NaRh*
0,001 m Au^{III}
16°

Alter	*m Ek*
0 Min.	(282)
4 —	282[4]

Die Extinktionswerte für die Zeit Null wurden durch Extrapolation bestimmt und sind deshalb in den Tabellen in Parenthese gesetzt. Die Extrapolation ist doch recht sicher; nur in den rhodanarmen Lösungen ohne Aurorhodanidzusatz schätzen wir, dass die Extrapolation nicht auf 1 % sicher ist. Unter den übrigen Extinktionswerten sind weiter einige in Parenthese gesetzt, für welche wir wissen, bzw. schätzen, dass sie durch Ausscheidung von Natriumaurirhodanid aus der Lösung entstellt sind. Von den untersuchten Lösungen wurden viele nach Abschluss der Extinktionsmessungen sulfittitriert, und die dadurch gewonnenen Resultate sind unten in den Tabellen aufgeführt.

Angenäherte Berechnung des Dissoziationsgrades aus den Farbenmessungen. In Tabelle 23 sind die Anfangswerte des molaren Extinktionskoeffizienten für die wichtigsten untersuchten Lösungen zusammengestellt.

---

[1]) Die Lösung hatte Nadeln von $NaAuRh_4$ ausgeschieden.

[2]) Die Lösung hatte am nächsten Tage Nadeln von $NaAuRh_4$ ausgeschieden.

[3]) Die Lösung hatte am nächsten Tage einen gelben Niederschlag ausgeschieden und besass noch eine rotbraune Farbe.

[4]) Die Lösung wurde schnell sehr unklar und hatte am nächsten Tage einen gelben Niederschlag ausgeschieden und war ganz entfärbt.

Tabelle 23.

Anfangswerte für den molaren Extinktionskoeffizienten.

	0,002 m Au^{III}	0,002 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}	0,005 m Au^{III}	0,005 m Au^{III} 0,005 m Au^{I}	0,005 m Au^{III} 0,010 m Au^{I}
0,056 m *NaRh*, 1 m *HCl*	99	112	100	109	...
0,14 — 1 —	111	126	115	124	...
0,28 — 1 —	126	145	131	142	143
0,8 — 1 —	167	182	...	...	...
0,28 — 0,5 —	...	...	130	137	...
0,28 — 0,2 —	...	...	124	135	...

Die Tabelle zeigt, dass die Farbe des Aurirhodanids in einer Lösung ohne Aurorhodanid immer kleiner ist als in derselben Lösung mit Aurorhodanid. Da das Aurorhodanid selbst ohne Farbe ist, dürfen wir hierin eine wertvolle Stütze für die Hypothese sehen, nach welcher Aurirhodanid teilweise zu Aurorhodanid dissoziiert ist. Der Zusatz von Aurorhodanid verstärkt die Farbe, indem er die Dissoziation des Aurirhodanids zurückdrängt. Ein Zusatz von 0,005 molarem Aurorhodanid genügt augenscheinlich zur fast vollständigen Zurückdrängung der Dissoziation; denn ein weiterer Zusatz von 0,005 molarem Aurorhodanid hat nur einen geringen Einfluss. Wenn man annimmt, dass 0,005 molares Aurorhodanid die Dissoziation vollständig zurückdrängt, kann man aus den Extinktionsmessungen die Dissoziation des Aurirhodanids nach der folgenden Formel berechnen:

$$\alpha = \frac{mEk_1 - mEk_2}{mEk_1} \cdot 100.$$

Hier bedeutet α Dissoziationsgrad in Prozent, und mEk_1 und mEk_2 sind die Extinktionskoeffizienten der Lösung bzw. mit und ohne Aurorhodanid. In Tabelle 24 sind die nach dieser Formel berechneten Dissoziationsgrade angegeben.

Tabelle 24.

Die Dissoziation des Aurirhodanids, spektrophotometrisch bestimmt. 1. Annäherung.

	0,002 m Au^{III}	0,005 m Au^{III}
0,056 m *NaRh*, 1 m *HCl*	11,6 %	8,2 %
0,14 — 1 —	11,9 -	7,3 -
0,28 — 1 —	13,1 -	7,7 -
0,28 — 0,5 —	... -	5,1 -
0,28 — 0,2 —	... -	8,1 -
0,8 — 1 —	(8,2 -)	... -
Mittelwerte:	12,2 %	7,2 %

Die Tabelle zeigt, dass die Dissoziation des Aurirhodanids von dem Rhodanionengehalt und von dem Wasserstoffionengehalt recht unabhängig ist. Nur wenn der Rhodanionengehalt bis 0,8 steigt, macht sich eine abnehmende Dissoziation bemerkbar; sie steht damit in Verbindung, dass in dieser Lösung das Aurirhodanid ausser als Tetrarhodanokomplex auch als Penta- und Hexarhodanokomplex vorhanden ist (vgl. später). Dagegen ändert sich der Dissoziationsgrad stark mit der Aurirhodanidkonzentration, und zwar ungefähr nach dem Ostwald'schen Verdünnungsgesetz:

$$C \cdot \frac{\alpha^2}{1-\alpha} = K.$$

In 0,002 molaren Aurirhodanidlösungen war die Dissoziation durchschnittlich 12,2 % (den Versuch mit 0,8 m *NaRh* nicht mitgerechnet). Daraus berechnet sich die Dissoziation einer 0,005 molaren Lösung nach dem Verdünnungsgesetz zu 7,9 %, während im Mittel 7,2 % gefunden wurden.

Bestimmung der Dissoziationsprodukte. Aus den für den Dissoziationsgrad gefundenen Gesetzmässigkeiten können wir den wichtigen Schluss ziehen, dass das zweite Dissoziationsprodukt des Aurirhodanids das freie Dirhodan sein muss (oder eventuell ein Hydrat davon), und dass die Dissoziation also nach der folgenden Gleichung vor sich geht:

$$AuRh_4^- = AuRh_2^- + Rh_2.$$

Da die Dissoziation von der Rhodanionen- und der Wasserstoffionenkonzentration nämlich nicht beeinflusst wird, können Rhodanionen und Wasserstoffionen bei dem Dissoziationsprozess weder gebildet noch verbraucht werden, und da die Dissoziation dem OSTWALD'schen Verdünnungsgesetz folgt, werden bei ihr für jedes dissoziierte Molekül nur zwei neue Moleküle gebildet. Da das zu dissoziierende Molekül $AuRh_4^-$ ist, und da das eine Dissoziationsprodukt $AuRh_2^-$ ist, muss das zweite Dissoziationsprodukt die Formel Rh_2 besitzen. Nur die Möglichkeit liegt noch vor, dass etwas Wasser bei der Dissoziation aufgenommen wird, und dass also ein Hydrat von Dirhodan gebildet wird.

Genaue Berechnung des Dissoziationsgrades. Bei der für Tabelle 24 angewandten Berechnung des Dissoziationsgrades haben wir angenommen, dass 0,005 molares Aurorhodanid die Dissoziation vollständig zurückdrängt, was nicht ganz exakt ist. Wenn man mittels des Verdünnungsgesetzes für die unvollständige Zurückdrängung der Dissoziation durch 0,005 molares Aurorhodanid korrigiert, und wenn man berücksichtigt, dass die aurorhodanidhaltigen Lösungen einen etwas kleineren Gehalt an Rhodanionen besitzen als die entsprechenden aurorhodanidfreien, und dass ihr Extinktionskoeffizient dadurch ein wenig verkleinert wird (siehe Seite 43), erhält man die folgenden exakteren Werte für den Dissoziationsgrad.

Tabelle 25.

Die Dissoziation des Aurirhodanids, spektrophotometrisch bestimmt. 2. Annäherung.

	0,002 m Au^{III}	0,005 m Au^{III}
0,056 m *NaRh*, 1 m *HCl*	14,2 % (18°)	11,7 % (18°)
0,14 — 1 —	14,4 - (20°)	9,7 - (21°)
0,28 — 1 —	14,7 - (16°)	9,4 - (23°)
0,28 — 0,5 —	... -	6,8 - (22,5°)
0,28 — 0,2 —	... -	9,8 - (16°)
Mittelwerte:	14,4 %	9,5 %

Aus den in der Tabelle angegebenen Mittelwerten des Dissoziationsgrades berechnet man für die Dissoziationskonstante, K_d, die Werte $0{,}485 \cdot 10^{-4}$ und $0{,}498 \cdot 10^{-4}$. Man kann also setzen:

$$K_d = C \cdot \frac{\alpha^2}{1-\alpha} = 0{,}49 \cdot 10^{-4} \text{ bei ca. } 18°.$$

Vergleich der elektrometrisch und der spektrophotometrisch gefundenen Dissoziationsgrade. In Tabelle 26 sind die elektrometrisch bestimmten Dissoziationsgrade (Tabelle 12 und 13, Seite 36) mit denjenigen Dissoziationsgraden zusammengestellt, die man aus dem spektrophotometrisch bestimmten Wert der Dissoziationskonstante $0{,}49 \cdot 10^{-4}$ berechnet.

Tabelle 26.

Vergleich der elektrometrisch und spektrophotometrisch gefundenen Dissoziationsgrade.

	elektrometrisch		spektrophotometrisch
	I	II	
0,004 m Au^{III}, 0,4 m $NaRh$, 1 m HCl	12,4 %	...	10,5 %
0,004 — 0,2 — 1 —	11,9 -	9,9 %	
0,002 — 0,4 — 1 —	14,7 -	... -	14,5 -
0,002 — 0,2 — 1 —	20,5 -	12,6 -	
0,002 — 0,1 — 1 —	... -	12,4 -	
0,002 — 0,2 — 0,2 —	... -	12,4 -	
0,001 — 0,2 — 1 —	... -	16,1 -	19,8 -

Die Übereinstimmung ist so gut, wie man in Anbetracht der Genauigkeit der zwei Methoden nur erwarten darf.

VI. Über die Existenz von anderen Aurirhodanidkomplexen neben dem Tetrarhodanoauriatkomplexe.

Die Bildung von Pentarhodanoauriatkomplexen und Hexarhodanoauriatkomplexen bei hohen Rhodanionenkonzentrationen. Aus unseren vielen spektrophotometrischen Messungen, die hauptsächlich zur Bestimmung der Dissoziation des Aurirhodanids in Aurorhodanid und freiem Rhodan ausgeführt wurden, kann man über den Zustand des nicht dissoziierten Aurirhodanids in den Lösungen Schlüsse ziehen. Es wurde früher durch Potentialmessungen in Mischungen von Auri- und Aurorhodanid gezeigt, dass das Aurirhodanid in salzsauren Lösungen mit einem Gehalt von 0,1 bis 0,4 m Rhodanionen vorzugsweise als Tetrarhodanoauriatkomplex vorhanden ist. Die Potentialmessungen schliessen aber nicht aus, dass kleinere Mengen, z. B. 10 %, in Form von rhodanärmeren oder rhodanreicheren Komplexen vorhanden sind. Wenn solche Komplexe aber in nicht ganz verschwindender Menge vorhanden wären, so müsste die Farbe, d. h. der Extinktionskoeffizient, des Aurirhodanids sich mit der Rhodanionenkonzentration ändern; denn mit der Rhodanionenkonzentration muss sich das Mengenverhältnis zwischen den verschiedenen Komplexen ändern, und es ist ganz unwahrscheinlich, dass ihre Farben nicht verschieden sein sollten. In der Tabelle 27 ist der molare Extinktionskoeffizient des Aurirhodanids für $\lambda = 578\,\mu\mu$ für eine Reihe von Lösungen mit wachsender Rhodanionenkonzentration angegeben.

Tabelle 27.

Die Änderung des molaren Extinktionskoeffizienten des Aurirhodanids mit der Rhodanionenkonzentration.

								Temp.	$[Rh^-]$	$m\,Ek$
0,002 m	Au^{III},	0,005 m	Au^I,	0,028 m	$NaRh$,	1 m	HCl	15°	0,010	102
0,005	—	0,005	—	0,056	—	1	—	18°	0,026	109
0,002	—	0,005	—	0,056	—	1	—	18°	0,038	112
0,005	—	0,005	—	0,14	—	1	—	18°	0,110	124
0,002	—	0,005	—	0,14	—	1	—	18°	0,122	126
0,005	—	0,005	—	0,28	—	1	—	22,5°	0,250	142
0,002	—	0,005	—	0,28	—	1	—	16°	0,262	145
0,002	—	0,005	—	0,8	—	1	—	16,5°	0,782	182
0,001	—	0,000	—	2,0	—	0,2	—	16°	2,0	219
0,001	—	0,000	—	4,0	—	0,2	—	16°	4,0	282

Alle die angewandten Lösungen mit Ausnahme der zwei letzten enthalten 0,005 m Aurorhodanid, und die Dissoziation des Aurirhodanids zu Aurorhodanid und Rhodan ist daher nur in den zwei letzten von Bedeutung. Die angegebenen Werte des molaren Extinktionskoeffizienten gelten für den Zeitpunkt der Darstellung der Lösungen und sind den Tabellen 14—23 entnommen. Die Rhodanionenkonzentrationen, $[Rh^-]$, sind durch Subtraktion des zur Bildung von Tetrarhodanoauriat und Dirhodanoauroat notwendigen Rhodans von den Konzentrationen des Natriumrhodanids berechnet.

Die Tabelle zeigt, dass der molare Extinktionskoeffizient des Aurirhodanids sich mit der Rhodanionenkonzentration sehr bedeutend ändert, nämlich von 102 bei 0,01 m Rh^- bis 282 bei 4,0 m Rh^-. Das Aurirhodanid ist also in diesen Lösungen nicht in Form eines einzelnen, unveränderlichen Komplexes vorhanden. Wenn man die Änderung des Extinktionskoeffizienten näher studiert, wird man zu dem Resultate geführt, dass der Tetrarhodanokomplex bei steigender Rhodanionenkonzentration immer mehr und mehr in intensiver gefärbte Penta- und Hexarhodanokomplexe umgewandelt wird. In 0,14 molarem Natriumrhodanid ist der Extinktionskoeffizient des Aurirhodanids 125, und durch Steigerung der Rhodanmenge kann man ihn bis auf 282 vergrössern. Diese grosse Steigerung kann nicht durch die Anwesenheit von niedrigeren Rhodanokomplexen in 0,14 molarem Natriumrhodanid erklärt werden, die bei steigender Rhodanionenkonzentration immer vollständiger in Tetrarhodanokomplexe umgewandelt werden. Denn aus den Potentialmessungen wissen wir, dass das Aurirhodanid in 0,14 molarem Natriumrhodanid schon hauptsächlich als Tetrarhodanokomplex vorhanden ist, und selbst wenn wir annehmen, dass 20 % des Goldes in Form von niedrigeren Komplexen vorhanden wären, und dass diese vollständig farblos wären, würden wir höchstens eine Änderung des Extinktionskoeffizienten von 125 bis $125 \cdot {}^5/_4 = 156$ erhalten, was vollständig ungenügend ist. Wenn wir dagegen annehmen, dass 10 % des Aurirhodanids in 0,14 molarem Natriumrhodanid als stark gefärbte höhere Komplexe vorhanden sind, ist es leicht, die grosse Steigerung des Extinktionskoeffizienten bei steigender Rhodanionenkonzentration zu verstehen; denn die stark gefärbten rhodanreicheren Komplexe müssen bei steigender Rhodanionenkonzentration immer mehr vorherrschen.

Nachweis der Existenz der Penta- und Hexarhodanokomplexe durch Löslichkeitsbestimmungen. Nachdem wir aus unseren Extinktionsmessungen geschlossen hatten, dass Aurirhodanid bei einer Rhodanionenkonzentration von 0,14 m

nachweisbare Mengen von Penta- und Hexarhodanokomplexen enthält, und dass die Menge dieser höheren Komplexe bei einer Rhodanionenkonzentration von 2 m recht bedeutend sein muss, haben wir gesucht, dieses Resultat durch andere Messungen zu bestätigen. Durch einige Löslichkeitsbestimmungen von Natriumaurirhodanid in Lösungen mit verschiedenen Rhodanionenkonzentrationen haben wir diesen Zweck erreicht.

In zwei Lösungen, die mit Natriumaurirhodanid, $NaAuRh_4$, gesättigt sind, und die dieselbe Natriumionenkonzentration besitzen, muss das Tetrarhodanoauriation auch dieselbe Konzentration besitzen. Hierbei ist doch vorausgesetzt, dass die Aktivitätskoeffizienten der Ionen in den Lösungen dieselben sind; wenn man aber nur dafür sorgt, dass die Lösungen dieselbe Gesamtionenkonzentration besitzen, ist diese Voraussetzung mit guter Annäherung erfüllt. Nun finden wir aber, dass mit steigender Rhodanionenkonzentration die Löslichkeit des Natriumaurirhodanids stark zunimmt, selbst wenn man mit derselben Natriumionen- und bei derselben Gesamtionenkonzentration arbeitet, und man darf daraus schliessen, dass der Tetrarhodanokomplex mit steigender Rhodanionenkonzentration in hohem Masse in höhere Komplexe umgewandelt wird.

In der Tabelle 27 a sind die Resultate einiger solchen Löslichkeitsbestimmungen zusammengestellt.

Tabelle 27 a.

Löslichkeitsbestimmungen von Natriumaurirhodanid.

Zusammensetzung der angewandten Mischung					$[Au^{III}]$ nach Rotieren
0,2 m *NaRh*,	1,8 m *NaCl*,	0,2 m *HCl*,	0,00896 m Au^{III},	0,00448 m Au^{I}	0,00030
0,4 —	1,6 —	0,2 —	0,00448 —	0,00448 —	0,00038
1,0 —	1,0 —	0,2 —	0,00448 —	0,00448 —	0,00075
2,0 —	0,0 —	0,2 —	0,00448 —	0,00448 —	0,00178
0,08 m *NaRh*,	0,32 m *NaCl*,	0,2 m *HCl*,	0,00896 m Au^{III},	0,00448 Au^{I}	0,00103
0,2 —	0,2 —	0,2 —	0,00896 —	0,00448 —	0,00118
0,4 —	0,0 —	0,2 —	0,00896 —	0,00448 —	0,00156

Die untersuchten Mischungen wurden aus 4 m Natriumrhodanid, 4 m Natriumchlorid, 2 m Salzsäure und 0,448 m Wasserstoffaurichlorid dargestellt. Der Aurorhodanidgehalt der Lösungen wurde durch Zusatz von Wasserstoffaurichlorid und Entfärbung mit gerade der notwendigen Menge Sulfit erhalten. Die Salzsäure und das Aurorhodanid wurden den Lösungen zugefügt, um die Autoreduktion und die Dissoziation des Aurirhodanids zu vermindern. In allen Mischungen entstand beim Zusatz von Wasserstoffaurichlorid ein Niederschlag von Natriumaurirhodanid. Die Mischungen wurden damit einige Zeit bei 18° rotiert; darauf wurden sie schnell filtriert, und in den Filtraten wurde der Aurirhodanidgehalt sogleich sulfittitriert. Bei den Versuchen wurden Rotationszeiten von 15 Minuten bis 2 Stunden angewandt, ohne dass die Resultate sich mehr als den Versuchsfehlern entsprechend änderten. Die Filtration dauerte einige Minuten, und die Autoreduktion ging in den Filtraten so langsam vor sich, dass Proben, die erst 5 Minuten nach dem Filtrieren titriert wurden, dieselben Resultate wie die sogleich titrierten ergaben. Nach den in Abschnitt VI entwickelten Formeln der Geschwindigkeit der Autoreduktion kann man auch berechnen, dass die

Autoreduktion in den angewandten Lösungen genügend langsam verläuft. Die Sulfittitrierungen sind wegen der kleinen Gehalte der Lösungen an Aurirhodanid ziemlich ungenau, und die Unsicherheit der angeführten Zahlen beläuft sich auf mehrere Einheiten in der letzten Dezimale.

Aus den Versuchsresultaten kann man annäherungsweise die Konzentrationen der höheren Rhodanokomplexe in den Lösungen berechnen. In Tabelle 27 b sind die Ergebnisse unserer Berechnung der Versuche in 2 m Natriumionenlösung mitgeteilt. Die angeführten Rhodanionenkonzentrationen, $[Rh^-]$, sind unter Berücksichtigung des ans Gold gebundenen Rhodans berechnet. In den zwei verdünntesten Lösungen (1 und 2) ist wahrscheinlicherweise neben dem Tetrakomplex hauptsächlich Pentakomplex vorhanden. Wenn man annimmt, dass nur Tetra- und Pentakomplexe vorhanden sind, kann man die Konzentration des Tetrakomplexes in diesen Lösungen, $[AuRh_4^-]$, nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$\frac{[Au^{III}]_1 - [AuRh_4^-]}{[Au^{III}]_2 - [AuRh_4^-]} = \frac{[Rh^-]_1}{[Rh^-]_2},$$

wo $[Au^{III}]_1$ und $[Au^{III}]_2$ die in 1 und 2 gefundenen Aurirhodanidkonzentrationen sind; denn in diesen gesättigten Lösungen ist die Konzentration des Tetrakomplexes überall dieselbe, und die Konzentration des Pentakomplexes ist der Rhodanionenkonzentration proportional. Man findet in dieser Weise für $[AuRh_4^-]$ 0,000257, abgekürzt 0,00025.

Tabelle 27 b.

2 m Na^+.

Nr.	$NaRh$	$[Rh^-]$	$[Au^{III}]$ gefunden	$[AuRh_4^-]$	$[AuRh_5^{--}]$	$[AuRh_6^{---}]$	$[Au^{III}]$ berechnet
1	0,2 m	0,155	0,00030	0,00025	0,00004	0,00001	0,00030
2	0,4 m	0,377	0,00038	0,00025	0,00009	0,00004	0,00038
3	1,0 m	0,973	0,00075	0,00025	0,00023	0,00026	0,00074
4	2,0 m	1,973	0,00178	0,00025	0,00049	0,00107	0,00181

$$L_{NaAuRh_4} = 0{,}0005\,; \quad K_{AuRh_5} = 1{,}0\,; \quad K_{AuRh_6} = 1{,}1.$$

Die Differenzen zwischen $[Au^{III}]$ und 0,00025, d. h. die Gesamtkonzentration der höheren Komplexe, steigen bei den höheren Rhodanionenkonzentrationen viel schneller als die Rhodanionenkonzentration, und diese Lösungen müssen deshalb eine bedeutende Menge Hexakomplex enthalten. Wenn die Komplexitätskonstanten der Penta- und Hexakomplexe K_{AuRh_5} und K_{AuRh_6} genannt werden,

$$K_{AuRh_5} = \frac{[AuRh_5^{--}]}{[AuRh_4^-]\cdot[Rh^-]}, \quad K_{AuRh_6} = \frac{[AuRh_6^{---}]}{[AuRh_5^{--}]\cdot[Rh^-]},$$

gilt für alle vier Lösungen:

$$[Au^{III}] = 0{,}00025\cdot(1 + K_{AuRh_5}\cdot[Rh^-] + K_{AuRh_5}\cdot K_{AuRh_6}\cdot[Rh^-]^2).$$

Aus den $[Au^{III}]$-Werten der 2. und 4. Lösung berechnet man mittels dieser Formel:

$$K_{AuRh_5} = 1{,}0\,; \quad K_{AuRh} = 1{,}1.$$

Die mit diesen Konstanten und mit $[AuRh_4^-] = 0{,}00025$ für $[AuRh_5^{--}]$ und $[AuRh_6^{---}]$ berechneten Werte sind in der Tabelle 27 b angeführt. Durch Summation von $[AuRh_4^-]$, $[AuRh_5^{--}]$ und $[AuRh_6^{---}]$ ergeben sich die ebenfalls angeführten berechneten Werte für $[Au^{III}]$, die mit den gefundenen Werten dieser Grösse ausgezeichnet übereinstimmen.

Die Löslichkeitsbestimmungen in 0,4 m Natriumionenlösung stimmen auch mit den gefundenen Komplexitätskonstanten gut überein, wie man aus Tabelle 27 c sehen kann, wo die Konzentrationen der höheren Komplexe mit diesen Konstanten berechnet sind. Der hier für $[AuRh_4^-]$ angewandte Wert ist 4mal grösser als der früher angewandte; die Natriumionenkonzentration ist ja aber auch hier 5mal kleiner. Das Löslichkeitsprodukt, $L_{NaAuRh_4} = [Na^+] \cdot [AuRh_4^-]$, ist bei 2 m Na^+ 0,0005 und bei 0,4 m Na^+ 0,0004. Der Unterschied ist durch die Verkleinerung der Aktivitätskoeffizienten der Ionen mit steigender Ionenkonzentration zu erklären.

Tabelle 27 c.

0,4 m Na^+

Nr.	$NaRh$	$[Rh^-]$	$[Au^{III}]$ gefunden	$[AuRh_4^-]$	$[AuRh_5^{--}]$	$[AuRh_6^{---}]$	$[Au^{III}]$ berechnet
5	0,08 m	0,035	0,00103	0,00100	0,00003	0,00000	0,00103
6	0,2 m	0,155	0,00118	0,00100	0,00015	0,00003	0,00118
7	0,4 m	0,373	0,00156	0,00100	0,00037	0,00015	0,00152

$$L_{NaAuRh_4} = 0{,}0004\,; \quad K_{AuRh_5} = 1{,}0\,; \quad K_{AuRh_6} = 1{,}1.$$

Vergleich mit den spektrophotometrischen Messungen. Wenn man die Komplexitätskonstanten kennt, kann man die Bruchteile des Aurirhodanids berechnen, die bei einer bestimmten Rhodanionenkonzentration als Tetra-, Penta- und Hexakomplex vorhanden sind. Wir haben diese Bruchteile, x_{AuRh_4}, x_{AuRh_5}, x_{AuRh_6}, für die Rhodanionenkonzentrationen berechnet, für welche wir aus Tabelle 27 die molaren Extinktionskoeffizienten des Aurirhodanids kennen. Die Resultate sind in Tabelle 27 d angeführt. Wenn man die Extinktionskoeffizienten der drei Komplexe mEk_{AuRh_4}, mEk_{AuRh_5}, mEk_{AuRh_6} nennt, gilt für den Extinktionskoeffizienten einer Lösung

$$mEk = mEk_{AuRh_4} \cdot x_{AuRh_4} + mEk_{AuRh_5} \cdot x_{AuRh_5} + mEk_{AuRh_6} \cdot x_{AuRh_6}.$$

Die mit den Werten

$$mEk_{AuRh_4} = 108, \quad mEk_{AuRh_5} = 218, \quad mEk_{AuRh_6} = 248$$

berechneten Extinktionskoeffizienten sind in Tabelle 27 d angeführt. Sie stimmen in den meisten Fällen mit den beobachteten gut überein. Die bedeutende Abweichung bei der grössten Rhodanionenkonzentration kann in diesem Falle wahrscheinlicherweise durch die Unsicherheiten von sowohl Beobachtung wie Berechnung erklärt werden. Die kleine Abweichung bei der kleinsten Rhodanionenkonzentration kann vielleicht durch eine Hydrolyse erklärt werden.

Tabelle 27 d.

Die Berechnung des molaren Extinktionskoeffizienten des Aurirhodanids in seiner Abhängigkeit von der Rhodanionenkonzentration.

Rh^-	x_{AuRh_4}	x_{AuRh_5}	x_{AuRh_6}	mEk berechnet	mEk beobachtet	Diff. ber.—beob.
0,010	0,990	0,010	0,000	109	102	+ 7
0,026	0,973	0,026	0,001	111	109	+ 2
0,038	0,961	0,037	0,002	112	112	0
0,110	0,890	0,098	0,012	126	124	+ 2
0,122	0,878	0,107	0,014	127	126	+ 1
0,250	0,759	0,190	0,052	141	142	— 1
0,262	0,748	0,196	0,056	142	145	— 3
0,782	0,408	0,319	0,274	186	182	+ 4
2,0	0,135	0,271	0,595	226	219	+ 7
4,0	0,044	0,177	0,779	241	282	—41

$K_{AuRh_5} = 1{,}0$; $K_{AuRh_6} = 1{,}1$; $mEk_{AuRh_4} = 108$; $mEk_{AuRh_5} = 218$; $mEk_{AuRh_6} = 248$.

Die Hydrolyse des Aurirhodanids. Es liegt nahe, daran zu denken, dass das Aurirhodanid nach der Gleichung

$$AuRh_4^- + H_2O = AuRh_3OH^- + H^+ + Rh^-$$

etwas hydrolysiert ist. Eine Hydrolyse dieser Art ist nach Arbeiten von Hittorf und von Kohlrausch beim Aurichlorid sicher vorhanden[1]). Wir haben selbst für die Hydrolysenkonstante des Tetrachloroauriations folgenden Wert gefunden[2]):

$$K_h = \frac{[AuCl_3OH^-] \cdot [H^+] \cdot [Cl^-]}{[AuCl_4^-]} = 0{,}55 \cdot 10^{-4}.$$

Eine solche Hydrolyse ist natürlich beim stark komplexen Aurirhodanid weniger zu erwarten als beim schwächer komplexen Aurichlorid; denn das Hydroxylradikal verdrängt schwieriger das stark gebundene Rhodanradikal als das schwächer gebundene Chloratom; eine messbare, wenn auch geringe, Hydrolyse wäre aber doch wohl nicht unwahrscheinlich. Um eine solche Hydrolyse festzustellen, haben wir die Farbe oder vielmehr den Extinktionskoeffizienten des Aurirhodanids in Lösungen mit wechselnder Wasserstoffionenkonzentration untersucht.

In Tabelle 28 sind die molaren Extinktionskoeffizienten des Aurirhodanids in einigen Lösungen mit demselben Rhodanionengehalt, aber mit wechselndem Wasserstoffionengehalt zusammengestellt. Die Zahlen gelten für den Darstellungsaugenblick der Lösungen und sind den Tabellen 14, 19, 20 entnommen.

---

[1]) Hittorf und Salkowski: Zeitschr. physik. Chem. **28**, 546 (1899). Kohlrausch: ib. **33**, 257 1900).

[2]) Vgl. den Anhang dieser Abhandlung.

Tabelle 28.

Anfangswerte für den molaren Extinktionskoeffizienten des Aurichlorids bei wechselndem Säuregehalt. $\lambda = 578\ \mu\mu$.

	Temp.	$m Ek$
0,2 m HCl, 0,28 m $NaRh$, 0,005 m Au^{III}	16°	124
0,5 — 0,28 — 0,005 —	22,5°	130
1,0 — 0,28 — 0,005 —	23°	131
0,2 m HCl, 0,28 m $NaRh$, 0,005 m Au^{III}, 0,005 m Au^{I}	16°	135
0,5 — 0,28 — 0,005 — 0,005 —	20°	137
1,0 — 0,28 — 0,005 — 0,005 —	22,5°	142

Aus der Tabelle sieht man, dass eine Abnahme des Säuregehaltes von 1 m HCl bis 0,2 m HCl den Extinktionskoeffizienten nur um ca. 5% ändert. Der Tetrarhodanoauriatkomplex kann daher in diesen Lösungen kaum stark hydrolysiert sein. Wir sind doch geneigt, eine geringe Hydrolyse anzunehmen. Eine solche Hydrolyse kann nicht nur die kleine, aber deutliche Farbenabschwächung bei der Verminderung des Säuregehaltes erklären, sondern kann auch einen Teil der Farbenschwächung erklären, die sich bei kleinen Rhodanionenkonzentrationen in 1 molarer Salzsäure zeigt (vgl. Tabelle 27 d), Eine Verminderung der Rhodanionenkonzentration muss ja auf die Hydrolyse denselben Einfluss ausüben wie eine Verminderung der Wasserstoffionenkonzentration. Wir schätzen, dass das Aurirhodanid in 0,1 m HCl, 0,1 m $NaRh$ noch hauptsächlich als Tetrarhodanoauriatkomplex vorhanden ist, wenn auch möglicherweise 20% davon hydrolysiert sind.

Unsere Resultate über den Zustand des Aurirhodanids in seinen Lösungen sind also die folgenden. In stark sauren Lösungen mit einer Rhodanionenkonzentration von 0,2 m ist das Aurirhodanid hauptsächlich als Tetrarhodanoauriation vorhanden. Wenn man die Rhodanionenkonzentration wesentlich über 0,2 m vergrössert, werden grosse Mengen Penta- und Hexarhodanokomplexe gebildet, und wenn man umgekehrt die Wasserstoffionenkonzentration oder die Rhodanionenkonzentration oder beide verkleinert, macht sich unter Bildung eines Monohydroxotrirhodanoauriations eine Hydrolyse geltend.

VII. Die Autoreduktion.

Die Oxydationsprodukte des Rhodans. Aurirhodanid ist in Lösung nicht haltbar. Es wird schon bei gewöhnlicher Temperatur recht schnell zu Aurorhodanid reduziert unter gleichzeitiger Oxydation von Rhodan. Wir haben diesen Vorgang die Autoreduktion genannt. Um die Reaktionsgleichung der Autoreduktion zu finden, haben wir folgende Versuche ausgeführt.

Festes Kaliumaurirhodanid wurde unter Schütteln in 0,1 m Kaliumrhodanid gelöst und die erhaltene Lösung bis Entfärbung aufbewahrt und analysiert. In einem Ver-

such war die erhaltene Lösung 0,00412 m *Au*, die Entfärbung dauerte drei Stunden bei 25°, und die Lösung enthielt für je drei Goldatome 1,03 Moleküle Schwefelsäure und 8,0 Äquivalente Säure. In einem anderen Versuch war die erhaltene Lösung 0,00765 m *Au* und enthielt für je drei Goldatome 1,00 Moleküle Schwefelsäure und 8,0 Äquivalente Säure. In einem dritten Versuche war die erhaltene Lösung 0,0162 m *Au*; hier war ein wenig gelber Niederschlag gebildet, und die Säuremenge betrug 8,1 Äquivalente pro drei Goldatome. In einem Versuch, wo die Autoreduktion des Kaliumaurirhodanids in 1 m Kaliumrhodanid vor sich ging, wurden 7,6 Äquivalente Säure pro je drei Goldatome gefunden. Andere Versuche wurden mit Zusatz von Aurichlorid zu Kaliumrhodanidlösung und nachheriger Entfärbung durch Erwärmung angestellt. 10 cm^3 0,1 m Aurichlorid wurden langsam zu 190 cm^3 0,1 m Kaliumrhodanid gesetzt. Die ersten Tropfen entfärbten sich sogleich, aber nach und nach wurde die Lösung rot, und zuletzt kam ein roter Niederschlag; bei Erwärmen zu 40° wurde der Niederschlag gelöst und die Lösung entfärbt; in der Lösung war dann pro je drei Goldatome 1,01 Molekül Schwefelsäure gebildet. Als derselbe Versuch mit 1 m Kaliumrhodanid ausgeführt wurde, betrug die Schwefelsäurebildung 1,00 Molekül pro je drei Goldatome.

Die Schwefelsäure wurde als Baryumsulfat gewogen, und die Säure wurde mit 0,1 m Natriumhydroxyd und Phenolphtaleïn titriert. Bei dieser Titrierung macht die Gegenwart von Aurorhodanid keine Schwierigkeit (vgl. Seite 30).

Nach allen unseren Versuchen bildet sich für je drei reduzierte Goldatome recht genau ein Molekül Schwefelsäure. Hiernach dürfen wir annehmen, dass die Oxydation des Rhodanwasserstoffs nach folgender Gleichung vor sich geht:

$$HCNS + 3O + H_2O = HCN + H_2SO_4.$$

Wenn man mit heissen, konzentrierten Lösungen arbeitet, kann man den entstandenen Cyanwasserstoff riechen. Wenn die Oxydation des Rhodanwasserstoffs nach dieser Gleichung stattfindet, und wenn man berücksichtigt, dass Aurirhodanid als Tetrarhodanoauriation, $AuRh_4^-$, und Aurorhodanid als Dirhodanoauroation, $AuRh_2^-$, vorhanden ist, erhält man für die Autoreduktion die folgende Gleichung:

$$3AuRh_4^- + 4H_2O = 3AuRh_2^- + 5HRh + HCN + H_2SO_4.$$

Nach dieser Gleichung bilden sich für je drei reduzierte Goldatome 8 Äquivalente Säure, was unsere Titrierungen denn auch bestätigt haben.

Man könnte einen Augenblick geneigt sein, zu meinen, dass Cyanwasserstoff bei unseren Titrierungen nicht mittitriert wurde, da er als Säure so schwach ist, dass er in rein wässriger Lösung mit Phenolphtaleïn nicht titriert werden kann. In Gegenwart von Aurorhodanid wird der Cyanwasserstoff indessen in neutraler und basischer Lösung als Aurocyanid gebunden, und daher lässt sich Cyanwasserstoff in Gegenwart von Aurorhodanid glatt titrieren.

Unter gewissen Umständen kann die Oxydation des Rhodans durch Aurigold, jedenfalls teilweise, andere Wege nehmen, und zwar namentlich in sehr verdünnten und in sehr konzentrierten Lösungen. Wenn man z. B. festes Kaliumaurirhodanid in reinem

Wasser löst, so trübt sich die Lösung nach einiger Zeit, und es scheidet sich in geringer Menge ein weisser, amorpher Körper aus, der beim Stehen dunklere Farben annimmt. Auch in 0,01 molarem Kaliumrhodanid verhält sich Kaliumaurirhodanid ähnlich; dagegen halten seine Lösungen in 0,1 und 1 molarem Kaliumrhodanid sich klar.

Wenn die Lösung in bezug auf Rhodanid sehr konzentriert ist, und besonders wenn sie auch stark sauer ist, tritt ein gelber, unlöslicher Niederschlag als Oxydationsprodukt des Rhodans auf. Eine Lösung 2 m $NaRh$, 0,2 m HCl, 0,001 m $HAuCl_4$ wird nach einiger Zeit davon unklar, und die Lösung 4 m $NaRh$, 0,2 m HCl, 0,001 m $HAuCl_4$ scheidet den gelben Niederschlag schnell aus.

Über die Titrierung von Aurirhodanid mit Sulfitlösung. Um die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Autoreduktion zu bestimmen, haben wir das Verschwinden des Aurirhodanids durch Sulfittitrierung verfolgt.

Der rote Aurirhodanidkomplex wird durch Zusatz von Sulfit fast augenblicklich zu dem farblosen Aurorhodanidkomplex reduziert, und diese Auroverbindung wird bei gewöhnlicher Temperatur nicht oder nur sehr langsam von einem Sulfitüberschuss weiter reduziert. Die Reduktion geht so glatt und scharf vor sich, dass man mit guter Genauigkeit die Menge von Aurigold in einer sauren, rhodanionenhaltigen Lösung durch Titration mit einer verdünnten Lösung von Natriumsulfit bis zur Entfärbung bestimmen kann.

Als Titerflüssigkeit haben wir gewöhnlich eine 0,01 à 0,05 molare Lösung von Natriumsulfit benutzt. Sie wurde von ausgekochtem Wasser dargestellt, unter Kohlendioxyd aufbewahrt und mittels Kohlendioxyddruck in die Bürette eingedrückt. Auf diese Weise behandelt, hielt sie ihren Titer unverändert mehrere Stunden hindurch; jeden Tag musste aber der Titer neu bestimmt werden. Die Lösung wurde auf Kaliumjodat eingestellt, dessen Reinheit durch sublimiertes und getrocknetes Jod kontrolliert worden war. Die Titration wurde bei gewöhnlicher Temperatur ausgeführt. Der Endpunkt kann mit einiger Übung genau bestimmt werden, wenn man berücksichtigt, dass die Reduktion des Aurigoldes durch Sulfit zwar sehr schnell, aber doch nicht momentan vor sich geht. In der Nähe des Endpunktes muss man die Sulfitlösung tropfenweise zusetzen und nach jedem Zusatz etwas warten, um zu sehen, ob Entfärbung eintritt, zuletzt etwa eine halbe Minute. Je tiefer die Temperatur ist, und je mehr Gold und Rhodan die Lösung enthält, um so langsamer tritt die Entfärbung ein.

In Tabelle 29 sind die Resultate einer Reihe Titrierungen gesammelt, durch welche wir uns von der Brauchbarkeit der Methode überzeugt haben. Das Alter der Lösungen ist vom Zusatz des Goldchlorids bis zu Anfang der Titrierung gerechnet. Die Konzentration der benutzten Goldchloridlösung wurde durch Fällung des Goldes mit Schwefeldioxyd und Wägung des gefällten Goldes bestimmt.

Aus der Tabelle geht hervor, dass alles zugesetzte Aurigold als Aurirhodanid titriert wird. Da nach unseren früher besprochenen Messungen ein Teil des Aurirhodanids in Aurorhodanid und freies Rhodan dissoziiert ist, so zeigen also diese Versuche, dass man durch Sulfittitrierung die Summe des dissoziierten und des nicht dissoziierten Aurirhodanids bestimmt.

Tabelle 29.

Kontrollanalysen zur Sulfittitrierung.

Zusammensetzung der titrierten Lösung						Sulfitlösung	
Vol. in cm³	$HAuCl_4$	$NaRh$	HCl	Alter	Konz.	Menge in cm³ angewandt	berechnet
100	0,00199 m	0,4 m	1 m	3 Min.	0,03412 m	5,80	5,83
50	0,00398 m	0,4 m	1 m	3 —	0,03412 m	5,80	5,83
50	0,00518 m	0,28 m	1 m	0 —	0,05 m	5,15; 517	5,18
50	0,00518 m	0,28 m	0,5 m	0 —	0,05 m	5,18	5,18
50	0,00518 m	0,14 m	1 m	0 —	0,05 m	5,20; 5,18; 5,23	5,18
50	0,00518 m	0,056 m	1 m	0 —	0,05 m	5,19; 5,20	5,18
50	0,01126 m	0,2 m	0,8 m	1 —	0,01 m	56,0; 56,5	56,3

Geschwindigkeitsmessungen. Die angewandten Aurirhodanidlösungen wurden aus Salzsäure, Natriumrhodanid, Goldchlorid und Wasser dargestellt. Die Goldchloridlösung war mit Natriumhydroxyd gegen Lakmuspapier neutral gemacht und besass annähernd die Zusammensetzung $AuCl(OH)_2 + 3\,NaCl$; sie war frisch dargestellt gelb, und wurde beim Stehen dunkelbraun. Das Goldchlorid wurde erst zugesetzt, nachdem die Flasche mit der übrigen Mischung in einem Wasserbad angebracht war, dessen Temperatur durch Zusatz von kaltem oder heissem Wasser auf 18° gehalten wurde. Das Alter der Lösung wurde vom Zusatz des Goldchlorids an gerechnet. Bei den Sulfittitrierungen wurde ca. 0,01 molares Sulfit angewandt. Die titrierten Portionen wurden je für sich hergestellt und nicht aus einer grossen Menge herauspipettiert. Die Tabellen 30—33 enthalten die gewonnenen Resultate. Zuerst ist das Alter der Lösung, t, in Minuten angegeben; α bedeutet den zur Zeit t infolge Sulfittitrierung autoreduzierten Bruchteil des Goldes. Doppelbestimmungen von α zeigten oft untereinander Abweichungen von 0,01 à 0,02, was wohl hauptsächlich durch ungenügende Temperaturkonstanz bedingt wurde. Der Temperaturkoeffizient der Autoreduktion ist nämlich sehr gross. In 0,004 m Au^{III}, 0,116 m $NaRh$, 0,1 m HCl war nach 10 Minuten bei 10° $\alpha = 0{,}367$, und aus Tabelle 31 berechnet man durch Interpolation, dass derselbe α-Wert bei 18° nach 1,4 Minuten erreicht wird. Hiernach verläuft die Autoreduktion bei 18° 7mal schneller als bei 10°.

Tabelle 30.

Autoreduktion in 0,004 m Au^{III}, 0,316 m $NaRh$, 0,1 m HCl bei 18°.

t	α	k
1 Min.	0,12	$(0{,}542 \cdot 10^4)$
2 —	0,155	0,432 —
3 —	0,185	0,414 —
4 —	0,205	0,389 —
5 —	0,220	0,366 —
10 —	0,295	0,390 —
15 —	0,335	0,383 —
30 —	0,400	0,337 —
45 —	0,440	0,312 —
60 —	0,480	0,324 —
120 —	0,565	0,319 —
180 —	0,620	0,328 —
		Mittel: $0{,}360 \cdot 10^4$

Anm. $[\overline{Rh}]$ wächst von 0,300 bis 0,308, $[H^+]$ von 0,092 bis 0,103.

Tabelle 31.

Autoreduktion in 0,004 m Au^{III}, 0,116 m *NaRh*, 0,1 m *HCl* bei 18°.

t	a	k
1 Min.	0,325	(5,21 · 10^4)
3 —	0,455	5,30 —
5 —	0,50	4,56 —
10 —	0,563	3,77 —
15 —	0,634	4,41 —
30 —	0,721	4,52 —
60 —	0,797	4,52 —
120 —	0,860	4,48 —
180 —	0,884	4,15 —
240 —	0,901	3,89 —
1080 —	0,966 [1])	(3,47 —)
2640 —	0,9837 [1])	(3,44 —)
4320 —	0,9951 [1])	(7,15 —)
		Mittel: 4,4 · 10^4

Anm. [Rh^-] wächst von 0,100 bis 0,108, [H^+] von 0,092 bis 0,103.

Tabelle 32.

Autoreduktion in 0,002 m Au^{III}, 0,308 m *NaRh*, 0,1 m *HCl* bei 18°.

t	a	k
3 Min.	0,215	0,434 · 10^4
5 —	0,25	0,360 —
10 —	0,32	0,330 —
15 —	0,375	0,341 —
30 —	0,46	0,328 —
60 —	0,577	0,378 —
120 —	0,635	0,307 —
180 —	0,704	0,352 —
2550 —	0,942 [1])	(0,402 —)
		Mittel: 0,354 · 10^4

Anm. [Rh^-] wächst von 0,300 bis 0,304, [H^+] von 0,096 bis 0,101.

Tabelle 33.

Autoreduktion in 0,002 m Au^{III}, 0,108 m *NaRh*, 0,1 m *HCl* bei 18°.

t	a	k
1 Min.	0,349	(4,16 · 10^4)
3 —	0,471	3,56 —
5 —	0,533	3,56 —
10 —	0,628	3,49 —
15 —	0,686	3,64 —
30 —	0,775	3,89 —
60 —	0,843	3,86 —
120 —	0,892	3,55 —
180 —	0,922	3,81 —
		Mittel: 3,67 · 10^4

Anm. [Rh^-] wächst von 0,100 bis 0,104,]H^+] von 0,096 bis 0,101.

[1] Aufbewahrt bei Zimmertemperatur (Mai).

Geschwindigkeitstheorie. Wir haben in der ersten Zeit nach Anstellung unserer Geschwindigkeitsmessungen eine grosse Arbeit darauf eingesetzt, für diese Versuche eine Theorie oder auch nur eine Formel zu erhalten, aber vergebens. Erst nachdem wir weit später entdeckt hatten, dass Aurirhodanid recht stark dissoziiert ist, nahmen wir diese Bestrebungen wieder auf und konnten dann sogleich diese Messungen durch die Annahme erklären, dass die Geschwindigkeit dem Quadrate der freien Rhodankonzentration proportional war.

Wenn die Anfangskonzentration des Aurirhodanids (dissoziiert und undissoziiert C genannt wird und α wie früher den durch Sulfittitrierung gefundenen Autoreduktionsgrad bedeutet, so gilt:

$$[AuRh_4^-] = (1-\alpha)\,C - [Rh_2], \quad [AuRh_2^-] = \alpha C + [Rh_2],$$

und durch Einsetzen dieser Ausdrücke in die Dissoziationsgleichung des Aurirhodanids erhält man:

$$\frac{(\alpha C + [Rh_2])\,[Rh_2]}{(1-\alpha)\,C - [Rh_2]} = K_d = 0{,}49 \cdot 10^{-4}. \qquad (1)$$

Wenn die Geschwindigkeit der Autoreduktion dem Quadrate der Rhodankonzentration proportional ist, muss gelten:

$$\frac{d\,\alpha C}{dt} = k \cdot [Rh_2]^2 \text{ oder } \frac{d\,\alpha}{[Rh_2]^2} = \frac{k}{C}\,dt, \qquad (2)$$

wo k eine Geschwindigkeitskonstante und $[Rh_2]$ eine durch (1) gegebene Funktion von α ist. Um (2) zu integrieren, ist ein graphisches Verfahren angewandt. Für jeden der benutzten C-Werte (0,002 und 0,004) ist die durch (1) bestimmte Abhängigkeit zwischen α und $1 : [Rh_2]^2$ auf Millimeterpapier eingezeichnet, was sich leicht ausführen lässt, indem man für eine Reihe passend gewählter $[Rh_2]$-Werte sowohl α nach (2), wie $1 : [Rh_2]^2$ berechnet und diese Werte als Abszissen und Ordinaten benutzt. Nach den erhaltenen Kurven wurden die Werte von $1 : [Rh_2]^2$ für $\alpha = 0{,}005$, $\alpha = 0{,}015$, $\alpha = 0.025$, .. u. s. w.. bis $\alpha = 0{,}565$ bestimmt, und durch Addition von diesen Werten und Division durch 100 wurden die Werte des Integrals I,

$$I = \int_0^{\alpha} \frac{d\,\alpha}{[Rh_2]^2},$$

für $\alpha = 0{,}01$, $\alpha = 0{,}02$, ... u. s. w. bis $\alpha = 0{,}57$ erhalten. Wenn man erst eine solche Tabelle für I berechnet hat, ist es leicht, aus den bei den Messungen erhaltenen α-Werten die Geschwindigkeitskonstante zu berechnen. Denn durch Integration von (2) erhält man:

$$k = \frac{I}{t} \cdot C.$$

Für α-Werte, grösser als 0,5, sind $K_d/C\alpha$ und $K_d/C\alpha^2$ kleine Zahlen. Man kann in diesem Falle mit guter Annäherung aus (1) den folgenden Ausdruck für $1 : [Rh_2]^2$ erhalten:

$$\frac{1}{[Rh_2]^2} = \left(\frac{1}{K_d} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^2 + \frac{2}{K_d \cdot C\,(1-\alpha)^2}.$$

Wenn man diesen Ausdruck in (2) einführt, erhält man:

$$\left(\left(\frac{1}{K_d} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^2 + \frac{2}{K_d \cdot C\,(1-\alpha)^2}\right) d\alpha = \frac{k}{C} dt,$$

woraus man weiter durch Integration erhält:

$$\frac{1 + 2K_d : C}{1-\alpha_1} - (1-\alpha_1) + 4{,}605 \log (1-\alpha_1) - \left(\frac{1 + 2K_d : C}{1-\alpha_2} - (1-\alpha_2) + 4{,}605 \log (1-\alpha_2)\right)$$
$$= K_d^2 \cdot \frac{k}{C} \cdot (t_1 - t_2),$$

wo α_1 und α_2 die zu den Zeiten t_1 und t_2 gefundenen Autoreduktionsgrade bezeichnen. Diese angenäherte Formel wurde zur Berechnung der Geschwindigkeitskonstante k benutzt für alle Werte von α grösser als 0,57.

Die Prüfung der Theorie. Mit Hilfe dieser zwei Verfahren wurden die in den Tabellen 30—33 angegebenen k-Werte berechnet. Beim ersten Anblick könnte man geneigt sein, zu meinen, dass die gefundenen k-Werte mehr als erlaubt variieren. Denn selbst wenn man die k-Werte für $t = 1$ Minute nicht mitrechnet, weil die Zeitbestimmung recht unsicher sein muss, und gleichfalls von den k-Werten für t grösser als 1000 Minuten absieht, weil die Temperatur bei diesen langdauernden Versuchen nicht auf 18° gehalten wurde, so weisen die übrigen Werte doch bedeutende Variationen auf, und sie zeigen einen gewissen Gang, indem die k-Werte im grossen Ganzen mit der Zeit etwas abnehmen. Die Abweichungen sind indessen nicht grösser, als man sie zu erwarten hat. Schon ein Titrierungsfehler von 0,01 in der Bestimmung des Autoreduktionsgrades α, (und genauer sind die Versuche nicht) ergibt Änderungen von über 10 % in k, wie man aus der folgenden Zusammenstellung sehen kann:

Änderung von k für einen Fehler von 0,01 in α.

Für $\alpha =$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Änderung in k	16 %	12 %	10 %	9 %	8 %

Der Tendenz der k-Werte zum Sinken mit der Zeit ist auch leicht zu erklären. Die Geschwindigkeitskonstante k nimmt nämlich mit steigender Rhodanionen- und Wasserstoffionenkonzentration sehr stark ab, wie bald näher entwickelt werden soll, und da nun die Gehalte an Rhodanionen und Wasserstoffionen während einer Autoreduktion nicht konstant sind, sondern beide ansteigen, ist eine gewisse Abnahme von k mit der Zeit gerade zu erwarten. In den Anmerkungen zu den Tabellen sind die Werte der Konzentrationen der Rhodanionen und der Wasserstoffionen beim Anfang und nach dem vollständigen Verlauf der Autoreduktion angegeben. Es wäre vielleicht möglich. wenn auch sehr beschwerlich, diese Abnahme von k zu berücksichtigen, da wir die Variation von k mit der Rhodanionen- und der Wasserstoffionenkonzentration kennen; wir haben aber davon Abstand genommen; die Sachlage ist nämlich noch komplizierter, weil der bei der Autoreduktion gebildete Cyanwasserstoff

auch auf k störend einwirkt. Der Cyanwasserstoff bindet etwas vom Aurogolde. Nach dem Seite 28 besprochenen Gleichgewicht zwischen Aurocyanid und Aurorhodanid muss der als Cyanid vorhandene Bruchteil des Aurogoldes mit wachsender Autoreduktion auch etwas anwachsen; d. h. die aus unseren Messungen berechneten Geschwindigkeitskonstanten werden mit dem Vorschreiten der Autoreduktion etwas grösser werden. Hierdurch wird der Einfluss der steigenden Rhodanionen- und Wasserstoffionenkonzentrationen teilweise aufgehoben.

In Anbetracht dieser Umstände scheint es uns berechtigt, aus dem Material der Tabellen 30—33 zu schliessen, dass die Autoreduktionsgeschwindigkeit dem Quadrate der Rhodankonzentration proportional ist, und weiter daraus zu folgern, dass die Autoreduktion über das freie Rhodan als Zwischenstufe verläuft. und dass k die Geschwindigkeitskonstante bei der Zersetzung des freien Rhodans ist.

Die Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante von der Rhodanionen- und der Wasserstoffionenkonzentration. Um genügendes Material zur Diskussion der Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante k von den Rh^-- und H^+-Konzentrationen zu erhalten, sind in Tabelle 34 und 35 die Resultate einiger vereinzelten Geschwindigkeitsmessungen in verschiedenen Lösungen zusammengestellt. Die Bedeutung der Bezeichnungen ist dieselbe wie in den Tabellen 30—33, und die Berechnung von k ist wie in diesen Tabellen durchgeführt.

Tabelle 34.

Autoreduktion bei 18°.

						t	a	k	
0,004 m	Au^{III},	0,316 m	$NaRh$,	0,8 m	HCl	10 Min.	0,045	135	
0,004	—	0,116	—	0,4	—	10 —	0,285	3550	
0,004	—	0,216	—	0,4	—	10 —	0,15	809	
0,004	—	0,316	—	0,4	—	10 —	0,085	316	
0,004	—	0,416	—	0,4	—	10 —	0,070	239	
0,004	—	0,516	—	0,4	—	5 —	0,02	106	Mittel: 119
						10 —	0,03	83	
						15 —	0,065	144	
						30 —	0,105	144	
0,004	—	0,616	—	0,4	—	10 —	0,045	132	
0,004	—	0,316	—	0,2	—	10 —	0,175	1102	
0,004	—	0,216	—	0,1	—	10 —	0,385	9810	
0,004	—	0,416	—	0,1	—	10 —	0,21	1644	
0,004	—	0,516	—	0,1	—	10 —	0,15	809	Mittel: 848
						40 —	0,285	885	

Tabelle 35.

Autoreduktion bei 18°.

						t	a	k	
0,00462 m	Au^{III},	0,1229 m	$^1/_2 BaRh_2$,	1,46 m	HCl	10 Min.	0,07	252	
0,00462	—	0,1185	—	0,4022	—	5 —	0,22	3960	Mittel: 3510
						10 —	0,272	3420	
						30 —	0,380	3140	

In Tabelle 36 sind alle k-Werte aus den Tabellen 30—35 zusammengestellt, um zu zeigen, wie die Geschwindigkeitskonstante sich mit der Rhodanionen- und der Wasserstoffionenkonzentration ändert. Die angegebenen Rhodanionen- und Wasserstoffionenkonzentrationen sind Mittelwerte zwischen den Anfangs- und den Schlusskonzentrationen während der Autoreduktion.

Tabelle 36.

Die Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante k von $[Rh^-]$ und $[H^+]$.

	0,098 m H^+	0,198 m H^+	0,398 m H^+	0.798 m H^+	1,46 m H^+
0,102 m *Rh*	**36700**				
0,104 —	**44000**		3550		
0,105 —			**3510**		
0,109 —					252
0,204 —	8910		809		
0,302 —	**3540**				
0,304 —	**3600**	1102	316	135	
0,404 —	1644		239		
0,504 —	**848**		**119**		
0,604 —			132		

Anm. Die fett gedruckten Zahlen sind Mittelwerte aus mehreren Bestimmungen.

Tabelle 36 zeigt bei näherer Betrachtung, dass die Geschwindigkeitskonstante annähernd den Quadraten der Rhodanionen- und der Wasserstoffionenkonzentrationen proportional ist. In Tabelle 37 ist eine Übersicht über den Wert von $k_0 = k \cdot [Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2$ gegeben, um zu zeigen, wie genau diese Gesetzmässigkeit erfüllt ist.

Tabelle 37.

$k_0 = k \cdot [Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2$.

	0,098 m H^+	0,198 m H^+	0,398 m H^+	0,798 m H^+	1,46 m H^+
0,102 m *Rh*	**3,67**				
0,104 —	**4,57**		6,08		
0,105 —			**6,11**		
0,109 —					6,40
0,204 —	3,56		5,31		
0,302 —	**3,04**				
0,304 —	**3,20**	3,99	4,62	7,93	
0,404 —	2,59		6,17		
0,504 —	**2,07**		**4,79**		
0,604 —			7,61		

Tabelle 37 zeigt, dass $k_0 = k \cdot [Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2$ nur mit grober Annäherung konstant ist. In 0,098 m H^+ sinkt k_0 von 4 bis 2, wenn $[Rh^-]$ von 0,1 bis 0,5 steigt; man muss sich hierbei aber vergegenwärtigen, dass in demselben Intervall k von ca. 40000 bis 848 sinkt. Die Geschwindigkeit ändert sich also etwas schneller als $[Rh^-]^2$. In 0,398 m H^+ ist die Proportionalität zwischen Geschwindigkeitskonstante und $[Rh^-]^{-2}$ besser erfüllt. Auch die Proportionalität zwischen Geschwindigkeitskonstante und $[H^+]^{-2}$ ist nicht genau erfüllt. In 0,304 m Rh^- wächst k_0 von 3,20 bis 7,93, wenn $[H^+]$ von

0,1 bis 0,8 steigt; bei der Beurteilung dieser Variation von k_0 muss man sich aber vergegenwärtigen, dass in demselben Intervall k von 3600 bis 135 variiert. Die Geschwindigkeitskonstante ändert sich also etwas langsamer als $[H^+]^{-2}$. Etwas von der gefundenen Inkonstanz von $k \cdot [H^+]^2 \cdot [Rh^-]^2$ kann natürlich auf der Unsicherheit der experimentellen Bestimmung von k beruhen; es ist zur Erklärung der Inkonstanz auch von Interesse, sich zu erinnern, dass einige k-Werte aus der Anfangsgeschwindigkeit und andere aus der Schlussgeschwindigkeit der Autoreduktion gefunden wurden; aber diese Fehlerquellen allein genügen doch sicher nicht zur vollständigen Erklärung der Inkonstanz in den k_0-Werten. Mit grober Annäherung können wir doch für das ganze untersuchte Gebiet mit $k_0 = 5$ rechnen; d. h. wir können für die Geschwindigkeitskonstante, k, setzen:

$$k = \frac{5}{[Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2}.$$

Dieser Ausdruck für k ist leicht zu deuten. Wir haben k als die Geschwindigkeitskonstante bei der bimolekularen Zersetzung des freien Rhodans aufzufassen. Wenn wir nun annehmen, dass das freie Rhodan ein wenig nach der folgenden Gleichung hydrolysiert ist:

$$Rh_2 + H_2O = H^+ + Rh^- + HRhO,$$

und wenn wir weiter annehmen, dass seine Zersetzung in der Weise vor sich geht, dass zwei Moleküle unterrhodanige Säure, $HRhO$, miteinander reagieren, erhalten wir für k folgenden Ausdruck:

$$k = \frac{k' \cdot K^2}{[Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2},$$

wo k' die Zersetzungskonstante der unterrhodanigen Säure und K die Hydrolysenkonstante des freien Rhodans ist. Es gilt nämlich:

$$\frac{d\,aC}{dl} = k \cdot [Rh_2]^2 = k' \cdot [HRhO]^2 \text{ und } \frac{[H^+] \cdot [Rh^-] \cdot [HRhO]}{[Rh_2]} = K.$$

Da dieser Ausdruck die Geschwindigkeitsmessungen nur mit grober Annäherung wiedergibt, sind eine oder mehrere unserer Annahmen nicht genau erfüllt. Es ist wahrscheinlicherweise notwendig, zu berücksichtigen, dass das Aurirhodanid bei grossen Rhodanionenkonzentrationen höhere Komplexe bildet. Vielleicht erklärt sich in dieser Weise die Abnahme von k_0 bei den grösseren Rhodanionenkonzentrationen in 0,1 molarer Salzsäure. In 0,4 molarer Salzsäure zeigt sich diese Abnahme nicht; wir nehmen an, dass sie hier von einer Zunahme überdeckt wird, indem das Rhodan in einer Weise zersetzt werden kann, die durch Wasserstoff- und Rhodanionen nicht gehemmt wird. Dieser Zersetzungsweg wird sich nur bei grossen Wasserstoffionen- und Rhodanionenkonzentrationen gegenüber dem Weg über unterrhodanige Säure geltend machen können.

Die Geschwindigkeit der Autoreduktion bei sehr kleinen Gehalten an Rhodanionen oder Wasserstoffionen. Um unsere Kenntnis der Autoreduktion zu vervollständigen, haben wir einige Geschwindigkeitsmessungen in 0,00462 m Au^{III}, 0,03526 n $^1/_2$ $BaRh_2$, 1,46 m HCl, in 0,004 m Au^{III}, 0,316 m $NaRh$, 0,01 m HCl und in 0,004 m Au^{III}, 0,316 m

$NaRh$, 0,02 m HCl angestellt. Da in diesen Lösungen die Rhodanionenkonzentration, bzw. die Wasserstoffionenkonzentration wegen ihrer Kleinheit sich im Laufe der Autoreduktion sehr bedeutend ändert, haben wir diese Messungen in folgender Weise verwertet. Aus den Geschwindigkeitsmessungen haben wir mit Hilfe der Formel

$$k = \frac{5}{[Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2}$$

die Konzentration des in kleiner Menge vorhandenen Ions berechnet; da die in dieser Weise bestimmten Werte mit der Zusammensetzung der Lösungen in genügender Übereinstimmung waren, haben wir geschlossen, dass die angewandte Formel für k auch in diesen Lösungen eine brauchbare Annäherung ergibt.

Das Zahlenmaterial haben wir in Tabelle 38 und 39 gesammelt.

Tabelle 38.

Autoreduktion in 0,00462 m Au^{III}, 0,03506 n $^1/_2\,BaRh_2$, 1,46 m HCl bei 18°.

t	a	k	$[Rh^-]$ ber. aus k
1 Min.	0,085	3320	0,027
3 —	0,140	2430	0,031
5 —	0,205	3360	0,026
10 —	0,255	2870	0,029
15 —	0,305	3160	0,027
30 —	0,350	2400	0,031
60 —	0,430	2420	0,031
120 —	0,498	2150	0,033
180 —	0,535	1910	0,035
1440 —	0,700[1])	(900)	
2520 —	0,775[1])	(1000)	
3600 —	0,805[1])	(937)	
7200 —	0,875[1])	(1070)	
8880 —	0,900[1])	(1190)	

Anm. Nach der Zusammensetzung der Lösung wächst $[Rh^-]$ während der Autoreduktion von 0,026 bis 0,034.

Tabelle 39.

Autoreduktion in schwach sauren Lösungen bei 18°.

			t	a	k	$[H^+]$ ber. aus k
0,004 m Au^{III},	0,316 m $NaRh$,	0,01 m HCl	10 Min.	0,86	55800	0,0097
0,004 —	0,316 —	0,02 —	10 —	0,705	118600	0,021

Anm. Das zu diesen Lösungen angewandte Goldchlorid war lakmusneutralisiert und enthielt also annähernd die Verbindung $AuCl(OH)_2$ (vgl. Seite 51). $[H^+]$ wächst daher in diesen Lösungen von etwa 0,002, bzw. 0,012 bis etwa 0,013, bzw. 0,023, wenn die Autoreduktion zur Ende verlaufen ist.

Die Geschwindigkeit der Autoreduktion nach spektrophotometrischen Messungen. In den Tabellen 14—22 besitzen wir ein grosses Material über die Abnahme der Farbe der Aurirhodanidlösungen mit der Zeit. Das Material ist, da es bei etwas verschiedenen Temperaturen (15°—23°) gefunden wurde, nicht besonders wertvoll; wir haben

[1]) Aufbewahrt bei Zimmertemp. (März).

es aber doch durchgerechnet, teils um die durch Sulfittitrierung gefundenen Geschwindigkeitskonstanten zu kontrollieren und teils um die Autoreduktionsgeschwindigkeit in stark sauren, rhodanionenreichen Lösungen kennen zu lernen. Aus der spektrophotometrisch bestimmten Aurirhodanidmenge ist zuerst der Gehalt an freiem Rhodan mit Hilfe der bekannten Dissoziationskonstante des Aurirhodanids berechnet. Die Summe der Konzentrationen des freien Rhodans und des photometrisch bestimmten Aurirhodanids gibt uns das noch nicht autoreduzierte Aurirhodanid; die weitere Berechnung der Geschwindigkeitskonstanten k und k_0 ist genau wie früher durchgeführt. Wenn die Messungen bei 18° nicht angestellt sind, haben wir die k-Werte unter der Annahme auf 18° umgerechnet, dass die Konstante 1,27mal grösser pro Grad wird (vgl. Seite 51; $1{,}27^8 = 7$). In Tabelle 40 sind einige Resultate zusammengestellt.

Tabelle 40.

Spektrophotometrische Bestimmungen der Autoreduktionsgeschwindigkeit.

								$[H^+]$	$[Rh^-]$	k	k_0
0,028 m	*NaRh*,	1 m	*HCl*,	0,002 m	Au^{III},	0,005 m	Au^I	1	0,011	41200	5,00
0,056	—	1	—	0,005	—	0,005	—	1	0,028	8630	6,77
0,056	—	1	—	0,002	—	0,005	—	1	0,04	2710	4,34
0,056	—	1	—	0,005	—			1	0,04	4420	7,08
0,056	—	1	—	0,002	—			1	0,05	2250	5,61
0,14	—	1	—	0,005	—	0,005	—	1	0,11	370	4,47
0,14	—	1	—	0,002	—	0,005	—	1	0,122	320	4,76
0,14	—	1	—	0,005	—			1	0,122	226	3,37
0,14	—	1	—	0,002	—			1	0,133	223	3,95
0,28	—	0,2	—	0,005	—			0,2	0,26	1840	4,95
0,28	—	0,5	—	0,005	—			0,5	0,26	140	2,36

Die berechneten Werte von k_0 ($= k \cdot [Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2$) liegen für alle die in Tabelle 40 zusammengestellten Lösungen in der Umgebung von 5 und bestätigen somit die durch Sulfittitrierungen gefundenen Werte. In allen diesen Lösungen ist $[H^+] \cdot [Rh^-]$ kleiner als oder gleich 0,133. Wenn man versucht, für Lösungen, in welchen $[H^+] \cdot [Rh^-]$ grösser als 0,133 ist (wir haben 0,28 m *NaRh*, 1 m *HCl* und 0,8 m *NaRh*, 1 m *HCl* untersucht), die Geschwindigkeitskonstante k_0 zu berechnen, so variieren die erhaltenen Werte mit dem Vorschreiten der Autoreduktion sehr stark und sind gewöhnlich weit grösser als 5 (bis 80mal grösser). Die Autoreduktion verläuft in diesen Lösungen deshalb sicher auf einem anderen Reaktionsweg als in den verdünnteren Lösungen. Wenn man annimmt, dass die Reaktion auf dem neuen Weg durch die Anwesenheit von Rhodanionen und Wasserstoffionen positiv katalysiert wird, während sie auf dem gewöhnlichen Weg über unterrhodanige Säure dadurch gehemmt wird, versteht man leicht, dass eine Verdoppelung von $[Rh^-] \cdot [H^+]$ den Hauptumsatz von dem einen Wege auf den anderen verschieben kann. Unser Material ist indessen zur Bestimmung des neuen Reaktionsweges allzu klein und ungenau, und wir haben keine Bearbeitung davon versucht.

VIII. Die Zersetzungsgeschwindigkeit des freien Rhodans.

Wie in der Übersicht näher entwickelt, haben wir das freie Rhodan als ein zwischen Brom und Jod liegendes, farbloses und unbeständiges Halogen aufzufassen. Wenn man Brom zu einer salzsauren Lösung von Natriumrhodanid setzt, wird es freigemacht, und durch Messung der Abnahme der Fähigkeit der Lösung zur Jodausscheidung haben wir die Unbeständigkeit des freien Rhodans in wässriger Lösung bestimmt.

Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Eine geeignete Menge Bromwasser wurde zu verdünnter Salzsäure gesetzt und bei 18° in einem Thermostaten angebracht. Wenn die Mischung die Temperatur 18° angenommen hatte, wurde sie schnell in eine konzentrierte, salzsaure, gleichfalls auf 18° gebrachte Lösung von Natriumrhodanid gegossen. Das Brom darf beim Mischen nicht auf Natriumrhodanid treffen können, ohne dass Salzsäure und Natriumrhodanid in Überschuss vorhanden sind, weil das freigemachte Rhodan sonst allzu schnell hydrolysiert wird. Bei dem angewandten Verfahren wurde trotz aller Vorsicht etwas über die Hälfte des vom Brom freigemachten Rhodans beim Mischen zersetzt. In der Mischung wurde der Gehalt an freiem Rhodan durch Abpipettieren von 50 cm^3 in 5 cm^3 5 % Kaliumjodid und Titrierung mit Sulfit bestimmt. Die Tabellen 41—44 enthalten das gewonnene Versuchsmaterial. Aus den Titrierungsresultaten ist die Geschwindigkeitskonstante für die Zersetzung des freien Rhodans nach der Formel für eine bimolekulare Reaktion berechnet:

$$k = \frac{1}{t}\left(\frac{1}{[Rh_2]_t} - \frac{1}{[Rh_2]_0}\right).$$

Die gefundenen k-Werte variieren innerhalb jeder Tabelle nur unbedeutend, und zwar unregelmässig um ihr Mittel, woraus hervorgeht, dass die Reaktion wirklich bimolekular ist. Wenn die Rhodanionenkonzentration von 1 bis 0,6 sinkt, also 0,6mal kleiner wird, so wird die Geschwindigkeitskonstante k $^{319}/_{114,6} = {}^{1}/_{0,60}{}^{2}$mal grösser; die Geschwindigkeit ist also dem Quadrate der Rhodanionenkonzentration umgekehrt proportional. Wenn die Wasserstoffionenkonzentration von 1 bis 0,5 sinkt, so wird k $^{679}/_{114,6} = 2^{2,57}$ mal grösser; die Geschwindigkeit ändert sich also etwas schneller als das Quadrat der Wasserstoffionenkonzentration. Wenn man aus den gefundenen k-Werten $k_0 = k \cdot [Rh^-]^2 \cdot [H^+]^2$ berechnet, erhält man, wie aus Tabelle 45 zu ersehen, Werte in der Umgebung von 5.

Tabelle 41.

Die Zersetzung des Rhodans in 1 m *HCl*, 0,2 m *NaRh* bei 18°.

40 cm^3 5 m *HCl* + 170 cm^3 H_2O + 5 cm^3 Bromwasser (0,214 m) wurden zu 25 cm^3 2 m *NaRh* + 10 cm^3 5 m *HCl* gesetzt, und die ersten 50 cm^3 zur Titrierung wurden 0,5 Minuten später (zu $t = 0$) zu Kaliumjodid gesetzt.

t	Sulfit (0,01868 m)	$[Rh_2]$	k
0 Min.	3,50 cm^3	0,00138	
6 —	1,80 —	0,000709	114
11 —	1,25 —	492	119
21 —	0,85 —	335	108
43,5 —	0,45 —	177	113
			Mittel: 113,5

t	Sulfit (0,01868 m)	$[Rh_2]$	k
0 Sek.	3,87 cm³	0,001447	
100 —	3,06 —	1144	110
292 —	2,07 —	0774	124
593 —	1,48 —	0553	113
1417 —	0,78 —	0292	116
			Mittel: 115,7

Tabelle 42.

Die Zersetzung des Rhodans in 1 m *HCl*, 0,12 m *NaRh* bei 18°.

40 cm³ 5 m *HCl* + 180 cm³ H_2O + 5 cm³ Bromwasser (0,214 m) wurden zu 15 cm³ 2 m *NaRh* + 10 cm³ 5 m *HCl* gesetzt, und die ersten 50 cm³ zur Titrierung wurden 25 Sekunden später (zu t = zu Kaliumjodid gesetzt.

t	Sulfit (0,01868 m)	$[Rh_2]$	k
0 Sek.	3,30 cm³	0,001232	
82 —	2,17 —	0811	319
207 —	1,53 —	0571	272
319 —	1,04 —	0388	331
561 —	0,65 —	0243	353
			Mittel: 319

Tabelle 43.

Die Zersetzung des Rhodans in 0,5 m *HCl*, 0,2 m *NaRh* bei 18°.

20 cm³ 5 m *HCl* + 195 cm³ H_2O + 5 cm³ Bromwasser (0,214 m) wurden zu 25 cm³ 2 m *NaRh* + 5 cm³ 5 m *HCl* gesetzt, und die ersten 50 cm³ zur Titrierung wurden 24 Sekunden später zu Kaliumjodid gesetzt.

t	Sulfit (0,01874 m)	$[Rh_2]$	k
0 Sek.	3,20 cm³	0,001200	
108 —	1,30 —	0487	675
226 —	0,74 —	0278	735
476 —	0,46 —	0172	628
			Mittel: 679

Tabelle 44.

Die Zerzetzung des Rhodans in 0,4 m *HCl*, 0,2 m *NaRh* bei 18°.

20 cm³ 5 m *HCl* + 200 cm³ H_2O + 5 cm³ Bromwasser (0,214 m) wurden zu 25 cm³ 2 m *NaRh* gesetzt, und die ersten 50 cm³ zur Titrierung wurden 22 Sekunden später (zu $t = 0$) zu Kaliumrhodanid gesetzt.

t	Sulfit (0,01845 m)	$[Rh_2]$	k
0 Sek.	3,13 cm³	0,001154	
96 —	1,00 —	0369	1150
119 —	0,90 —	0332	1080
199 —	0,52 —	0192	1310
			Mittel: 1180

Tabelle 45.

	k	k_0
1 m *HCl*, 0,12 m *NaRh*	319	4,59
1 — 0,2 —	114,6	4,58
0,5 — 0,2 —	679	6,79
0,4 — 0,2 —	1180	7,55

Alle diese Gesetzmässigkeiten stimmen mit unseren Resultaten aus den Autoreduktionsuntersuchungen gut überein und bilden somit einen Beweis für unsere Annahme, dass die Autoreduktion über das freie Rhodan verläuft und durch seine Unbeständigkeit hervorgerufen wird.

In Tabelle 46 sind die Resultate einiger Messungen über die Zerzetzung des Rhodans bei 13,8° aufgeführt.

Tabelle 46.

Die Zersetzung des Rhodans in 1 m *HCl*, 0,08 m *NaRh* bei 13,8°.

40 cm³ 5 m *HCl* + 185 cm³ H_2O + 5 cm³ Bromwasser (0,214 m) wurden zu 10 cm³ 2 m *NaRh* + 10 cm³ 5 m *HCl* gesetzt, und die ersten 50 cm³ zur Titrierung wurden 28 Sekunden später zu Kaliumrhodanid gesetzt.

t	Sulfit (0,01868 m)	$[Rh_2]$	k
0 Sek.	3,60 cm³	0,001348	
110 —	1,80 —	0672	408
252 —	1,03 —	0384	442
374 —	0,71 —	0265	503
			Mittel: 451

Als Mittel erhält man aus dieser Tabelle für k 451 und für k_0 $451 \cdot 0{,}08^2 = 2{,}99$. Da nach Tabelle 45 k_0 in 1 m Salzsäure bei 18° 4,59 beträgt, ergibt sich hiernach für eine Temperatursteigerung von 1° eine Vergrösserung von k_0 im Verhältnis

$$\sqrt[4,2]{\frac{4,59}{2,99}} = 1,11.$$

Da wir für die Geschwindigkeitskonstante der Autoreduktion pro Grad eine Vergrösserung im Verhältnis

$$\sqrt[8]{\frac{10}{1,4}} = 1,28$$

gefunden haben (vgl. Seite 51), also eine weit grössere Zahl, so muss die Dissoziation des Aurirhodanids in Rhodan und Aurorhodanid mit der Temperatur steigen, und zwar muss die Dissoziationskonstante pro Grad etwa 8 % grösser werden.

$$\sqrt{\frac{1,28}{1,11}} = 1,08.$$

Diese Zunahme ist recht plausibel. Ihr entspricht nach dem zweiten Wärmesatz ein Wärmeverbrauch bei der Dissoziation des Aurirhodanids von:

$$Q = RT^2 \cdot \frac{d \ln k}{dt} = 2 \cdot 291^2 \cdot 0{,}08 = \text{ca. } 10000 \text{ Kalorien.}$$

IX. Die Goldausscheidung.

Die chemische Gleichung des Vorgangs. Wenn man eine Goldrhodanidlösung längere Zeit aufbewahrt, so wird das Gold nach und nach in freier Form ausgeschieden. Dieser Vorgang findet hauptsächlich in der Weise statt, dass der Gehalt der Lösung an Aurorhodanid in Gold und Aurirhodanid gespalten wird:

$$3\,AuRh_2^- = 2\,Au + AuRh_4^- + 2\,Rh^-,$$

wonach das gebildete Aurirhodanid zu Aurorhodanid autoreduziert wird; dieses wird dann wieder unter Goldausscheidung gespalten u. s. w. Den Beweis dieser Reaktionsfolge erblicken wir darin, dass Aurorhodanidlösungen, die kein Aurirhodanid enthalten, beim Stehen gleichzeitig Gold ausscheiden und aurirhodanidhaltig werden, und wenn der Gehalt an Wasserstoffionen und Rhodanionen einigermassen gross und die Geschwindigkeit der Autoreduktion daher klein ist, so wird in Übereinstimmung mit obiger Gleichung im Anfange des Vorgangs für je zwei ausgeschiedene Goldatome ungefähr ein Molekül Aurirhodanid in der Lösung gefunden. Einige Analysenresultate, die dies zeigen, sind in Tabelle 47 enthalten.

Tabelle 47.

Goldausscheidung und Aurirhodanidbildung in Aurorhodanidlösungen.

$[Rh^-] = 0{,}4$; $[H^+] =$ ca. 0,1; $T =$ ca. 14°.

				Nach 24 Stunden.			Nach 48 Stunden.		
				Gold ausgeschieden aus 25 cm³.	$[Au^{III}]$ beob.	ber.	Gold ausgeschieden aus 25 cm³.	$[Au^{III}$ beob.	ber.
0,0121 m	Au^I,	0,425 m	$NaRh$,	0,1 m HCl	1,6 mg	0,00012	0,00016	1,7 mg	0,00013	0,00017
0,0242 —		0,45 —		0,1 —	4,4 —	0,00036	0,00045	5,7 —	0,00052	0,00058
0,0484 —		0,5 —		0,1 —	12,5 —	0,00100	0,00127	19,8 —	0,00176	0,00201
0,0969 —		0,6 —		0,1 —	Niederschlag aus $NaAuRh_4$			Niederschlag aus $NaAuRh_4$		

Die angewandten Lösungen wurden durch Zusatz von neutralisiertem Goldchlorid ($HAuCl_4 +$ ca. $3\,NaOH$) zu Salzsäure und Natriumrhodanid und nachherige Reduktion mit Sulfit dargestellt und in Portionen von 25 cm³ verteilt. Das ausgeschiedene Gold wurde abfiltriert, geglüht und gewogen, und im Filtrate wurde das Aurirhodanid sulfittitriert. In der Tabelle sind ausser den beobachteten Aurirhodanidkonzentrationen, $[Au^{III}]$, auch diejenigen aufgeführt, die man aus den ausgeschiedenen Goldmengen berechnet, unter der Annahme, dass pro zwei ausgeschiedene Goldatome ein Molekül Aurirhodanid gebildet wird. Die beobachteten Aurirhodanidkonzentrationen sind überall ein wenig kleiner als die berechneten, was aber auch zu erwarten ist, da die Autoreduktion durch die Anwesenheit der Wasserstoffionen, der Rhodanionen und des Aurorhodanids sicher nicht vollständig gehemmt wird.

Das Gleichgewicht Aurorhodanid-Aurirhodanid an einer Goldoberfläche. Wenn man in Tabelle 47 die Resultate nach 24stündigem Stehen mit denjenigen nach 48stündigem Stehen vergleicht, zeigt sich Folgendes. In der goldreichsten Lösung geht die Zersetzung des Aurorhodanids den zweiten Tag fast ebenso schnell wie am ersten Tage; je weniger

Gold die Lösung aber enthält, um so mehr nähern sich die für einen und für zwei Tage gefundenen Resultate einander. In der 0,0121 molaren Goldlösung scheint die Reaktion schon nach einem Tage annähernd fertig zu sein: hiernach darf man schliessen, dass in dieser Lösung nach zwei Tagen ein Gleichgewicht zwischen Aurorhodanid, Aurirhodanid und Gold fast erreicht wird. Nach der chemischen Gleichung des Vorganges:

$$3\,AuRh_2^- = AuRh_4^- + 2\,Rh^- + 2\,Au$$

kann man folgern, dass die Gleichgewichtsbedingung die folgende Form besitzen muss:

$$\frac{[AuRh_4^-]\,[Rh^-]^2}{[AuRh_2^-]^3} = K.$$

Wenn man annimmt, dass in der verdünntesten Lösung das Gleichgewicht nach zwei Tagen vollständig erreicht worden ist, berechnet man für die Gleichgewichtskonstante K den Zahlenwert 14,3.

$$\frac{0{,}00013 \cdot 0{,}4^2}{0{,}0116^3} = 14{,}3.$$

Dass in den stärkeren Goldlösungen das Gleichgewicht nicht so schnell erreicht wird wie in der verdünnten, ist leicht zu verstehen, da die zum Gleichgewicht notwendige Aurirhodanidmenge mit der dritten Potenz der Aurorhodanidkonzentration anwächst.

Den Zahlenwert der Gleichgewichtskonstante, K, kann man auch aus Potentialmessungen, die wir früher angestellt haben, berechnen. In einer Lösung von Aurorhodanid und Aurirhodanid, die mit Gold in Gleichgewicht ist, müssen die zwei Elektrodenpotentiale, die den Übergängen Aurirhodanid-Aurorhodanid und Aurorhodanid-Gold entsprechen, einander gleich sein.[1])

Für das Aurirhodanid-Aurorhodanid-Potential gilt:

$$E = {}_0E_h + \frac{RT}{2F} ln \frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-] \cdot [Rh^-]^2} = 0{,}645 + 0{,}029 \lg \frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-] \cdot [Rh^-]^2},$$

und für das Aurorhodanid-Gold-Potential gilt:

$$E = {}_0E_h + \frac{RT}{F} ln \frac{[AuRh_2^-]}{[Rh^-]^2} = 0{,}689 + 0{,}058 \lg \frac{[AuRh_2^-]}{[Rh^-]^2}.$$

Das Gleichsetzen dieser zwei Potentiale ergibt die gesuchte Gleichgewichtsbedingung:

$$\frac{[AuRh_4^-] \cdot [Rh^-]^2}{[AuRh_2^-]^3} = 10^{\frac{0{,}044}{0{,}029}} = 33.$$

Der aus den Potentialmessungen berechnete Zahlenwert 33 ist mehr als doppelt so gross wie der analytisch bestimmte. Bei der Beurteilung der fehlenden Übereinstimmung muss man sich erinnern, dass beide Werte recht unsicher sind. Namentlich

[1] Vgl. LUTHER: Zeitschr. physik. Chem. **36**, 385 (1901).

die analytische Bestimmung ist wahrscheinlicherweise sehr ungenau. Das Gleichgewicht hat sich selbst in der verdünnten 0,0121 molaren Lösung nach zwei Tagen sicher nicht vollständig eingestellt, und die Bestimmung der Aurirhodanidkonzentration ist wegen der Kleinheit dieser Konzentration ungenau. Wir haben daher den Wert 14,3 ausser Betracht gelassen und mit 33 gerechnet; aber auch dieser Wert ist sehr unsicher, indem ein Fehler von nur zwei Millivolt in einer der zu seiner Berechnung angewandten Normalpotentialen den Wert um 17 % ändert.

Wenn in einer Lösung die Hauptmenge des Goldes als Aurirhodanid, bzw. als Aurorhodanid vorhanden ist, sind die folgenden Formen der Gleichgewichtsbedingung zur Orientierung gut geeignet:

$$\left(\frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-]}\right)^3 = 33 \cdot \frac{[AuRh_4^-]^2}{[Rh^-]^2}, \quad \text{bzw.} \quad \frac{[AuRh_4^-]}{[AuRh_2^-]} = 33 \cdot \frac{[AuRh_2^-]^2}{[Rh_2^-]^2}.$$

Zu allgemeiner Orientierung ist es das beste, die folgenden Variabeln einzuführen:

$$x = [Rh^-] : [Au] \quad \text{und} \quad y = [AuRh_4^-] : [Au],$$

wo $[Au]$ die gesamte Goldkonzentration bedeutet. Die Gleichgewichtsbedingung nimmt mit ihnen die folgende Form an:

$$x^2 = 33(1-y)^3 : y.$$

Diese Gleichung ist zum Beispiel durch folgende Wertpaare befriedigt:

y	0,01	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,95	0,99
$\log x$	1,753	1,190	0,913	0,458	—0,241	—0,718	—1,181	—2,239.

Mit Hilfe dieser Werte ist die Kurve in Figur 2 (Seite 14) gezeichnet, die eine gute Übersicht über die Änderung des Verhältnisses zwischen Aurirhodanid und Aurorhodanid mit dem Verhältnis zwischen der Rhodanionenkonzentration und der gesamten Goldkonzentration abgibt.

Die Geschwindigkeit der Goldausscheidung. Es ist nun gezeigt worden, dass die Goldausscheidung nach der folgenden Gleichung vor sich geht:

$$3AuRh_2^- = AuRh_4^- + 2Rh^- + 2Au,$$

und dass dieser Vorgang reversibel ist und zu einem Gleichgewicht führt, für welches gilt:

$$\frac{[AuRh_4^-] \cdot [Rh^-]^2}{[AuRh_2^-]^2} = \text{ca. } 33.$$

Um auch die Geschwindigkeit der Goldausscheidung kennen zu lernen, haben wir Versuche bei 40° angestellt. Es wurde vorgezogen, die Versuche bei 40° auszuführen, da die Reaktion bei 18° sehr langsam verläuft.

Zu den Versuchen wurde vorzugsweise eine 0,1 molare Aurorhodanidlösung benutzt, in welcher die Rhodanionenkonzentration 0,3 molar und die Wasserstoffionenkonzentration 0,1 molar war; ausserdem wurden aber einzelne Versuche mit anderen Lösungen

angestellt. Die Lösungen wurden aus abgemessenen Mengen Salzsäure und Natrium rhodanid durch Zusatz von neutralisiertem Aurichlorid und nachherige Entfärbung mit Natriumsulfit dargestellt. Das Aurichlorid wurde in kleinen Portionen zugesetzt, die je für sich entfärbt wurden. Nach Verdünnen mit Wasser zu dem gewünschten Volumen wurde die Lösung in Portionen von 50 cm^3 bei 40° in einem Thermostaten angebracht. Das ausgeschiedene Gold wurde abfiltriert, geglüht und gewogen, und das in der Lösung vorhandene Aurirhodanid wurde durch Sulfittitrierung bestimmt. Tabelle 48 zeigt den Verlauf der Goldausscheidung in 0,1 m Au^I, 0,5 m $NaRh$, 0,1 m HCl; in dieser Lösung ist die Rhodanionenkonzentration 0,3 m und die Wasserstoffionenkonzentration ca. 0,1 m. [1]) Während die ausgeschiedene Goldmenge mit der Zeit ständig anwächst, passiert die vorhandene Aurirhodanidmenge durch ein Maximum. Vor dem Maximum wird das Aurirhodanid durch die Goldausscheidung schneller gebildet, als es durch die Autoreduktion zersetzt wird, während die Sachlage nach dem Maximum eine umgekehrte ist.

Tabelle 48.

Die Goldausscheidung in 0,1 m Au^I, 0,5 m $NaRh$, 0,1 m HCl.
$[Rh^-] = 0{,}3$; $[H^+]$ = ca. 0,1; $t = 40°$.

	$[Au^{III}]$	Gold aus 50 cm^3 ausgeschieden
Nach 2stündigem Stehen	0,00088 m	24,3 mg
— 4 —	0,00176 -	44,0 -
— 6 —	0,00222 -	56,6 -
— 18 —	0,00308 -	184,2 -
— 42 —	0,00288 -	280,3 -
	0,00262 -	249,9 -
	.....	293 -
— 66 —	0,00196 -	382 -
	0,00169 -	371 -
	0,00169 -	413 -

Wir haben nicht versucht, eine Formel für die Geschwindigkeit der Goldausscheidung aufzustellen. Die Goldausscheidung besitzt nämlich wie die meisten anderen heterogenen Reaktionen einen schlecht definierten Verlauf und gibt bei Wiederholungen nicht genau übereinstimmende Resultate (vgl. Tabelle 48).

Der katalytische Einfluss des freien Goldes. Wir haben gefunden, dass die Goldausscheidung durch die Anwesenheit von freiem Gold beschleunigt wird. Aus einer frischen Lösung, 0,1 m Au^I, 0,5 m $NaRh$, 0,1 m HCl, wurden gleichzeitig zwei Portionen von 50 cm^3 entnommen und bei 40° angebracht. Zu der einen Portion wurde das aus einer ähnlichen Portion in einigen Tagen ausgeschiedene Gold gesetzt. In dieser Portion stieg die Aurirhodanidkonzentration in zwei Stunden zu 0,00312, während sie in der anderen goldfreien nur zu 0,00108 stieg. Die Oberfläche des Goldes wirkt also als Kontaktsubstanz; es ist daher verständlich, dass die Geschwindigkeit der

[1]) Dieser Wert ist doch wahrscheinlicherweise etwas zu hoch; das angewandte Aurichlorid war gegen Lakmuspapier neutralisiert, und zu seiner Neutralisation verbraucht Aurichlorid nicht genau $2NaOH$ pro $AuCl_3$, sondern etwas mehr.

Goldausscheidung variieren kann, je nachdem das Gold in einem Versuch mehr oder weniger kompakt ausgeschieden wird. Am schnellsten würde die Ausscheidung wohl stattfinden, wenn das Gold sich in kolloider Form einige Zeitlang aufgeschlemmt hielt.

Die Abhängigkeit der Goldausscheidung von der Zusammensetzung der Lösung. Wir haben untersucht, wie die Geschwindigkeit der Goldausscheidung sich mit der Konzentration des Aurorhodanids, der Rhodanionen und der Wasserstoffionen ändert. Die Resultate sind in den Tabellen 49—51 gesammelt.

Tabelle 49.

Der Einfluss der Aurorhodanidkonzentration.

$[Rh^-] = 0{,}3$; $[H^+] =$ ca. 0,1; $t = 40°$.

			Nach 43,5 Stunden bei 40°.	
			$[Au^{III}]$	Gold aus 50 cm³ ausgeschieden
0,1 m Au^I,	0,5 m $NaRh$,	0,1 m HCl	0,00272 m [1])	280,8 mg [1])
0,05 —	0,4 —	0,1 —	0,00090 -	126,1 —
0,02 —	0,34 —	0,1 —	0,00026 -	47,4 —

Tabelle 50.

Der Einfluss der Wasserstoffionenkonzentration.

$[Rh^-] = 0{,}3$; $[Au^I] = 0{,}1$; $t = 40°$.

			Nach 18 Stunden bei 40°.	
			$[Au^{III}]$	Gold aus 50 cm³ ausgeschieden
0,1 m Au^I,	0,5 m $NaRh$,	0,1 m HCl	0,00308 m	184,2 mg
0,1 —	0,5 —	0,4 —	0,00653 -	219,8 —
0,1 —	0,5 —	0,8 —	0,00356 -	225,7 —

Tabelle 51.

Der Einfluss der Rhodanionenkonzentration.

$[H^+] =$ ca. 0,1; $[Au^I] = 0{,}1$; $t = 40°$.

				Nach 18 Stunden bei 40°.	
			$[Rh^-]$	$[Au^{III}]$	Gold aus 50 cm³ ausgeschieden
0,1 m Au^I,	0,4 m $NaRh$,	0,1 m HCl	0,2	0,00288	270,0 mg
				0,00284	308,5
0,1 —	0,5 —	0,1 —	0,3	0,00308	184,2
0,1 —	1,0 —	0,1 —	0,8	0,00162	81,5

Die Tabellen zeigen, dass die Geschwindigkeit der Goldausscheidung mit steigender Rhodanionenkonzentration sinkt. Dagegen ist sie von der Wasserstoffionenkonzentration ziemlich unabhängig und steigt nur ein wenig mit abnehmendem Säuregrad. Wenn man die Wasserstoffionenkonzentration durch Zusatz von Natriumazetat sehr stark herunterdrückt, geht die Goldausscheidung doch, wie wir durch einige qualitative Versuche gefunden haben, mehrmal schneller als in den salzsauren Lösungen.

Die in den Lösungen nachweisbare Aurirhodanidmenge nimmt mit der Konzentration der Lösungen sehr stark ab. Wenn man die in den Tabellen 49—51 untersuchten

[1]) Interpoliert aus Tabelle 48.

Lösungen 10mal mit Wasser verdünnt, nehmen sie beim Stehen die Farbe des Aurirhodanids gar nicht an; es werden also keine sichtbaren Mengen von Aurirhodanid gebildet.

Eine spätere Versuchsreihe. Einige Monate nach den besprochenen Versuchen wurde eine neue Reihe Versuche mit 0,1 m Au^I, 0,5 m $NaRh$, 0,1 m HCl angestellt. Tabelle 52 enthält die dabei gewonnenen Resultate. In dieser Versuchsreihe ging die Goldausscheidung bedeutend schneller als früher (zu Anfang sogar 4mal schneller). Die gleichzeitig angestellten Parallelversuche stimmten recht gut überein und wiesen jedenfalls keine Variationen auf, die mit dem Unterschied der beiden Reihen vergleichbar waren. Es ist möglich, dass die Salzsäure bei der Darstellung der Lösungen der letzten Reihe erst nach dem Zusatz und der Reduktion des Aurichlorids zugesetzt wurde, und dass die Reduktion zu Aurorhodanid also in neutraler Natriumrhodanidlösung vorgenommen wurde. Bei der Ausführung der Versuche wurde nicht daran gedacht, dass eine solche kleine Abweichung von Bedeutung sein könnte. Erst viel später sind wir auf den Gedanken gekommen, dass vielleicht ein bei der Reduktion in neutraler Lösung entstandenes Nebenprodukt die Goldausscheidung beschleunigt hat.

Tabelle 52.

Die Goldausscheidung in 0,1 m Au^I, 0,5 m $NaRh$, 0,1 m HCl.
$[Rh^-] = 0{,}3$; $[H^+] =$ ca. 0,1; $t = 40°$.

	$[Au^{III}]$	Gold aus 50 cm³ ausgeschieden
Nach 1stündigem Stehen	0,0035; 0,00218	77 mg;
— 2 — —	0,00422; 0,00428; 0,00436	96,5 —
— 3 — —	0,00442; 0,00442	105,4 — ; 109 mg
— 6 — —	0,00592; 0,00608	146 —
— 9 — —	0,00728	....
— 12 — —	0,00780	239 —
— 15 — —	0,00762	....
— 18 — —	0,00704	....
— 22 — —	0,00624	340 —
— 24 — —	0,00640; 0,00650	260 —
— 46 — —	0,00344	352 — ; 355 —
— 51 — —	0,00306; 0,00282	384 — ; 377 —
— 72 — —	0,00166	500 —
— 75 — —	0,00150; 0,00150	....
— 92 — —	.....	486 — ; 487 —
— 94 — —	0,000934	516 —
— 95 — —	0,00148; 0,00132	478 —
— 170 — —	0,00018; 0,00018	....

Das Verhalten der Aurirhodanidlösungen. Eine frische Lösung von Aurirhodanid kann Gold auflösen. Wenn man die Lösung stehen lässt, wird das Aurirhodanid nach und nach autoreduziert, und nach einiger Zeit wird ein Zustand erreicht, wo die Lösung mit metallischem Gold in Gleichgewicht sein wird, wo sie also sozusagen mit Gold gesättigt ist. Wenn die Autoreduktion weiter vorschreitet, fängt die Lösung an, Gold auszuscheiden, und es wird nach einiger Zeit ein in bezug auf Aurirhodanid annähernd stationärer Zustand erreicht, wo die durch die Autoreduktion verbrauchte Menge von

Aurirhodanid fast vollständig durch die Zersetzung des Aurorhodanids wiedergebildet wird. Ein ähnlicher annähernd stationärer Zustand wird erreicht, wenn man von Aurorhodanid ausgeht. Mit der Zeit müssen diese beiden Zustände sich asymptotisch aneinander nähern, und der Goldgehalt wird in beiden Lösungen in derselben Weise gegen Null abnehmen.

Wir haben diese Schlüsse durch die in Tabelle 53 und 54 zusammengestellten Versuche kontrolliert. Aus Tabelle 53 sieht man, wie die Aurirhodanidkonzentration in einer Aurorhodanidlösung sich ändert, in welcher die Aurirhodanidkonzentration anfänglich etwas grösser war als dem stationären Zustande entsprechend.

Tabelle 53.

0,0066 m Au^{III}, 0,0934 m Au^{I}, 0,5 m *NaRh*, 0,1 m *HCl* bei 40°

Nach	0 stündigem	Stehen	0,0066 m Au^{III}
— 5	—	—	0,0041 —
— 12	—	—	0,0031 —
— 51	—	—	0,0026 —
— 75	—	—	0,0026 —

Tabelle 54.

0,1 m Au^{I}, 0,5 m *NaRh*, 0,1 m *HCl* bei 40°.

Naeh	2 stündigem	Stehen	0,0009 m Au^{III}
— 6	—	—	0,0022 —
— 18	—	—	0,0031 —
— 42	—	—	0,0027 —
— 66	—	—	0,0018 —

Wenn man von derselben, aber nur aurirhodanidfreien Lösung, ausgeht, erhält die Lösung beim Stehen die in Tabelle 54 angeführten Aurirhodanidmengen.

Die anfänglich aurirhodanidhaltige und die anfänglich aurirhodanidfreie Lösung enthalten also schon nach etwa 10 Stunden annähernd dieselbe Menge Aurirhodanid.

Anhang

über

das Aurichlorid.

Über den Zustand des Goldes in Aurichloridlösungen liegen in der Literatur nur qualitative Angaben vor. Um die Komplexität des Aurirhodanids mit derjenigen des Aurichlorids vergleichen zu können, haben wir deshalb im Laufe unserer Untersuchungen über die Rhodanide des Goldes das Normalpotential Gold-Aurichlorid gemessen. Die zu diesem Zwecke angestellten Potentialmessungen haben uns nebenbei erlaubt, die Hydrolyse des Aurichlorids zahlenmässig festzulegen. Die bei unseren Aurichloriduntersuchungen gefundenen Daten sind in diesem kleinen Anhang zusammengestellt.

Das Normalpotential Aurichlorid-Gold. Das Potential von Goldelektroden in aurichloridhaltigen Lösungen ist von mehreren Beobachtern untersucht worden (Neumann [1]), Fawsitt [2])). Diese älteren Messungen sind indessen ziemlich wertlos; in einigen ist die Zusammensetzung der Goldlösung gar nicht angegeben, und wo die Zusammensetzung

[1]) Zeitschr. physik. Chem. **14**, 193 (1894).

[2]) Journ. Soc. Chem. Ind. **25**, 1133 (1906).

angegeben ist, kennt man doch nicht den Zustand des Goldes und den Gehalt an Chlorionen.

Wir haben daher einige neue Messungen ausgeführt. Bei diesen wurden Lösungen von Wasserstoffaurichlorid benutzt, in welchen die Hydrolyse des Tetrachloroauriatkomplexes durch Zusatz von Salzsäure so stark zurückgedrängt war, dass man die Konzentration des Tetrachloroauriat-Ions gleich der Goldkonzentration und die Chlorionenkonzentration gleich der Konzentration der zugesetzten Salzsäure setzen konnte.

Tabelle 55 enthält die gewonnenen Resultate.

Tabelle 55.

Potential von Ketten: *Au* | Aurichloridlös. | gesätt. *KCl* | 0,1 m *KCl*, *HgCl* | *Hg*.

Bei ca. 17°.

Aurichloridlösung	E			Dif. pot.	${}_0E$		
	I	II	III		I	II	III
0,1 m $HAuCl_4$, 1 m HCl	0,627	....	....	—0,017	0,673	....	....
0,1 — 0,5 —	0,662	0,647	0,657	—0,012	0,670	0,655	0,665
0,1 — 0,25 —	....	0,672	0,683	—0,009	....	0,654	0,665
0,1 — 0,1 —	....	0,713	0,717	—0,007	....	0,662	0,666
0,1 — 0 —	0,813	....	....	—0,004	....	....	....
0,05 — 0,5 —	....	0,636	....	—0,012	....	0,650	....
				Mittel:	0,671	0,655	0,665

Für E, das gemessene Potential, sind unter I, II, III die Resultate von drei verschiedenen Messungsserien angegeben, die zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedenen Goldelektroden ausgeführt wurden. Als Goldelektroden wurden galvanisch vergoldete, in Glas eingeschmolzene Platindrähte angewandt. Es wurden in derselben Messungsreihe nur Elektroden benutzt, die in einer Aurichloridlösung Potentiale ergaben, die auf weniger als 1 Millivolt übereinstimmten.

Man sieht sogleich aus der Tabelle, dass die drei Reihen untereinander nicht gut übereinstimmen, indem Abweichungen bis auf 15 Millivolt vorhanden sind. Die gemessenen Potentiale waren im grossen ganzen auch recht schlecht definiert; sie änderten sich in den ersten Stunden nach der Zusammenstellung der Kette oft viele Millivolt; die eingeführten Werte sind die nach mehrstündigem Stehen gefundenen. Bei einer erneuten Untersuchung dieser Potentiale wird es sicher zweckmässig sein, das Auro-Auri-Gleichgewicht in einer Goldchloridlösung in Berührung mit metallischem Gold genau zu studieren; vielleicht sind in den angewandten Lösungen die Auro-Mengen beim Gleichgewicht so gross, dass die Unsicherheiten der Messungen davon herrühren.

Um aus den gemessenen Potentialen ein Normalpotential zu berechnen, haben wir zuerst die Messungen für das Diffusionspotential korrigiert. Der Wert des Diffusionspotentials zwischen der salzsauren Goldlösung und dem gesättigten Kaliumchlorid wurde nach Henderson[1]) berechnet, und die gefundenen Werte sind in der Tabelle angeführt. Aus dem korrigierten Potentialwert, E', wurde das Normalpotential, ${}_0E$, nach der Formel

[1]) Vgl. diese Abhandlung S. 27.

$$E' = {}_0E + \frac{RT}{3F} ln \frac{[AuCl_4^-]}{[Cl^-]^4} \qquad (1)$$

berechnet. Diese Formel beruht auf der Annahme, dass die folgende Reaktion potentialbestimmend ist:

$$AuCl_4^- + 3\theta = Au + 4Cl^-.$$

Die nach der Formel (1) berechneten Normalpotentiale sind in Tabelle 55 angeführt. Innerhalb derselben Messungsreihe sind die für das Normalpotential gefundenen Werte von der angewandten Goldkonzentration und der angewandten Salzsäurekonzentration unabhängig. Wir dürfen hieraus auf die Richtigkeit der Formel (1) und weiter rückwärts auf die Richtigkeit der angenommenen potentialbestimmenden Reaktion schliessen.

Die in den drei Messungsreihen gefundenen Mittelwerte des Normalpotentials sind 0,671, 0,655, 0,665. Die angewandten Goldelektroden haben also bis 16 Millivolt verschiedene Potentiale ergeben. Das Mittel aus allen Messungen ergibt für das Normalpotential 0,664, und wenn dieser Wert durch Addition von 0,337 auf die Normal-Wasserstoffelektrode umgerechnet wird, erhält man für die Reaktion:

$$AuCl_4^- + 3\theta = Au + 4Cl^-$$

das Normalpotential, ${}_0E_h$, gleich 1,001.

Die Hydrolyse des Tetrachloroauriatkomplexes. Wir haben auch das Potential einer Goldelektrode in 0,1 molarem Wasserstoffaurichlorid ohne zugesetzte Salzsäure gemessen. Das Resultat ist in Tabelle 55 zu finden. Aus dieser Messung kann man die Hydrolysenkonstante des Tetrachloroauriatkomplexes berechnen. Nach Untersuchungen von Hittorf und Salkowsky und von Kohlrausch muss man annehmen, dass dieser Komplex nach der Gleichung

$$AuCl_4^- + H_2O = AuCl_3OH^- + H^+ + Cl^-$$

etwas hydrolysiert ist. Wenn der hydrolysierte Bruchteil x genannt wird, so wird die Chlorionenkonzentration der Lösung gleich $0{,}1 \cdot x$ und die Konzentration des Tetrachloroauriations gleich $0{,}1\,(1-x)$. Wir erhalten deshalb zur Bestimmung von x:

$$E' = {}_0E + \frac{RT}{3F} ln \frac{0{,}1\,(1-x)}{(0{,}1 \cdot x)^4}.$$

Hier ist E' das gemessene und für das Diffusionspotential korrigierte Potential; es ist gleich 0,817. ${}_0E$ ist das Normalpotential gegenüber der Dezinormal-Kalomelelektrode; es ist gleich 0,671 gesetzt, indem wir den Mittelwert angewandt haben, der in derselben Reihe gefunden wurde. Diese Zahlen ergeben:

$$\frac{0{,}1 \cdot (1-x)}{(0{,}1 \cdot x)^4} = 10^{\frac{0{,}817-0{,}671}{0{,}0192}} = 10^{7{,}60}; \quad x = 0{,}069.$$

Eine 0,1 molare Lösung von Wasserstoffaurichlorid ist also nach der Gleichung

$$AuCl_4^- + H_2O = AuCl_3OH^- + H^+ + Cl^-$$

6,9 % hydrolysiert. Daraus erhält man für die Hydrolysenkonstante, K_h:

$$K_h = \frac{[H^+] \cdot [Cl^-] \cdot [AuCl_3OH^-]}{[AuCl_4^-]} = \frac{0{,}1069 \cdot 0{,}0069^2}{0{,}0931} = 0{,}55 \cdot 10^{-4}.$$

Wenn man mit dem gefundenen Wert, $K_h = 0{,}55 \cdot 10^{-4}$, die Hydrolyse in 1 m und 0,01 m Wasserstoffaurichlorid berechnet, findet man 0,74 %, bzw. 45 %. KOHLRAUSCH[1]) gibt an, dass die molare Leitfähigkeit bei 18° für 1 m $HAuCl_4$ gleich 410 und für 0,01 m $HAuCl_4$ gleich 560 ist. Da die molare Leitfähigkeit von Salzsäure bei 18° in 1 molarer Lösung 310 und in 0,01 molarer Lösung 370 ist, so würde man unter der Annahme, dass das unhydrolysierte Wasserstoffaurichlorid ungefähr wie Salzsäure leitet, in 1 molarer Lösung eine grössere Hydrolyse erwartet haben, während für die 0,01 molare Lösung die gefundene Zahl ganz gut stimmt.

Auch für Lösungen von Kaliumaurichlorid kann man mittels der gefundenen Hydrolysenkonstante die Hydrolyse berechnen, Wenn der Hydrolysengrad x und die molare Konzentration der Lösung C genannt werden, erhält man zur Bestimmung von x die Gleichung:

$$\frac{x^3}{1-x} = 0{,}55 \cdot 10^{-4} : C^2.$$

HITTORF[2]) schliesst aus seinen Überführungsversuchen mit Kaliumaurichlorid, dass die Zersetzung des Doppelsalzes in Goldchlorid und Kaliumchlorid schon in ca. 0,4 molarer Lösung messbar und in ca. 0,07 molarer Lösung gar wesentlich stärker ist. Für $C = 0{,}4$ und für $C = 0{,}07$ berechnet man in Übereinstimmung hiermit aus der obenstehenden Formel $x = 0{,}07$, bzw. $x = 0{,}21$.

---

[1]) Zeitschr. physik. Chem. **33**, 257 (1900).

[2]) Pogg. Ann. **106**, 523 (1859).

Zusammenfassung.

1. **Das Aurorhodanid** ist in fester Form, wie bereits von CLEVE nachgewiesen wurde, nur in Form von Doppelverbindungen beständig. Wir haben ausser den CLEVE'schen Kalium- und Silberdirhodanoauroaten ein neues Doppelsalz von demselben Typus, das Ammoniumdirhodanoauroat, NH_4AuRh_2, dargestellt. Die entsprechende Wasserstoffverbindung, die Dirhodanoauroatsäure, lässt sich aus wässriger Lösung mit Äther extrahieren und lässt sich aus der ätherischen Lösung beim Eintrocknen als teilweise zersetztes Öl gewinnen.

In seinen wässrigen Lösungen ist das Aurorhodanid immer als Dirhodanoauroation, $AuRh_2^-$, vorhanden. Die Komplexitätskonstante dieses Komplexions ist $10^{22,4}$mal kleiner als die des Dicyanoauroations.

$$K_{Rh} = \frac{[AuRh_2^-]}{[Au^+]\cdot[Rh^-]^2}; \quad K_{CN} = \frac{[Au(CN)_2^-]}{[Au^+]\cdot[CN^-]^2}; \quad \frac{K_{CN}}{K_{Rh}} = 10^{22,4}.$$

Das Dirhodanoauroation ist in rhodanionenreicher Lösung bei $p_H = 9$ noch nicht merkbar hydrolysiert; in stark alkalischer Lösung wird es zersetzt.

Aus den Dirhodanoauroaten entsteht durch Einwirkung von Ammoniak nach einer reversiblen Reaktion das schwerlösliche, wasserempfindliche CLEVE'sche Monamminoaurorhodanid, $AuNH_3Rh$.

$$AuRh_2^- + NH_3 = AuNH_3Rh + Rh^-.$$

Das Dirhodanoauroation und die aurorhodanidhaltigen Verbindungen sind farblos.

2. **Aurirhodanid.** Wir können die CLEVE'sche Angabe bestätigen, dass Aurirhodanid in fester Form nicht existenzfähig ist und haben zwei neue Verbindungen vom CLEVE'schen Tetrarhodanoauriattypus, das Natriumtetrarhodanoauriat, $NaAuRh_4$, und die Tetrarhodanoauriatsäure, $HAuRh_4, 2H_2O$, dargestellt. Die letztgenannte Säure ist aus wässriger Lösung mit Äther extrahierbar und scheidet sich aus ihrer mit Natriumsulfat entwässerten, ätherischen Lösung mit 2 Molekülen Wasser aus.

Die Bestimmung von Aurirhodanid neben Aurorhodanid kann durch Titrierung mit Sulfit bis zur Farblosigkeit ausgeführt werden.

In seinen Lösungen ist das Aurirhodanid hauptsächlich als Tetrarhodanoauriation, $AuRh_4^-$, vorhanden. Die Komplexitätskonstante dieses Ions ist $10^{17,7}$mal grösser als die des Tetrachloroauriations.

$$K_{Rh} = \frac{[AuRh_4^-]}{[Au^{+++}] \cdot [Rh^-]^4}; \quad K_{Cl} = \frac{[AuCl_4^-]}{[Au^{+++}] \cdot [Cl^-]^4}; \quad \frac{K_{Rh}}{K_{Cl}} = 10^{17,7}.$$

Das Tetrarhodanoauriation ist stark rotbraun gefärbt. Bei $\lambda = 578\,\mu\mu$ ist sein molarer Extinktionskoeffizient 108; bei $\lambda = 546\,\mu\mu$ ist der Koeffizient 2,6 mal grösser und bei $436\,\mu\mu$ ist er fast 10 mal grösser.

Bei Rhodanionenkonzentrationen grösser als 0,2 sind Penta- und Hexarhodanoauriationen in bedeutender Menge vorhanden. Die Komplexitätskonstanten dieser Komplexionen sind die folgenden:

$$K_{AuRh_5} = \frac{[AuRh_5^{--}]}{[AuRh_4^-] \cdot [Rh^-]} = 1,0; \quad K_{AuRh_6} = \frac{[AuRh_6^{---}]}{[AuRh_5^{--}] \cdot [Rh^-]} = 1,1.$$

Die Penta- und Hexakomplexe sind stärker gefärbt als die Tetrakomplexe. Bei $\lambda = 578\,\mu\mu$ ist der molare Extinktionskoeffizient des Pentakomplexes ca. 218 und der des Hexakomplexes ca. 248.

Bei kleinen Rhodanionenkonzentrationen und Wasserstoffionenkonzentrationen scheint das Tetrarhodanoauriation einer Hydrolyse nach der folgenden Gleichung zu unterliegen:

$$AuRh_4^- + H_2O = AuRh_3(OH)^- + H^+ + Rh^-.$$

Diese Hydrolyse ist doch selbst bei $[H^+] \cdot [Rh^-] = 0,01$ noch kaum grösser als 20%.

Sehr bedeutungsvoll für das Verhalten des Aurirhodanids ist die Dissoziation des Tetrarhodanoauriations in Dirhodanoauroation und freies Rhodan, Rh_2:

$$AuRh_4^- = AuRh_2^- + Rh_2.$$

Die Dissoziationskonstante hat bei 18° den folgenden Wert:

$$K = \frac{[AuRh_2^-] \cdot [Rh_2]}{[AuRh_4^-]} = 0,49 \cdot 10^{-4};$$

sie steigt ungefähr 8% pro Grad.

3. **Das freie Rhodan**, Rh_2, ist als ein zwischen Brom und Jod liegendes, farbloses, zusammengesetztes Halogen aufzufassen. Es wird aus Rhodaniden von Brom sogleich freigemacht und macht selbst momentan Jod aus Jodiden frei. Es ist äusserst unbeständig und wird in wässriger Lösung nach der folgenden Gleichung hydrolysiert:

$$3Rh_2 + 4H_2O = 5H^+ + 5Rh^- + HCN + H_2SO_4.$$

Dieser Bruttoprozess ist das Resultat folgender 4 Partialprozesse:

$$Rh_2 + H_2O \rightleftarrows H^+ + Rh^- + HRhO;$$
$$2HRhO \rightarrow H^+ + Rh^- + HRhO_2;$$
$$HRhO + HRhO_2 \rightarrow H^+ + Rh^- + HRhO_3;$$
$$HRhO_3 + H_2O \rightarrow HCN + H_2SO_4.$$

Der 2. von diesen Partialprozessen bestimmt durch seinen langsamen Verlauf die Reaktionsgeschwindigkeit, für welche die folgende Gleichung als gültig nachgewiesen wurde:

$$\frac{d[Rh_2]}{dt} = -k'[HRhO]^2 = -k \cdot \frac{[Rh_2]^2}{[H^+]^2 \cdot [Rh^-]^2}.$$

Bei 18° hat die Geschwindigkeitskonstante k einen Zahlenwert von ca. 5, und ihr Wert steigt ca. 11 % pro Grad.

4. **Die Autoreduktion.** Aurirhodanid wird in Lösung durch Autoreduktion nach der folgenden Gleichung in Aurorhodanid umgewandelt:

$$3AuRh_4^- + 4H_2O = 3AuRh_2^- + 5H^+ + 5Rh^- + HCN + H_2SO_4.$$

Die Anwesenheit von Wasserstoffionen, von Rhodanionen und von Aurorhodanid wirkt auf die Reaktionsgeschwindigkeit dieser Autoreduktion stark hemmend ein.

Die Autoreduktion wird durch die Unbeständigkeit des durch die Dissoziation des Aurirhodanids entstandenen freien Rhodans verursacht. Es wurde gezeigt, dass ihr zeitlicher Verlauf aus dem Werte der Dissoziationskonstante des Aurirhodanids und aus der Zersetzungsgeschwindigkeit des freien Rhodans richtig vorausberechnet werden kann.

5. **Die Goldausscheidung.** Eine Aurorhodanidlösung scheidet Gold aus unter gleichzeitiger Bildung von Aurirhodanid nach der folgenden Gleichung:

$$3AuRh_2^- = 2Au + AuRh_4^- + 2Rh^-.$$

Diese Reaktion ist reversibel, indem Aurirhodanid Gold unter Bildung von Aurorhodanid löst. Die Gleichgewichtskonstante dieser reversiblen Reaktion hat den folgenden Wert:

$$K = \frac{[AuRh_4^-] \cdot [Rh^-]^2}{[AuRh_2^-]^3} = \text{ca. } 33.$$

Die Geschwindigkeit der goldlösenden Wirkung des Aurirhodanids haben wir nicht näher untersucht. Für die Geschwindigkeit der reziproken Reaktion, die Goldausscheidung aus Aurorhodanid, haben wir gefunden, dass sie mit abnehmender Rhodanionenkonzentration schnell und mit abnehmender Wasserstoffionenkonzentration langsam grösser wird. Die Geschwindigkeit wird durch Zusatz von Goldpulver katalytisch beschleunigt. In 0,1 m HCl, 0,5 m $NaRh$, 0,1 m Au^I wird bei 40° im Laufe von 3 Tagen ungefähr die Hälfte des Goldes ausgeschieden.

Die Autoreduktion und die Goldausscheidung bewirken zusammen, dass Goldrhodanidlösungen nach genügender Zeit alles Gold in metallischer Form ausscheiden.

6. **Das Löslichkeitsprodukt** des Natriumaurirhodanids, $[Na^+] \cdot [AuRh_4^-]$, wurde bei 18° in einer 2,2 ionnormalen Lösung zu 0,0005 und in einer 0,6 ionnormalen Lösung zu 0,0004 gefunden. Bei der Berechnung dieser Werte wurde mit Konzentrationen statt Aktivitäten gerechnet.[1]) Das Löslichkeitsprodukt des Kaliumaurirhodanids, $[K^+] \cdot [AuRh_4^-]$, hat bei einer Ionennormalität von 1,4 den Wert 0,00006.[2])

[1]) Vgl. Seite 46. Die Bestimmungen auf Seite 20 sind nur orientierend.

[2]) Auf Seite 18 wird 0,00008 angegeben; wenn man diese Zahl für die Anwesenheit von höheren Rhodanokomplexen korrigiert, erhält man die Zahl 0,00006.

7. **Das Aurichlorid.** In einer salzsauren Lösung von Wasserstoffaurichlorid ist das Gold hauptsächlich als Tetrachloroauriation, $AuCl_4^-$, vorhanden. Dieses Tetrachloroauriation ist in seinen Lösungen nach der folgenden Gleichung hydrolysiert:

$$AuCl_4^- + H_2O = AuCl_3(OH)^- + H^+ + Cl^-.$$

Seine Hydrolysenkonstante hat den folgenden Wert:

$$K_h = \frac{[AuCl_3(OH)^-] \cdot [H^+] \cdot [Cl^-]}{[AuCl_4^-]} = 0{,}55 \cdot 10^{-4}.$$

8. Die folgenden **Normalpotentiale** wurden bestimmt:

Elektrodenreaktion	Normalpotential $_0E_h$
$Au + 2Rh^- = AuRh_2^- + \theta$	0,689 Volt
$AuRh_2^- + 2Rh^- = AuRh_4^- + 2\theta$	0,645 —
$Au + 4Rh^- = AuRh_4^- + 3\theta$	0,660 —
$Au + 4Cl^- = AuCl_4^- + 3\theta$	1,001 —
$2Rh^- = Rh_2 + 2\theta$	0,769 —

Diese Werte gelten für ca. 18°. Bei ihrer Berechnung wurden die Ionenkonzentrationen statt der Ionenaktivitäten angewandt.

9. Der von Abegg und Campbell angegebene Wert 1,5 für **das Normalpotential Gold-Auroion** ist unzuverlässig, da bei der Messung von Goldelektrodepotentialen in starker, mit Aurooxyd gesättigter Salpetersäure nur das Oxydationspotential der Salpetersäure gemessen wird (vgl. Seite 5).

Diese Arbeit wurde in den chemischen Laboratorien der Universität und der königl. tierärtzlichen und landwirtschaftlichen Hochschule zu Kopenhagen ausgeführt.

Herrn Prof. Dr. E. Biilmann, der uns in dem von ihm geleiteten chemischen Laboratorium der Universität Platz und Material zur Verfügung gestellt hat, bringen wir hierfür unseren herzlichsten Dank.

Der eine von uns (Niels Bjerrum) hat weiter dem Carlsbergfond für eine ihm zuerteilte ökonomische Unterstützung während der Ausarbeitung dieser Abhandlung seinen herzlichsten Dank zu bringen.

INHALT

Seite

I. Übersicht ... 3
Feste goldrhodanidhaltige Verbindungen S. 3; Darstellung von goldrhodanidhaltigen Lösungen S. 4; Zusammensetzung und Komplexität der farblosen Aurorhodanidkomplexe S. 4; Zusammensetzung und Komplexität der rotbraunen Aurirhodanidkomplexe S. 6; über die Unbeständigkeit der Goldrhodanide S. 7; die Autoreduktion S. 8; die Dissoziation des Aurirhodanids zu Aurorhodanid und Rhodan S. 9; die Deutung des Verlaufes der Autoreduktion S. 10; über das freie Rhodan S. 12; über die Berechnung von Oxydationsgeschwindigkeiten aus Oxydationspotentialen S. 13; die Goldausscheidung S. 13; über die Deutung der Eigenschaften der Goldrhodanide mit Hilfe der gewonnenen Kenntnisse S. 15; Erklärung einiger Anomalien S. 16; über die Anwendung der Goldrhodanide zu Tonbädern S. 17.

II. Darstellung und Eigenschaften der in fester Form gewonnenen, goldrhodanidhaltigen Verbindungen ... 18
1. Die krystallisierten Tetrarhodanoauriate S. 18. 2. Die krystallisierten Dirhodanoauroate und das Monamminoaurorhodanid S. 21.

III. Zusammensetzung und Komplexität des Aurorhodanidkomplexes ... 24
Potentialmessungen nach Bodländer in Aurorhodanidlösungen S. 24; das Normalpotential Gold-Aurorhodanid S. 26; die Komplexität des Dirhodanoauroatkomplexes S. 28; die Hydrolyse des Dirhodanoauroatkomplexes S. 29.

IV. Zusammensetzung und Komplexität des Aurirhodanidkomplexes ... 30
Über die Schwierigkeiten bei der direkten Messung von Aurirhodanid-Gold-Potentialen S. 30; die Messung des Aurirhodanid-Aurorhodanid-Potentials S. 31; die Zusammensetzung des Aurirhodanidkomplexes S. 32; das Normalpotential Aurorhodanid-Aurirhodanid S. 33; die Berechnung des Aurirhodanid-Gold-Potentials S. 34; die Komplexität des Aurirhodanids S. 34.

V. Die Dissoziation des Aurirhodanids in Aurorhodanid und freies Rhodan ... 35
Messungen von Platinelektrodenpotentialen in Aurirhodanidlösungen S. 35; spektrophotometrische Untersuchungen über die Farbe von Aurirhodanidlösungen S. 37.

VI. Über die Existenz von anderen Aurirhodanidkomplexen neben dem Tetrarhodanoauriatkomplexe ... 42
Die Bildung von Pentarhodanoauriatkomplexen und Hexarhodanoauriatkomplexen bei hohen Rhodanionenkonzentrationen S. 42; die Hydrolyse des Aurirhodanids S. 47.

VII. Die Autoreduktion ... 48
Die Oxydationsprodukte des Rhodans S. 48; über die Titrierung von Aurirhodanid mit Sulfitlösung S. 50; Geschwindigkeitsmessungen S. 51; Geschwindigkeitstheorie S. 53; die Prüfung der Theorie S. 54; die Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante von der Rhodanionen- und der Wasserstoffionenkonzentration S. 55; die Geschwindigkeit der Autoreduktion bei sehr kleinen Gehalten an Rhodanionen oder Wasserstoffionen S. 57; die Geschwindigkeit der Autoreduktion nach spektrophotometrischen Messungen S. 58.

VIII. Die Zersetzungsgeschwindigkeit des freien Rhodans ... 60

IX. Die Goldausscheidung ... 63
Die chemische Gleichung des Vorgangs S. 63; das Gleichgewicht Aurorhodanid-Aurirhodanid an einer Goldoberfläche S. 63; die Geschwindigkeit der Goldausscheidung S. 65; das Verhalten der Aurirhodanidlösungen S. 68.

Anhang über das Aurichlorid ... 69
Das Normalpotential Aurichlorid-Gold S. 69; die Hydrolyse des Tetrachloroauriatkomplexes S. 71.

Zusammenfassung ... 72

THE LACTIC ACID BACTERIA

BY

S. ORLA-JENSEN

WITH 51 PLATES

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, NATURV. OG MATHEMATISK AFD., 8. RÆKKE, V. 2

KØBENHAVN

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

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1919

INTRODUCTION

The development of dairy bacteriology is constantly clearing up more and more of the problems which confront the practical dairyman in his daily work. We know now that, in the great majority of cases, it is the true lactic acid bacteria which give dairy products their good qualities, while, the aerobic and anaerobic spore-formers (Duclaux' *Tyrothrix* species) which were formerly regarded as being of great importance in the ripening process of cheese, not to mention the pseudo lactic acid bacteria (the Coli-Aerogenes family) are the worst enemies of the dairy industry.

We are still, however, far from having arrived at a complete elucidation of all the questions involved. It is particularly difficult to understand how various sorts of hard cheese, apparently containing the same microflora, should each have its own characteristic taste and smell. There can hardly be any doubt that these sorts of cheese in reality contain different species of bacteria, only we are unable to distinguish them by the methods hitherto employed. The object of the present work is primarily to meet this want by describing the useful bacteria of the dairy industry, so thoroughly that it may be possible in the future to identify the strains encountered.

A point of particular interest to the Danish dairy industry is the study of the bacteria which occur in Danish "dairy cheese" (Mejeriost), and these have accordingly been subjected to particularly detailed treatment. The material used as a starting point consisted of prize-winning exhibition cheeses from both raw and pasteurised milk (noted in the tables as *R* and *P* respectively). And in order properly to investigate the influence of pasteurisation upon the microflora, we have in certain cases had cheeses made at the dairies from the same milk in raw and pasteurised state (in the tables, such cheeses are indicated by the same numbers, e. g. 8 *R* and 8 *P*).

On commencing the study of the lactic acid bacteria of milk and dairy produce, however, it will soon be realised that the work will become onesided unless it be extended to all lactic acid bacteria. For what we have to do is to ascertain whence the different species are derived, and how they can be found when wanted. It need hardly be said that the lactic acid bacteria of the dairy industry do not make up a complete whole in themselves. They are introduced into the milk to a great extent through the cowdung, the bacteria of which, again, are to an essential degree derived from the fodder, and it was therefore necessary to study the lactic acid bacteria both of the animals and the plants. We have therefore isolated and investigated the lactic acid bacteria most frequently met with in the excrements of cows and calves, as also those of human beings, adults and children,

and we have also studied the most important of the lactic acid bacteria occurring in soured beet slices, diffusion slices, potatoes and mash, as also in sour cabbage and sour dough. Some experiments made by the State Committee for Plant Culture, with souring of beets and potatoes, came in very conveniently for us in this respect.

The strains of bacteria which we were able to isolate from these various sources were further supplemented by related forms isolated by colleagues at home and abroad. For a number of pathogenic strains, for instance, we are indebted to the colleagues mentioned in the tables, and we hereby beg to express our thanks to the gentlemen in question for their kindness in providing us with the cultures.

Only 330 of the strains investigated will be mentioned in the work, as in the case of strains of the same origin, and which in the course of the investigation proved entirely identical, only one of them was included. On the other hand, we have included many apparently identical strains of different origin, which have been constantly subjected to parallel investigation in order to ascertain whether possible variations tended in the same direction or not.

The lactic acid bacteria of the dairy industry are, however, those which are most numerously represented and most thoroughly dealt with, inter alia because we have had them for observation from the very commencement of the work, whereas the lactic acid bacteria of other origin only came in gradually, and have therefore in many cases only been thoroughly tested a few times, which is not sufficient to determine the constancy of their qualities. It is obvious that only the most constant qualities can be used as species character, and in investigations of this kind, therefore, all the qualities in each individual strain must be tested again and again throughout a long period of years. The present work has also, for this reason, taken up fully ten years of my time; partly also that of my assistants, and I take this opportunity of thanking them — Miss Betzy Meyer and my wife, Mrs. Orla-Jensen — for the numerous chemical analyses, microscopical investigations and photographs to which they have devoted so much skill and care[1]).

We shall commence by describing the methods employed in cultivation and investigation, passing on then to description of the isolated species and their systematics, in connection with which, a key will be furnished for determination of the lactic acid bacteria, as also a survey showing where they are found. And finally, mention will be made of the experiments we have carried out with a view to utilising the isolated species.

For practical reasons, such of our microphotographs as it was found advisable to reproduce have been collected in a special album, and I beg to offer my best thanks to the Carlsberg Fund for having rendered it possible to publish the same. I also beg the Julius Skrike's Foundation to accept my best thanks for having defrayed the expenses of the English translation.

September 1918. Orla-Jensen.

---

[1]) I also beg to thank Mr. J. Lind, who has assisted me for a year, and Mr. Tholstrup-Pedersen, who in spite of having worked only a few months in the laboratory here has nevertheless contributed valuable assistance to the present work. The custodian of the laboratory, also, Mr. V. Jacobsen, I have to thank for the help he afforded us, as an experienced dairyman, in the cheese-making experiments mentioned at the close of the work.

Methods of Cultivation and Investigation.

a. Cultivation and Isolation.

Where many hundred strains of bacteria have to be kept under observation for years together, it requires no little work merely to keep their vitality in some measure unimpaired. At first, when we were unable to regulate the temperature during the summer months, this was a serious difficulty, and it was only by experience acquired in the course of years that we were able to master the situation. And even now, certain pathogenic streptococci, as well as some divergent rod forms, still cause trouble. The method of preservation is not the same for all species, but must be adapted to their particular demands.

As regards the lactic acid bacteria of the dairy industry, it might seem natural to propagate them by transference from milk to milk. Unless very low temperatures can be maintained, however, it will be necessary to repeat this process each week, as otherwise, the bacteria will be killed off by the acid formed. We have therefore only employed this method for the more specific milk bacteria. If chalk be added to the milk, and the cultures shaken regularly, the bacteria can retain their qualities unaltered for several months. This, however, necessitates the use of large flasks, as the chalk cannot be shaken up in ordinary test tubes, so that method is only practicable where but a few cultures have to be dealt with. The employment of large flasks, moreover, increases the danger of infection from the air during inoculation. We have used this method to preserve the power possessed by certain species of forming slime in milk; a quality which is very soon lost on solid substrates.

For preservation of the bacteria we have as a rule employed agar stab cultures in Freudenreich flasks. Such cultures present, in reality, the same advantages as milk mixed with chalk, as the acid, which is only formed in the stab, is thence diffused into the remaining agar mass. Although the true lactic acid bacteria only exceptionally grow in sugar-free broth, they will nevertheless all thrive in sugar-free agar[1]), which shows that the agar, after sterilisation, contains some soluble carbohydrates. The growth is furthered, however, by the addition of sugar, though in the case of keeping cultures, this should be restricted to ¼ % grape sugar, thereby preventing the formation of more than ¼ % acid. In order further to keep down the hydrogenion concentration, the substrate should be rich in buffers such as amino-acids and phosphates. Prior to sterilisation, the substrates were neutralised as exactly as possible to litmus paper. For nitrogen food, we used at first 2%

[1]) The growth of the sugar-loving thermobacteria is, however, extremely slight.

WITTE peptone (*W*) answering to abt. 0.3% *N*. As will subsequently be seen, this cannot compare with casein peptone (*C*) i. e. peptonised casein[1]). In certain cases, yeast extract (*Y*) i. e. autolysed press yeast[2]) proved the best source of nitrogen. It is somewhat dark in colour, however, and we therefore used, as far as possible, *C*-Agar — and this, it should be noted, with 0.5% *N*,i. e. with the same quantity of nitrogen as in milk. WITTE peptone, which evidently consists for the most part of albumoses, forms strong deposits with acid, so that the stab is no longer visible in old *W*-Agar cultures of powerful acid formers; the nitrogen sources I have suggested, on the other hand, are free from this disadvantage. They are, moreover, rich in phosphates. A further 2‰ dibasic potassium phosphate, and 1 ‰ magnium sulphate is, however, added. A slightly larges or smaller quantity, of common salt does not as a rule affect the growth of lactic acid bacteria; this point will be further referred to later on.

For preservation of the bacteria cultures, we have also tried cane sugar solution and other sugar solutions at various concentrations. Such solutions, which have been employed with great success for the preservation of yeast cells, are as a rule not suited to bacteria. An exception, however, is water with 2% soluble starch, which is gradually coagulated by the action of acid. To 10 cm³ starch mixture is added 1 cm³ of the precipitate from a broth culture. The starch solution, however, cannot as a rule compare with *C*-agar, as far as concerns the preservation of true lactic acid bacteria, but is on the other hand to be preferred to bacteria with surface growth (Coli-Aerogenes bacteria, micrococci, etc.) and in particular to strong ammonia-formers, which rapidly die off in the highly nitrogenous *C*-agar.

No less important than the composition of the nutritive substrate is the temperature at which the cultures are preserved. When kept on ice, however, the air is very liable to become so moist as to further the formation of mould[3]) and we therefore restricted ourselves to water cooling. As long as the temperature is kept below 18°, the great majority of bacteria can be preserved — without transference — for several years on the nutritive substrates mentioned. To make sure, however, we transferred the strains investigated every month, or every alternate month, according as they had proved more or less difficult to keep alive. Bacteria, it should be noted, are very tricky things to deal with, and it was found more than once that a bacteria strain suddenly weakened or died, while the same strain under apparently identical conditions remained unimpaired for a long time. Any

---

[1]) 100 gr. (sugar-free) acid-casein was digested for a week at blood temperature with 1 liter water, containing 4,6 % *HCl* and 2 gr. pepsin. The solution formed contains, after neutralisation, sterilisation and filtration, abt. 1 % *N* and 1.2 % *NaCl*.

[2]) At 50°, the digestion is completed in 24 hours. The sugar disappears at the same time. The highly acid solution contains abt. 2 % *N*.

[3]) As this laboratory is also used for teaching purposes, and a great deal of work is done with mould fungi, we have at times had great difficulty in avoiding infection by mould. As the mould formation often proceeds from the labels, these were always moistened with sublimate solution, before being stuck on, and the FREUDENREICH flasks were of course sealed with sealing wax. When an agar culture exhibits mould on the surface, it may easily be cleaned by letting it stand a moment with spirit over. The surface, which is then no longer dusty, is peeled off, in a layer not too thin, and the inoculation can then be made from the lower part of the stab, which is always free from mould.

sudden rise of temperature may, it need hardly be said, prove fatal to the cultures, but we have also seen cases (e.g. with *Bacillus bulgaricus*) where a sudden fall in temperature, of only 5°, occasioned a serious weakening.

In order to determine whether the bacteria in the keeping cultures were still in possession of their full vitality, we compared the rate of growth with that in freshly reinoculated cultures. In the case of lactic acid bacteria growing in milk, all that is needed is to determine the length of time which elapses before the milk coagulates, and determine the quantity of acid formed when this has attained its maximum, which will always be the case after 14 days at 30°. The method, however, is not without its sources of error. Even where the sowing out is done throughout with the same needle, it is impossible to avoid sowing more cells at one time than at another, and what is worse, the cells themselves may exhibit marked individual differences. Consequently, as will be seen from Table I, we do not always find, as might be expected, an even decrease of vitality in course of time.

For producing pure cultures of lactic acid bacteria and, investigating the same, we likewise used substrates containing the mentioned nitrogen sources and salts. They differed from the keeping substrates only in containing more sugar. The sugar broth to be used for determination of the quantity of acid formed should thus contain at least 2% sugar as some of our strains can form over 1.5% lactic acid therein. It is also less easy to overlook any development of gas when the substrate is not too poor in sugar. A slight development of gas is best observed by close sowing in tall agar tubes (BURRI's tubes). By using certain species of sugar and litmus for the plates, we succeeded in isolating the species which could ferment the sugar species in question.

In order to isolate as far as possible all the lactic acid bacteria found in a starting material, it was sown out both in tall agar tubes and on gelatin plates, so that both aerobic and anaerobic forms might develop. Besides neutral, sugar-containing gelatin (S. G.), we also used alkaline sugar-free gelatin (A. G.) on which only certain species of lactic acid bacteria grow strongly. We also had recourse to various enrichment methods. In order to get at those which thrive at particularly high or low temperatures, the starting material was added to sterile milk, and left to stand for a time at the temperatures in question. The heat-resisting species of the milk we obtained by pasteurising it in various ways, and its acid-resisting species by adding greater or smaller quantities of acid (lactic acid or acetic acid) before placing to stand at the respective temperatures.

The raw cultures obtained at the first spreading were cleansed by continued spreading until all the colonies showed the same appearance and contained uniform cells. That the pure cultures thus obtained really were pure cultures was apparent from the work itself, which consisted in a constant checking of the isolated strains. As long as these remained uniform year after year, and in particular, constantly exhibited the same negative qualities, there can be no doubt as to their purity. Single cell cultures are only practicable where but a few species of bacteria have to be dealt with; not, as in the present case, where the object is precisely to study the greatest possible number of strains. As a matter of fact, we had really no practicable method of obtaining single-cell cultures when I commenced the work in 1907; it was not until 1914 that GERDA TROILI-PETERSSON published a modification of the BURRI Indian ink method, suitable for lactic acid bacteria[1]).

[1]) Centralblatt f. Bacteriologie, II. Abt. Bd. 42, p. 526.

Table I.

Table No.	Species of bacteria	No.	Preserved in	Immediately		After ½ year		After 1 year		After 1½ years		After 2 years		After 3 years	
				coagulated after number of days	‰ acid	coagulated after number of days	‰ acid	coagulated after number of days	‰ acid	coagulated after number of days	‰ acid	coagulated after number of days	‰ acid	coagulated after number of days	‰ acid
XIV	*Streptococcus lactis*	8	C-agar	2	5,4	2	5,9	2	5,2	2	5,4	2	6,1	3	5,6
	» »	14	»	1	8,8	2	7,4	1	7,4	1	7,7	1	7,7	1	6,6
XV	» *cremoris*	11	»	1	6,8	2	5,9	2	5,2	4	4,5	6	4,3		mouldy
	» »	18	»	1	7,0	2	6,3	2	6,8	2	5,9	2	7,0		»
	» »	»	Starch water	1	7,0	2	6,8	2½	5,9	2	6,1	2	7,0	3	4,5
XVII	» *thermophilus*	2	C-agar	1	8,1	5	7,2		dead						
	» »	»	Starch water	1	8,1	2	6,8	2½	5,9	2	6,1	3	7,0		mouldy
XX	» *fœcium*	8	C-agar	3	6,8	3	5,6	3½	5,6	3	5,6	4	5,6	3	4,7
XXIV	» *pyogenes*	10	»	5	4,7	6	4,5	6	4,3	6	4,3	8	3,8		mouldy
XXI	» *glycerinaceus*	4	»	4	5,0	5	4,5	3½	4,5	5	5,2	7	4,1	5	4,1
XXII	» *liquefaciens*	1	»	1	7,7	1	7,0	1	6,5	2	7,0	1	7,9	1	5,9
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	9	»	10	4,1		3,5		3,4		2,0		1,6		dead
	» »	»	Starch water	10	4,1	11	3,8		2,3		3,6		2,3		1,4
XXVII	*Tetracoccus*[1]) *casei*	5	C-agar	5	4,1	6	4,1	7	4,5	7	3,9		mouldy		
	» »	7	»	5	4,1		2,7	12	3,4		2,3		dead		
XXVII	» *liquefaciens*	10	»	3	3,8	2	3,2	3	3,8	2	2,7	4	1,8		dead
	» »	»	Starch water	3	3,8	3	2,7	3	2,9	2	2,7	4	2,0		mouldy
XXVII	» *pyogenes aureus*	13	C-agar	3	3,6	5	2,5	10	3,2	5	2,9		dead		
	» » »	»	Starch water	3	3,6	10	2,0	12	2,5	10	1,8		1,1	8	2,0
XXVII	» » *albus*	29	C-agar	6	4,1		2,7	10	3,2		2,7		2,0		2,0
	» » »	»	Starch water	6	4,1	10	3,2	11	3,2	14	3,2		2,3		2,0
XXVII	» *mycodermatus*	31	C-agar	10	2,7		1,8		2,0		0,9		0,7		dead
	» »	»	Starch water	10	2,7		1,6		2,0		1,6		1,4		mouldy
XXX	*Streptobacterium plantarum*	3	C-agar	13	3,4	11	4,1		2,3		2,0		1,1		2,5
	» »	7	»	9	5,0	10	4,5		3,2		2,5		2,3		2,5
	» »	12	»	10	6,0	11	5,6	7	6,3	11	4,3		2,7		mouldy
	» »	20	»	6	9,5	5	8,6	5	10,1	5	9,5	7	7,9	5	6,8
	» »	»	Starch water	6	9,5	8	6,1	10	5,6	8	6,3	8	7,2	10	4,5
	» »	30	C-agar	3	12,2	3	11,5	3½	11,5	3	12,4	4	12,4	5	11,3
XXIX	» *casei*	2	»	7	11,7	7	11,0	6	11,0	8	7,2	8	7,7	5	11,0
	» »	»	Starch water	7	11,7	14	8,3		3,8	9	9,5	6	7,9		4,1
	» »	4	C-agar	4	12,2	4	11,7	6	9,0	5	10,4	5	11,0		mouldy
	» »	11	»	4	14,0	6	12,4	3½	13,5	4	14,2	7	8,8		»
	» »	24	»	4	12,1	4	10,6	3½	12,2	3	11,9	4	10,4	4	11,3
	» »	28	»	5	10,3	6	8,5	9	7,2	7	7,4	9	7,7	5	10,6
	» »	34	»	2	16,0	4	15,8	3½	12,4	4	15,8	4	13,3		1,6
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	9	»	1	12,2	1	10,8	2	9,9	2	10,8	6	7,4		dead

[1]) By Tetracoccus is meant acid-forming micrococci and sarcinæ.

b. Methods of Investigation.

In order to identify a micro-organism, the following points must be determined:

I. Its morphological and cultural features.
II. What sources of energy and nutritive matters it can utilise.
III. Its manner of utilising the same.
IV. Its attitude toward different temperatures.
V. Its agglutination and other possible specific qualities.

I. Morphological and Cultural Features.

Of the three principal morphological qualities of bacteria: the arrangement of the flagella, the shape of the cell, and the spore formation, the arrangement of the flagella is, as I have shown in „Hovedlinierne i det naturlige Bakteriesystem", of primary importance[1]). The shape of the cell, on the other hand, is merely a generic character, and we may, within one and the same family, encounter sphere, rod and screw forms, as is well known in the case of the red sulphur bacteria, and as we shall also find from an example among the lactic acid bacteria. As all these bacteria appear immotile, and do not form spores, we have, in reality, no morphological indication whatever to go upon when placing them in the bacteria system. On the other hand, their biological qualities are so pronounced, inasmuch as they require just as complicated nourishment as animals, that there can be no doubt as to their place, viz. among the order of *Peritrichinæ*.

A very important distinctive feature in lactic acid bacteria, and one which separates them sharply from the coli and aerogenes bacteria is that they are Gram positive. The first reaction therefore, to which we had recourse with the isolated acid formers was always to ascertain their behaviour in respect of the Gram staining process. Casein being Gram negative, the Gram staining method is excellently adapted to milk preparations. More frequently, however, the simpler staining with methylene blue is employed. This method is likewise used for demonstrating the presence of volutin grains which are frequently met with in several of the rod-shaped lactic acid bacteria. The grains are thereby stained dark blue as a rule, but at times also red. Fuchsin is not suitable for milk preparations, as it colours the casein as strongly as the bacteria. In demonstrating the formation of capsules in milk, however, this is an advantage in itself, as the unstained capsule then appears very distincly, and we have thus succeeded in showing that all lactic acid bacteria form capsules at their first stage of development. In some few strains, this capsule can attain very considerable size, but in most, it soon disappears without preliminary swelling or slime formation. The faculty of forming slime in milk is more frequent in some species than in others, but it is highly variable, and therefore absolutely inapplicable as a species character.

[1]) Die Hauptlinien des natürlichen Bakteriensystems. Centralblatt f. Bakt. II. Abt. 1909, XXII, No. 11—13. In this work it is pointed out that on the other hand the mere fact of a bacteria possessing flagella or not is of no systematic importance, and we also find closely related species (as for instance hay and anthrax bacille, coli and aerogenes bacteria) of which one is motile and the other immotile.

In staining lactic acid bacteria, their acid content cannot always be disregarded. Methylene blue, for instance, will not colour highly acid broth cultures at all. Instead of adding alkali to the staining material, which may easily overcolour the preparation, it is better to neutralise the culture employed. In making Indian ink preparations, which give the best microphotographs, such neutralisation is also necessary in order to prevent the colloid ink from flaking.

The illustrations in the album are, where not otherwise stated, invariably Indian ink preparations, magnified 1000 times; 500 times by means of the microscope, and twice again by the camera. We have therefore considered it superfluous to note the size of the lactic acid bacteria in the text; as a rule, they are from 0,7 to 1 μ think. A few small rod forms are exceptions; these we have called microbacteria (genus *Microbacterium*, Pl. XLIX—L) from their small size. It should be noted, however, that the apparent thickness of the bacteria is affected by the thickness of the layer of Indian ink, wherefore the latter should be applied as thinly as possible. In photographing and development also, the dimensions may be affected, so that unless the microphotographs are constantly subjected to careful control, they may turn out entirely misleading. When dealing with coloured preparations, it should be borne in mind that only the protoplasm, without the cell wall, is visible. Only capsule preparations give a thoroughly correct impression of the size of the bacteria. These preparations are generally photographed in water, while the other preparations are generally made in Canada balsam.

A more detailed description of the morpholigical features can only be given when dealing with the separate species. The variety of forms within the present group is in reality so great that nothing can generally be said beyond what has already been mentioned. A glance at the album will show us streptococci which divide in two directions (*Sc. cremoris* Nr. 20, Pl. VIII, *Bc. bovis* No. 46, Pl. XXIV) or form rods (*Sc. thermophilus* No. 2, Pl. XII, *Bc. bovis* No. 33, Pl. XXIII) and rods, which form streptococcus-like chains (*Sbm. casei* No. 9, Pl. XXXVII, No. 28, Pl. XXXVIII, *Sbm. plantarum* No. 44, Pl. XLV, *Bbm. breve* No. 3, Pl. XLVII) or more or less distinct screws (*Sbm. casei* No. 2, Pl. XXXV, No. 33, Pl. XXXIX, No. 34, Pl. XL. *Sbm. plantarum* No. 1, Pl. XLI and *Bbm. breve* No. 8, Pl. XLVII). These transition forms best show how futile it would be to take the shape of the cell as a basis for dividing the lactic acid bacteria into groups assignable to altogether different places in the bacteria system. The biological qualities will show that certain spherical and rod forms (e. g. streptococci and streptobacteria or betacocci and betabacteria) are at least as nearly related one to another as are the spherical forms or the rod forms respectively among themselves. The true lactic acid bacteria form altogether a family as natural as could be desired. But if this — like other natural bacteria families — cannot be broken to pieces because it contains species with more or less long, or more or less curved cells, as has hitherto been done in bacteriology, the old generic names, which are purely morphological terms, can likevise no longer be used without some supplementary prefix, or at any rate not without giving them a new meaning.

As regards the cultural features of the lactic acid bacteria, we can likewise be brief. With the exception of the tetracocci (the acid-forming micrococci and sarcinæ) and certain microbacteria, they thrive best without air, and have therefore, in stab cultures, no

marked surface growth, but grow evenly throughout the whole stab; some rod forms, indeed, grow more strongly deeper down. And in conformity with this, we find the streak cultures forming only a thin veil; the plate colonies are rarely more than 1 mm in diameter, and coagulation of milk cultures commences from the bottom. Only a single species, *Streptococcus liquefaciens*, liquefies gelatin, and only a couple of pathogenic streptococcus strains form colouring matter (red staining of the stab, but not of the surface). In contrast to this, the more aerobic tetracocci are generally distinguished by the power of liquefying gelatin, and form colouring matter (but always on the surface only). Some lactic acid bacteria, which we have called the betacocci (genus Betacoccus) form slime in cane sugar solutions.

II. and III. Sources of Energy, Nutritive Matters and Manners of Utilising the Same.

In dealing, as here, with heterotrophic organisms, sources of energy and nutritive matters must primarily be understood as meaning sources of carbon and nitrogen, and it will be correct to take each of these separately.

Carbon sources. The lactic acid bacteria utilise, like other organisms, a part of their carbon nutriment to build up their cells, especially the cell walls and other non-nitrogenous substances, the bulk of it, however, serves as a source of energy, going to form lacticacid. The organic acids are only poor sources of energy for the lactic acid bacteria[1]), many carbohydrates and higher alcohols, on the other hand, are particularly suitable. All our strains of bacteria were tested for the pentoses: Xylose and Arabinose, the methylpentose: Rhamnose; the hexoses: Lævulose, Dextrose, Mannose and Galactose, the disaccharides: Saccharose, Maltose and Lactose, the trisaccharide: Raffinose, the polysaccharides: Inulin, Dextrin, soluble Starch, Glycogen and Gum arabic; the alcohols: Glycerin (C_3), Erythrit (C_4), Adonite (C_5), Mannite, Sorbite and Dulcite (C_6); the cycloparafin: Inosit and the glycoside: Salicin[2]). All the sugars were d-forms with the exception of the pentoses, which were l-forms, and the dulcite, which was i-form.

The tables showing the qualities of the different species of bacteria do not include fermentation of glycogene, gum arabic, erythrite, adonite, dulcite and inosite. There are no lactic acid bacteria which ferment gum[3]), erythrite and adonite, and it is only extremely rarely that they ferment dulcite and inosite, the fermentation in all cases being only slight. In this respect, the true lactic acid bacteria differ from the pseudo ones, which generally ferment these substances as strongly as grape sugar. The emission of glycogene from the tables is due to the fact that this substance is fermented by exactly the same bacteria as starch. Animal and vegetable star-

---

[1]) The most suitable is lactic acid, of which some species may form a little acetic acid and other products. See my work "Studien über die flüchtigen Säuren im Käse etc." 1904. XIII, 161.

[2]) Dextrine, starch, sorbite, and salicin, however, have not been included right from the commencement, consequently, the quantities of acid formed by these will not always be found in the tables. Rhamnose could not always be procured during the war, and the last strains dealt with have therefore not been tested with this sugar.

[3]) A single sarcina (Tetracoccus No. 11) was in freshly isolated state able to ferment a small amount of gum, but lost this power later on.

ches thus require precisely the same enzymes to produce any effect, and when we find that many pathogenic streptococci are capable of fermenting starch, and this very strongly, it is doubtless because they have became accustomed, in the host organism, to glycogene[1]).

Some experts may perhaps consider it quite superfluous to test the lactic acid bacteria with four hexoses which they are probably all able to ferment. We did not, however, restrict ourselves to ascertaining merely whether any fermentation took place at all, but determined in each particular case the exact quantity $^0/_{00}$ of acid formed, in order to find out what carbon sources were preferred. Thus employed, the four hexoses are often of as great importance for species determination as the carbon sources which are but rarely fermented. It is highly characteristic of several species, for instance, that they prefer lævulose to dextrose, or in the case of others, that they find it very difficult to attack mannose. As a rule, galactose is that of the four hexoses which is least femmented.

As with the milk, we also allowed the inoculated sugar broth tubes to stand for 14 days at the optimal temperatures of the respective bacteria before proceeding to titration. In order to calculate the quantity of acid formed, the original acid grade of the sugar broth tube was subtracted. Each tube was given exactly 10 cm.^{3} sugar broth. Many sugars are highly coloured by sterilisation in the nutritive liquids employed, which renders titration (with phenolphtalein as indicator) extremely difficult. The ones which colour most strongly are xylose and arabinose; then come galactose, lævulose, rhamnose, dextrose, mannose, maltose, lactose and dextrin, while the other (non-reducible) sugars are scarcely affected. The more strongly the sugars are browned on sterilisation, the higher will be the initial acidity of the nutritive substrate[2]). Even though this, owing to the buffers present, may not influence the hydrogen ion concentration, the supply of buffers is itself reduced thereby, and thus doubtless also the quantity of acid formed. As sterilisation is indispensable, it is consequently impossible to get an absolutely just comparison between the different sugars, even when they are all dissolved in precisely the same nutritive liquid — which of course we always did. It should be added, that the composition of the nutritive liquid greatly influences the transformation of the sugar on sterilisation. As our sugar-substrates contain no surplus of hydroxyl ions, it cannot be these which destroy the sugar; the transformation is, on the contrary, the more marked according as the substrates are richer in buffers. The reduction power of sugars is hardly impaired at all by sterilisation in pure water, whereas it is diminished abt. 20% in yeast extract, which is the richest of our substrates in respect of buffers.

It need hardly be said that we have employed only the purest sugars, from *Merck* and *Kahlbaum*, for our investigations, and we always made sure that new consignments

[1]) It is generally supposed that the primary division of raffinose (melitriose) into lævulose and melibiose is due to invertase, and it was also found that only saccharose-fermenting lacticacid bacteria were able to ferment raffinose, but it is by no means all saccharose-fermenting lactic acid bacteria which do ferment raffinose.

[2]) By way of example, the degree of acidity (cm.^{3} $\frac{n}{4}$ *NaOH* to 100 cm.^{3} nutritive liquid) for xylose, grape sugar and cane sugar, with casein pepton as nitrogen source, was respectively 23, 13 and 10, and with yeast extract as nitrogen source respectively 30, 20 and 15.

Table II a.

Table No.	Species of bacteria	No.	Source of nitrogen	‰ Acid formed from ‰ Dextrose						
				5	10	20	50	100	150	200
XIV	*Streptococcus lactis*	4	W	4,1	4,1	4,1	3,8	3,8	3,4	
	» »	6	»	3,6	3,4	3,4	3,4	3,4	2,7	
	» »	7	»	3,4	3,6	3,6	3,6	3,2	2,6	
	» »	8	»	3,8	3,6	3,6	3,6	3,6	2,7	
	» »	9	»	3,6	3,6	3,8	3,6	3,4	2,7	
	» »	12	»	3,6	3,6	3,6	3,4	3,2	2,7	
	» »	14	»	3,8	3,8	3,8	3,4	3,4	2,9	
	» »	17	»	4,1	4,1	4,1	3,4	3,4	2,7	
XX	» *fœcium*	7	»	1,0	2,0	2,7	3,4	0	0	
	» »	8	»	4,1	3,8	3,8	3,6	3,4	2,7	
	» »	14	»	4,1	3,8	3,6	3,4	3,4	2,7	
	» »	17	»	(4,3)	5,4	5,4	5,1	4,7	4,0	
	» »	»	C	(4,3)	6,3	6,7	5,6	5,2	4,1	3,4
	» »	18	W	(4,3)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
	» »	»	C	(4,3)	6,8	7,2	7,2	7,2	6,3	5,9
XXI	» *glycerinaceus*	1	W	3,8	3,8	3,6	3,4	3,4	2,7	
	» »	3	»	4,3	4,1	3,9	3,6	3,4	2,5	
	» »	4	»	4,1	3,8	3,8	3,8	3,6	2,9	
	» »	6	»	3,6	3,6	3,6	3,6	3,2	2,5	
XXII	» *liquefaciens*	1	»	4,3	4,5	4,3	3,8	3,7	3,2	
	» »	3	»	4,3	4,5	4,5	4,3	4,1	3,4	
XVII	» *thermophilus*	2	C	(4,5)	6,1	5,9	5,4	2,0	1,4	0
	» »	3	»	4,1	4,5	4,1	3,4	2,3	0	0
	» »	4	»	(4,5)	4,7	4,7	4,7	2,5	1,1	0
	» »	5	»	4,3	4,5	4,7	3,6	0,9	0	0
XVI	» *mastitldis*	2	W	3,2	3,4	3,4	2,7	1,7	0,7	
	» »	3	»	3,4	3,4	3,4	3,4	2,0	1,4	
XV	» *cremoris*	1	»	1,8	2,0	2,0	2,3	2,1	1,8	
	» »	2	»	2,9	2,9	2,9	3,2	3,2	2,3	
	» »	10	»	0	2,9	2,9	2,9	3,2	2,5	
	» »	11	»	2,5	2,5	2,6	2,7	2,6	1,6	
	» »	18	»	3,2	3,2	3,6	3,6	3,3	2,3	
	» »	19	»	2,0	2,0	2,0	2,7	2,8	1,8	
	» »	20	C	2,9	2,9	2,9	2,9	3,6	3,6	2,7
	» »	21	W	0,2	1,8	2,9	3,1	3,1	2,4	
	» »	«	C	3,6	3,6	3,6	3,6	3,8	3,6	2,5

Table II b.

Table No.	Species of bacteria	No.	Source of nitrogen	‰ Acid formed from ‰ Dextrose						
				5	10	20	50	100	150	200
XXV	*Betacoccus arabinosaceus* ...	6	W	1,6	2,0	2,3	2,7	2,6	2,5	
	» » ...	7	»	1,4	2,0	2,5	2,7	3,4	2,9	
	» » ...	8	»	1,4	2,0	2,0	2,3	2,5	2,5	
	» » ...	9	»	1,6	2,3	2,3	2,5	2,7	2,9	
	» » ...	12	C	2,7	4,1	4,5	4,5	4,5	3,8	3,8
XXVI	» *bovis*	33	W	1,6	1,6	1,6	1,8	2,3	2,0	
	» »	34	»	1,0	1,0	1,5	2,0	1,8	1,4	
	» »	35	»	1,8	1,8	2,0	2,0	2,5	2,4	
	» »	37	»	0,9	1,4	1,8	1,8	1,6	1,4	
	» »	40	»	1,1	1,6	2,5	2,9	3,8	2,7	
	» »	42	»	0,7	0,9	1,4	1,4	1,8	1,6	
XXVII	*Tetracoccus ?*	1	C	2,7	2,9	2,7	2,7	2,3	1,8	
	» »	2	»	4,5	5,4	5,4	5,4	5,2	4,5	
	» »	3	»	2,9	2,9	2,9	2,9	3,4	3,2	
XXVII	» *casei*	5	W	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	0,9	
	» »	6	»	2,7	2,3	2,3	2,3	2,3	1,1	
XXVII	» *liquefaciens*	9	»	1,1	1,4	1,5	1,1	0,8	0	
	» »	10	»	0,9	1,4	0,9	0,9	0,2	0	
XXVII	» *pyogenes aureus*	13	C	3,0	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	
XXVII	» » *albus* ..	29	»	2,9	2,7	2,5	2,5	2,5	0,9	
XXVII	» *mycodermatus* ..	30	»	2,9	2,9	3,2	2,9	2,9	2,9	
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	6	W	0	0,2	1,1	1,4	1,4	1,4	
	» »	»	Y	(3,4)	6,8	9,7	11.0	11,0	10,4	5,4
	» »	7	»	(3,4)	6,8	8,6	7,7	5,9	3,4	0,9
	» »	8	«	(3,4)	6,3	13,7	15,3	12,4	8,1	5,4
	» »	9	W	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	0,5	
	» »	»	Y	(3,4)	(6,8)	13,7	13,7	10,4	5,4	0,7
	» »	11	W	4,1	4,1	4,1	3,8	3,6	3,6	
	» »	»	Y	(3,4)	(6,5)	12,4	11,3	7,4	2,9	0,7
XXVIII	» *helveticum*	12	W	0	0	0,8	0,7	0,7	0,2	
	» »	»	Y	(3,4)	(7,2)	13,3	12,8	8,1	4,1	0
XXVIII	» *Jugurt*	13	»	(3,4)	(6,1)	10,1	9,9	7,0	2,9	0,7
XXVIII	» *bulgaricum*	14	C	4,3	4,7	5,2	5,4	5,4	2,9	0
	» »	»	Y	(4,1)	6,8	7,7	7,9	4,3	0	0

Table II c.

Table No.	Species of bacteria	No.	Source of nitrogen	‰ Acid formed from ‰ Dextrose						
				5	10	20	50	100	150	200
XXIX	*Streptobacterium casei*	4	W	(4,5)	5,2	5,2	5,9	5,4	5,1	
	» »	5	»	(4,5)	5,4	5,5	5,6	5,9	5,4	
	» »	6	»	(4,3)	5,6	6,3	5,0	5,0	4,3	
	» »	»	Y	(3,4)	(6,8)	9,7	9,2	9,2	8,8	8,1
	» »	11	W	(4,3)	6,3	6,4	6,5	6,5	6,3	
	» »	»	Y	(3,4)	6,3	12,4	13,5	14,0	12,8	11,3
	» »	16	W	(4,3)	4,5	5,4	6,1	6,5	6,3	
	» »	32	»	(4,5)	7,2	8,3	7,9	7,0	6,2	
	» »	33	»	(4,3)	6,8	7,4	7,7	7,9	6,1	
	» »	»	Y	(3,4)	(7,0)	14,2	15,3	15,3	15,3	12,4
	» »	34	W	(4,5)	6,3	6,5	6,5	6,5	6,3	
	» »	»	Y	(3,4)	(6,5)	13,3	14,2	13,5	13,5	11,9
XXX	» *plantarum*	1	W	4,5	4,5	6,2	5,6	5,4	5,0	
	» »	3	»	0	2,5	5,4	4,5	4,5	3,6	
	» »	»	Y	(3,4)	(6,5)	11,7	10,3	10,1	8,6	3,8
	» »	7	W	(4,5)	5,6	7,2	7,2	6,1	4,1	
	» »	10	»	(4,5)	6,1	6,4	5,6	3,6	2,5	
	» »	»	Y	3,4	4,5	9,7	10,1	10,1	10,1	10,1
	» »	12	W	(4,5)	5,2	6,5	5,2	5,0	2,7	
	» »	20	»	(4,5)	5,0	5,6	5,9	5,9	5,4	
	» »	»	Y	(3,4)	(6,8)	10,6	11,7	10,1	7,7	6,8
XXXI	*Betabacterium breve*.....	4	W	1,4	1,8	4,5	5,0	4,5	4,1	
	» »	»	C	2,7	4,5	6,1	6,1	5,4	4,5	3,8
	» »	5	W	0,1	0,9	5,6	4,1	3,5	3,2	
	» »	»	C	2,3	3,6	7,7	7,0	6,3	6,3	5,6
	» »	6	W	0,7	0,8	2,3	2,5	2,7	2,5	
	» »	7	»	0,1	1,4	3,6	3,6	3,4	3,4	
	» »	10	»	0,6	1,3	2,9	2,9	2,8	4,1	
	» »	»	C	2,9	4,5	8,8	8,8	10,4	7,4	6,5
XXXI	» *longum*.....	32	»	1,6	3,2	4,5	3,6	2,9	2,9	2,5
XXXII	*Microbacterium lacticum*....	4	»	2,0	2,0	1,6	1,4	0,7	0	0
	» »	5	»	2,7	2,0	1,8	1,6	0,7	0	0
XXXII	» *flavum*.....	8	W	3,8	3,8	2,9	1,8	1,8	0,9	
XXXII	*Bacterium bifidum*	12	Y	(4,3)	(6,3)	12,4	11,9	9,7	1,4	1,1

exactly answered to the previous ones, by testing them both with bacteria which we knew fermented the substance in question and also with bacteria which we knew were unable to do so. Many of these sugars, however, are very expensive, and it was therefore ordered that as little as possible of them should be used. Owing to the strong fermentation of many of our strains, it is, as already mentioned, necessary to use at least 2% of the sugars. The question is, however, whether even this amount is sufficient in all cases — for when desiring to ascertain with certainty what sugars can be fermented, it is necessary that the test should be made under optimal conditions in every respect; also as regards the concentration of the sugar. Table II shows the acid production of several of our strains with various quantities of grape sugar. As we generally reckon the quantity of acid formed in $^0/_{00}$, the quantity of sugar employed is here also expressed in $^0/_{00}$. In order to see at all how the lower sugar concentrations behave, we have as a rule worked with an inferior source of nitrogen (*W* with 0.3% *N*); only where the bacteria did not thrive sufficiently on this we have used the better sources (*C* and *Y* with 0.5% *N*) but by this means, all the sugar is generally fermented in the lower concentrations[1]), so that the results here will be misleading.

It will be seen from Table IIa, that the Streptococci are very little affected by the concentration of sugar, not until 15% (150 $^0/_{00}$) is reached — more rarely 10% — does the effect become pronounced. Most frequently, the optimum is found to lie at ½, 1, or 2% sugar; only in the case of *Streptococcus cremoris* is it first reached at 5 or 10%. Table IIb, shows that the betacocci exhibit an even greater sugar concentration than the last-mentioned species, while the tetracocci (micrococci and sarcinæ) resemble the majority of streptococci in this respect. The sugar optimum of the thermobacteria lies at 2, 5 or 10% sugar, and according to Table IIc, most of the other rod-shaped lactic acid bacteria are much the same. An exception is formed by the microbacteria, which prefer the lowest concentrations[2]). The main result of the investigation, however, is that we can without hesitation employ 2% sugar, whether we wish to study one or another species of lactic acid bacteria, as in no case will the quantity of acid formed therewith differ essentially from the quantity formed at optimal sugar concentration.

The investigations mentioned apply only to grape sugar. In the case of the polysaccharides, the optimum of sugar concentration lies as a rule somewhat higher, though not so much as to be of any practical importance. The more or less complete exclusion of air may also affect the conditions here in question. Table IId. shows, by way of example, how *Thermobacterium cereale* (*Bacillus Delbrücki*) appeared under different experimental conditions. The nitrogen content in all tubes was 0.5%, and the quantity of acid formed is as usual expressed in $^0/_{00}$.

Even more important than knowledge of the sources of energy themselves is the knowledge of the manner in which they are utilised; it is this factor which determines

---

[1]) Where this is the case, the quantity of acid formed is placed in parenthesis in the tables.

[2]) We have also investigated coli and aerogenes bacteria in their relation to the quantity of sugar, and found that they throve almost equally well with small or larger quantities. The aerogenes bacteria, however, form hardly any acid with $^1/_2$ or 1 $^0/_0$ sugar, as they are able to convert this slight amount of sugar almost entirely into gas.

Table IId.

No. of bacteria in Table XXVIII	3					4					5				
‰ sugar	10	20	50	100	200	10	20	50	100	200	10	20	50	100	200
Y + maltose (as malt extract) [1]	(9,5)	11,7	12,2	**13,5**	11,5	(10,4)	12,6	13,3	**16,2**	14,0	(9,5)	12,2	12,6	**13,5**	12,6
Y + dextrose	6,1	7,9	**9,2**	6,3	3,8	6,5	10,8	10,8	**12,0**	7,4	7,0	13,3	**14,9**	13,1	8,3
Y + dextrose covered with paraffin	8,7	9,5	**10,4**	6,3	5,0	6,0	13,3	**14,0**	13,1	11,0	5,4	**13,1**	12,2	11,5	11,5

whether we can reckon the strains investigated as belonging to the true lactic acid bacteria or not. The fermentation products formed by these bacteria consist as a rule, besides dextro-, lævo-, or inactive lactic acid only of a little succinic acid and volatile acids (acetic acid with traces of propionic and carbonic acid). Some few species can also form — chiefly from lævulose — a small quantity of mannite and hydrogen.

As I have already, in several previous works[2]), described in detail the methods employed for demonstration of the mentioned fermentation products, I shall not go into this again at length. It should merely be noted, that as the acid formed is often a combination of active and inactive acids, the zinc lactates (whose water content and rotary power are used to determine the modification of the lactic acid) should always be allowed to crystallise out in several fractions. The more heavily soluble inactive salts will then crystallise out before the more soluble active ones, and it will thus be possible to form an estimate of their respective values. It should also be mentioned, that mannite may very easily crystallise out from an alcoholic extract of the dessicated culture. If the lævulose has not been entirely fermented, the remains of this should be removed before drying, by boiling with lime milk. A decoloration with bone black may then be necessary. Jan Smit[3]), who has worked more particularly with mannite, points out that, where a quantitative determination is required after the lime treatment, oxalic acid should be added, and, for removing any possible surplus thereof, again some chalk, as otherwise part of the mannite will unite with the lime. If there should be too little mannite present, to form the crystals easily recognisable under the microscope, then it will be necessary to content oneself with demonstrating it by means of copper sulphate and caustic soda, with which, like other polyvalent alcohols, it gives a dark blue solution[4]).

For demonstration of the separate fermentation products, it is of course always an advantage to have them in not too weak concentrations; accordingly, the cultures are given at least 4% sugar and a quantity of chalk sufficient to neutralise all acid formed,

[1]) In the maltose, however, the grape sugar of the malt extract is included. As the malt extract also contains dextrine, which is to some extent fermented by the bacteria here investigated, it is quite possible to get a greater quantity of acid formed than corresponds to the maltose itself.

[2]) I may here refer especially to my "Studien über die flüchtigen Säuren im Käse etc." Centralblatt f. Bakt. II. Abt. 1904. XIII, 434.

[3]) Zeitschr. f. anal. Chemie. 1914. 53, p. 473.

[4]) To 50 cm³ liquid is added 25 cm.³ $4 \times nNaOH + 25$ cm.³ copper sulphate (as with Fehling's liquid).

thus permitting fermentation of the greatest quantity of sugar. The lactic acid can be quantitatively determined when it has been liberated with sulphuric acid and afterwards extracted with ether, but if it is only desired to accertain what quantity of the sugar fermented is turned into acid, it is better not to add chalk to the cultures, as the quantity of acid can then be simply determined by titration. In the case of the true lactic acid bacteria, the quantity of volatile acids is as a rule small, and that of succinic acid generally even less; we can therefore reckon all the acid formed as lactic acid, without risk of any essential error. The calculation is thus very simple, when dealing with a hexose. It is somewhat more complicated when, as in the case of milk, we have to start with a disaccharid lactose, which may not only have become more or less hydrolysed by the bacteria, but where also the two hydrolysis products, the grape sugar and the galactose, may have been fermented in unlike degree. If the milk sugar be hydrolysed completely (by heating to 115° for half an hour with 4% H_2SO_4,) then its power of reduction is increased some 40—43%[1]), and we can therefore, if such hydrolysis has been effected by the bacteria (see *Betacoccus bovis* No. 34, Table III) even find an increase of sugar during fermentation. It is consequently necessary to determine the degree of hydrolysis of the remaining sugar, and correct accordingly. All the experiments noted in Table III were made with the same milk, with 5.38% lactose, only in the last five experiments another milk was used, with 5.20% lactose ($C_{12}H_{22}O_{11}$, H_2O)

As will be seen, the remaining milk sugar is as a rule only slightly hydrolysed. In the present experiments, only a few thermobacteria (apart from the betacoccus already mentioned) were able to produce any considerable hydrolysis. As these formed over 1¼% lactic acid, it follows that lactase can act even in liquids with a considerable degree of acidity. In other experiments, where milk to which chalk had been added was used, it was found that not only had the majority of the betacocci (also those of the species *Bc. arabinosaceus*) strongly hydrolysed the milk sugar, but generally also the thermobacteria, betabacteria and strains of the species *Streptococcus thermophilus*, and *Streptobacterium plantarum*. The power of hydrolysing milk sugar can hardly be employed as species character, since it is met with, albeit not very frequently, in all species of lactic acid bacteria. The hydrolysis is only strong in old cultures, especially those in which the greater part of the bacteria cells are dead, (in the culture of *Betacoccus bovis* No. 34, for instance, all the cells were dead) which seems to suggest that the active lactase is in reality an endoenzyme which is only given off when the cells are weakened, and that consequently, hydrolysis of milk sugar outside the cell is not a normal process at all. Lactic acid bacteria behave in exactly the same way towards saccharose and maltose, so that in all probability, the disaccharides are taken in as such, and there is thus nothing to prevent their being even better sources of carbon than the monosaccharides of which they are composed.

As the differences shown in Table III between the quantity of sugar fermented and the amount of acid formed lie as a rule within the limits of possible error (especially considering that the quantity of sugar fermented cannot be corrected to entire accuracy) we must take it that true lactic acid bacteria transform nearly all the sugar to lactic acid. An exception, however, is *Betacoccus bovis*, and we shall shortly see that

[1]) In milk cultures, we reckon with roughly speaking 40%, as the more strongly reducing glucose is often fermented in greater quantity than the less reducing galactose.

Table III.

Table No.	Species of bacteria	No.	Increasing of the reduction power after hydrolysis ‰	Sugar not fermented ‰	Sugar fermented ‰	Sugar fermented corrected ‰	Lactic acid formed ‰
XIV	*Streptococcus lactis*	2	34	51,3	2,5	5,6	5,6
XV	» *cremoris*	18	37	48,7	5,1	6,6	5,6
XXII	» *liquefaciens*	3	37	48,8	5,0	6,5	6,3
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	4	36	49,9	3,9	5,9	4,1
XXVI	» *bovis*	33	39	43,3	10,5	10,9	5,6
	» »	34	0	59,4	÷ 5,6	18,2	5,6
	» »	36	33	47,1	6,7	10,0	3,8
XXVII	*Tetracoccus liquefaciens*	11	38	47,6	6,2	7,2	5,0
XXVII	» ?	12	34	47,7	6,1	9,0	5,2
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	6	26	44,4	9,4	15,6	12,6
	» »	11	23	44,2	9,6	17,1	12,8
XXVIII	» *bulgaricum*	14	20	45,2	8,6	17,6	12,8
XXVIII	» *helveticum*	12	40	34,5	19,3	19,3	19,3
XXIX	*Streptobacterium casei*	2	35	41,3	12,5	14,6	13,1
	» »	4	38	41,6	12,2	13,0	12,8
	» »	5	37	42,8	11,0	12,3	11,5
	» »	6	37	42,9	10,9	12,2	10,1
	» »	13	29	42,8	11,0	15,7	13,7
	» »	18	35	41,6	12,2	14,3	13,3
	» »	32	37	36,3	17,5	18,6	16,9
	» »	34	37	37,8	16,0	17,1	16,7
XXX	» *plantarum*	1	34	45,0	8,8	11,5	10,4
	» »	3	37	45,7	8,1	9,4	7,7
	» »	8	37	48,2	5,6	7,0	6,5
	» »	13	36	43,2	10,6	12,3	10,1
	» »	15	37	45,2	8,6	10,0	7,7
	» »	20	38	42,6	11,2	12,1	11,9
XXXI	*Betabacterium breve*	3	39	50,6	3,2	3,7	2,0
	Bacterium coli A[1]	1	40	47,2	4,8	4,8	5,5
	» » B[1]	2	41	48,3	3,7	3,7	4,2
	» *prodigiosum*	1	41	42,5	9,5	9,5	3,6
	» *aërogenes*	1	19	2,3	49,7	50,0	4,1
	» »	2		0	52,0	52,0	2,8

Betacoccus arabinosaceus behaves in a similar way with other sugars than lactose. That we nevertheless reckon the betacocci as among the true lactic acid bacteria is due to the fact that they are allied to these in all other respects. The betabacteria also, can, in a freshly isolated state, transform a great quantity of the sugar to something other than lactic

[1]) A and B indicates the relation of the Coli-forms to sugars according to C. O. JENSEN. Both of them essentially form succinic acid, A besides some dextro-lactic acid, B some lævo-lactic acid. The quantity of volatile acids (1 part of propionic acid to 10 parts of acetic acid) makes up 30 per cent of the fermented sugar.

acid, but as a rule, they lose this tendency after continued cultivation in the laboratory, and will thus, in course of time, be found to differ in no essential degree from other lactic acid bacteria. In the system which we shall later set up for the lactic acid bacteria, we have nevertheless separated off the betabacteria and betacocci as a distinct sub-group.

At the close of Table III, we have shown, for purposes of comparison, the acid production of a few other bacteria. It is highly surprising to find that the two coli strains — despite abundant air formation — apparently form over 100% acid from the fermented sugar. The explanation, however, is that these bacteria only form a small quantity of lactic acid, but ferment the greater part of the sugar to succinic acid and acetic acid, thereby giving three equivalents of acid for every two obtained by lactic acid fermentation.

$$C_6H_{12}O_6 = 2\,C_2H_5OCOOH = C_2H_4(COOH)_2 + CH_3COOH + H_2$$

1 grape sugar = 2 lactic acid = 1 succinic acid + 1 acetic acid + 1 hydrogen.

By calculating the acid formed as lactic acid, then, we have thus put the yield of acid $^1/_3$ too high. *Bacterium prodigiosum* forms acids similar to those formed by the coli bacteria, but as it also transforms a quantity of the sugar completly into gas, there is a distinct wastage here. Transformation into gas is, however, most marked in the caseof the aerogenes bacteria, and especially No. 2, which has fermented all the sugar in the milk without coagulating it.

A point of no slight interest is the question whether a given lactic acid bacterium will under all circumstances form the same amount of by-products, especially volatile acids, and whether it always forms the same modification of lactic acid.

Here, above all, the quantity of sugar plays a part, for if there is not any more sugar than the occurring bacteria can casily ferment, part of the lactic acid formed will be further transformed. This is plainly seen from Table II where the quantity of acid formed is considerably less than the fermented quantity of sugar in the cases where all the sugar has been fermented, i. e. where the figures are put in parenthesis.

As regards the formation of acetic acid, KAYSER[1]) has already shown that this increases with the supply of air, and BARTHEL[2]) has pointed out that it is as a rule greater where the conditions of life (f. in. the temperature) are unfavourable. In accordance with this we have found a relatively far greater quantity of acetic acid in cultures without chalk than in those with. True, the quantity of acetic acid formed in milk cultures with and without chalk is about the same, but as a far greater quantity of sugar is fermented when chalk is added, it follows that from the sugar fermented more acetic acid is formed when chalk is omitted than when it is added. Some examples of this are shown in Table IV. We have reckoned one molecule hexose as giving three molecules of acetic acid.

The quantity of volatile acid formed by the lactic acid bacteria depends not only upon the conditions of life, but varies also in other ways. BARTHEL found, for instance, that *Sc. fæcium* No. 19, in a freshly isolated state, formed from the sugar fermented 39% volatile acid, whereas we, nine months later, under the same experimental conditions, found only 13% volatile acid. The bacterium in question exhibited no sign of weakening, but formed, indeed, more total acid in milk than it did in a freshly isolated state.

Sugars whose number of carbon atoms is divisible by six do not as a rule affect the

[1]) Contribution a l'étude de la fermentation lactique. Paris 1894.

[2]) Centralblatt f. Bakteriologie. II. Abt. 1900. Bd. IV, p. 420.

relation between lactic acid and by-products. In the case of the betacocci, however, it is otherwise, as they form from lævulose, and therefore also from saccharose, more acetic

Table IV.

Table No.	Species of bacteria	No.	Addition of chalk	Sugar fermented, corrected ‰	Acetic acid formed ‰	Acetic acid percentage of fermented sugar
XV	*Streptococcus cremoris*	20	+	31	1,0	3
			0	7	1,0	14
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	11	+	52	0,5	1
			0	13	0,4	3
XXVIII	» *helveticum*	12	+	52	0,8	1
			0	19	1,2	6
XXIX	*Streptobacterium casei*	17	+	52	1,2	2
			0	12	1,0	8
XXIX	» »	18	+	52	0,5	1
			0	10	0,5	5
XXIX	» »	34	+	52	1,0	1
			0	18	1,0	6

acid and gas than from other hexoses. Table V shows the fermentation of lævulose and grape sugar in a strain of strong gas-developing character (*Betacoccus arabinosaceus* Nr. 12).

Table V.

Species of sugar	Sugar fermented ‰	Lactic acid formed ‰	Acetic acid formed ‰	Rest ‰
Lævulose	19,1	3,0	2,5	13,6
Dextrose	12,8	5,6	0,5	6,7

As will be seen, this coccus forms almost as much acetic acid as lactic acid from lævulose, but on the other hand, only $^1/_{10}$ as much acetic acid as lactic acid from grape sugar. The fermented sugar which is not transformed into acid (the remainder in the last column of the table) has not all been formed into gas (carbonic acid and hydrogen) at any rate not in the case of the lævulose culture, which gave a very distinct mannite reaction.

Now one molecule of hexose can by the lactic acid bacteria be simply broken up into two molecules of lactic acid, whereas sugars having a smaller number of carbon atoms, will of course be otherwise divided. It would seem reasonable beforehand to suppose that pentoses would be broken up into equivalent quantities of lactic acid and acetic acid, and as a matter of fact, there is really always a large quantity of acetic acid formed when pentoses are fermented by lactic acid bacteria. As a rule, however, we obtain considerably less acetic acid and more lactic acid than would answer to the equation

$$C_5H_{10}O_5 = C_3H_6O_3 + C_2H_4O_2.$$

It will be seen from Table VI, that we have found in the case of the betabacteria a division exactly answering to the equation

$$6\ C_5H_{10}O_5 = 8\ C_3H_6O_3 + 3\ C_2H_4O_2$$

6 arabinose = 8 lactic acid + 3 acetic acid.

The bacteria thus appear as true lactic acid bacteria, inasmuch as they form the greatest possible quantity of lactic acid from the source of energy given[1]). This is, however, on the supposition that chalk is added to the cultures; without chalk, we obtain here, as in other cases, proportionately more acetic acid.

Table VI.

Betabacterium breve No. 10	Arabinose fermented ‰	Lactic acid formed ‰	Acetic acid formed ‰	Lactic acid formed $cm^3 \frac{n}{4}$	Acetic acid formed $cm^3 \frac{n}{4}$	Ratio equivalent: Lactic acid / Acetic acid
Arabinose casein pepton broth with chalk.	35,2	28,0	7,2	125	48	8:3
» » » » without » .	17,8	13,1	4,7	58	31	2:1

Up to now, we have reckoned the entire quantity of volatile acids as acetic acid and this we may safely do, as there is at the outside $^1/_{10}$, more often only $^1/_{20}$ propionic acid, and a trace of formic acid mixed therewith.

In the case of certain betabacteria, we have already mentioned that more gas is formed with cultures in a freshly isolated state, and as regards the betacocci, the development of gas is undoubtedly in proportion to their well-being. Much would seem to suggest that the transformation of sugar in all cases takes place by way of lactic acid, and that it can only be further divided — i. e. made to yield more energy — by strains of particularly marked vitality. The majority of the true lactic acid bacteria, which do not develop any measurable quantity of gas, can, however, — likewise when in a state of particular vitality — produce in milk so much carbonic acid that fine stripes appear in the curd. The lactic acid bacteria, then, as mentioned, form most acetic acid under unfavourable conditions, whereas exactly the reverse is the case with the carbonic acid, of which most is formed under favourable conditions.

Experiences from our previous works warrant the supposition that the rotary power of the lactic acid formed constitutes an important specific character for the true lactic acid bacteria, and we have therefore determined, in the case of all strains examined, what sort of lactic acid they formed, not only in milk, but also in broth with different carbon and nitrogen sources. These investigations we have repeated from year to year. The new investigations have on the whole confirmed the correctness of our supposition. As a rule, neither the carbon sources nor the nitrogen sources affect the modification of the lactic acid. Those strains which in milk form pure dextro- or lævo-lactic acid will also in a nu-

[1]) This is the more surprising, as the ancestors of the strains used (*Bacillus γ.* in my thesis above quoted), formed much succinic acid, with abundant gas development.

tritive broth always form dextro- or lævo-lactic acid, whether the source of energy be alcohols, aldoses, ketoses, pentoses, hexoses or polysaccharides[1]). Those strains which in milk form purely inactive lactic acid — i. e. with like quantities of dextro- and lævo-acid — will as a rule also under other conditions maintain the equilibrium between the two acids, whereas strains which in milk form more of the one than of the other will under less favourable conditions generally only form the acid which they most easily produce. Indeed, we do not even need here to alter the nutritive substrate, as even in milk, these bacteria can in the course of years end by being only capable of producing the one acid. We have numerous examples, for instance, of cases where strains of the species *Streptobacterium casei*, which in a freshly isolated state forms, besides dextro-lactic acid, also smaller or larger quantities of lævo-lactic acid, have after a more or less considerable lapse of time been found capable only of forming dextro-lactic acid, and that without any decrease in the total production of acid.

These investigations, then, distinctly show that the modification of lactic acid is altogether independent of the stereochemical structure of the sugars, and depends entirely upon the species of bacteria. We must therefore presume that dextro- and lævo-lactic acid are formed each by its own independent enzyme. Strains which are equally supplied with both (as for instance *Thermobacterium helveticum*) will under all conditions form purely inactive lactic acid, whereas strains which can more easily produce one of the enzymes than the other, may often entirely lose the power of producing the latter, and thus the faculty of forming the corresponding lactic acid.

Nitrogen Sources. In contrast to the pseudo lactic acid bacteria, the true ones do not thrive with ammonia salts or single amino-acids as source of nitrogen. We have in this latter respect tested all our strains of bacteria with aspartic acid, but none of them showed any signs of growth. The true lactic acid bacteria demand just as complicated nitrogenous food as the animals, viz. genuine proteins or the entire complex of amino acids therein contained. Even incomplete proteins, such as gelatine (without addition of other nitrogenous nourishment) generally proves, as in the case of animals, an extremely bad nitrogenous food. As the lactic acid bacteria — save for the few species capable of liquefying gelatin — do not in a living state give off any proteolytic enzymes, the nitrogenous food must be given in a state of solution or in colloid form. Of all genuine proteins, the most suitable seems to be casein in the form in which it is found in milk. Even better, however, in many cases, is paracasein (or rather, perhaps, the peptones which rennet gradually forms from casein); this will be seen from Table VII, where we have noted the quantities of acid formed by various species of our lactic acid bacteria in the same milk with and without addition of rennet. The rennet employed was rendered germ-free by filtration through a sterilised CHAMBERLAND-filter[2]). The effect of the rennet

[1]) HERZOG and HÖRTH have, in their work "Zur Stereochemie der Milchsäuregärung" (Zeitschr. f. physiol. Chemie 1909. Bd. 60, p. 131) arrived at the same result.

[2]) As such filtration, which keeps back some nitrogenous matter, weakens the rennet very considerably, it is necessary to start with a very concentrated solution. We dissolved 10 HANSEN tablets in 200 cm.^{3} of water, and used 2 drops of the filtrate per 10 cm.^{3} milk. The nitrogen content of the

Table VII.

Table No.	Species of bacteria	No.	‰ Acid formed in milk	
			without rennet	with rennet
XIV	*Streptococcus lactis*	6	3,4	4,5
	» »	7	4,3	6,3
	» »	14	7,4	8,1
XV	» *cremoris*	1	4,7	6,5
	» »	2	4,5	6,1
	» »	10	5,6	6,5
	» »	21	6,3	7,2
XX	» *fœcium*	14	4,1	5,2
	» »	18	4,5	5,6
XXI	» *glycerinaceus*	4	4,5	5,6
	» »	6	2,5	4,7
XXII	« *liquefaciens*	1	7,1	7,1
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	4	5,6	6,8
	» »	7	5,2	5,4
	» »	8	3,8	5,2
XXVI	» *bovis*	34	3,2	3,8
	» »	40	0,5	1,1
XXVII	*Tetracoccus casei*	5	4,1	3,6
	» »	6	2,7	2,7
XXVII	» *liquefaciens*	9	2,5	2,7
	» »	11	0,7	0,7
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	6	10,4	10,4
	» »	11	11,0	11,7
XXVIII	» *helveticum*	12	19,6	21,6
XXVIII	» *bulgaricum*	14	13,3	13,7

Table No.	Species of bacteria	No.	‰ Acid formed in milk	
			without rennet	with rennet
XXIX	*Streptobacterium casei*	1	6,1	6,1
	» »	2	9,9	11,3
	» »	4	11,3	12,8
	» »	9	10,4	10,6
	» »	10	11,9	13,3
	» »	11	14,2	14,4
	» »	14	9,7	11,5
	» »	15	13,1	13,1
	» »	23	11,0	11,9
	» »	25	12,8	12,8
	» »	27	13,1	15,8
	» »	32	14,6	16,0
	» »	34	16,0	17,1
XXX	» *plantarum*	1	5,9	8,8
	» »	2	2,9	5,4
	» »	3	3,2	7,0
	» »	7	3,8	9,2
	» »	9	8,3	10,4
	» »	11	3,6	5,6
	» »	12	5,0	8,8
	» »	14	9,5	11,0
	» »	15	4,1	7,4
XXXI	*Betabacterium breve*	4	1,8	1,6
	» »	5	0,9	0,9
	» »	10	1,8	2,0

is of course not perceptible if the bacteria themselves give off proteolytic enzymes, as is the case with *Streptococcus liquefaciens* and *Tetracoccus liquefaciens*. It is likewise unnoticed in the case of other tetracocci, certain thermobacteria, the betabacteria, and certain strains of the species *Streptobacterium casei*, but is quite extraordinarily distinct in the case of *Streptobacterium plantarum*. This species, for which casein is as a rule a relatively poor source of nitrogen, forms, when rennet is added to the milk, far greater quantities of acid than otherwise. This fact throws new light upon the ripening of rennet cheese, a process which is due to the action of the rennet and of the lactic acid bacteria. We have already previously shown that the action of the rennet is furthered to a high degree by

milk is thus not perceptibly affected, and the milk, being highly sterilised, does not coagulate. It does, however, coagulate, as soon as any trace of acid is formed, and after inoculation with lactic acid bacteria therefore, milk to which rennet has been added will coagulate far more rapidly than milk without rennet. If the bacteria themselves give off proteolytic enzymes, then there will of course be no difference, practically speaking, in the time required for coagulation.

the acid formed by the lactic acid bacteria[1]), and we have thus now shown, on the other hand, that the action of many lactic acid bacteria is furthered by the rennet. And in this connection it should be mentioned that BARTHEL has recently shown[2]) how considerably rennet increases the casein-splitting power in *Streptococcus lactic.* The various factors which give rise to the ripening of cheese thus mutually accelerate one another's action. Of other genuine proteins which may be utilised for the cultivation of lactic acid bacteria, we may mention gluten and legumin dissolved in the smallest possible quantity of sodium phosphate. This solvent may also well be employed where casein is to be used in connection with other sugars than milk sugar.

The most typical milk bacteria grow best in milk, and only with the greatest difficulty in peptone solutions; there are, however, lactic acid bacteria which, even though they ferment milk sugar in peptone solutions, thrive poorly in milk, or require at any rate to be accustomed to it, and which will in consequence rapidly lose the faculty of so doing if left for many generations without coming in contact with milk at all. Indeed, it seems possible to accustom the bacteria to largely dissimilar forms of nitrogenous nourishment, and it is doubtless in many cases here that the main difference lies between the parasites and the saprophytes most nearly related. The pathogenic forms have often so accustomed themselves to a certain particular nitrogenous food (that from which their toxins are also formed) that they can ill thrive without it. It has thus on the whole proved considerably more difficult to keep the pathogenic streptococci alive than the saprophytic. Many of the rod-shaped lactic acid bacteria of the digestive tract, also, were difficult to cultivate, owing to the fact that we had not succeeded in satisfying their particular requirements in respect of nitrogenous food.

When seeking to compare the values of different nitrogen sources, the only possible method is that employed in agricultural chemistry, to wit, by offering the organisms the same quantity of nitrogen in the different forms, but under conditions otherwise uniform. In Table VIII will be found noted the quantities of acid (calculated, in the usual way, as ‰ of the nutritive substrate) formed by some of our strains in horse serum (*S*) Liebig's meat extract (*L*), Cibil's do (*Ci*), Witte peptone (*W*)[3]), casein peptone (*C*) and yeast extract (*Y*), partly with the separate sources alone, and partly when used with the addition of a 2% Witte peptone solution. It was so arranged that the quantity of nitrogen was throughout 0.4%, 2 percent grape sugar was added, and the quantity of the different nutritive salts was also kept as far as possible uniform throughout, save that no potassium phosphate was added to the W_0. The last three columns of the table show the effect of this salt upon the casein pepton broth used by us, with 0.5% *N*.

We had expected that the pathogenic bacteria would have preferred blood serum and meat extract, and the milk bacteria casein peptone. This however, did not prove to be the case. The blood serum proved throughout a bad source of nitrogen, even for pathogenic bacteria, and this despite the fact that its bactericidal substances

[1]) Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 1904, p. 404, and 1907, p. 97.

[2]) Meddelande Nr. 171 från Centralanstalten för försöksväsendet på Jordbruksområdet. 1918.

[3]) The serum contained 1.13 % *N*, LIEBIG's Meat Extract 9.22 % *N*, and CIBIL's do. 3.11 % *N*. Equal quantities of nitrogen from the two meat extracts had very nearly the same effect upon most of the bacteria used.

Table VIII a.

Table No.	Species of bacteria	No.	All nutritive mediums with 2 % Dextrose and 0,4 % N										C. with 2 % Dextrose and 0,5 % N and ‰ K_2HPO_4:		
			S	*L*	W_0	*W*	*C*	*Y*	*W* + *S*	*W* + *L*	*W* + *Ci*	*W* + *Y*	0	2	4
XXIV	*Streptococcus pyogenes*	1	0,9	4,1	1,4	2,3	2,7	1,8	2,3	2,0	2,3	2,3	2,9	4,1	4,1
XXIV	» »	3	0,7	3,8	1,4	1,4	3,2	0,2	2,9	2,3	2,5	1,6	3,4	4,3	4,3
XXIV	» »	4	0,7	3,6	0,9	0,9	2,5	0,2	1,8	1,1	1,6	1,1	2,9	3,6	4,1
XXIV	» »	7	0,9	5,6	1,6	2,7	4,3	5,6	3,4	3,4	3,6	3,6	5,6	6,3	6,3
XXIV	» »	8	2,5	5,4	0,5	2,7	3,4	3,2	2,7	3,4	3,4	2,9	3,8	5,4	5,6
XXIV	» »	11	1,6	5,6	0,7	3,6	4,7	6,8	3,4	5,4	5,0	5,0	5,9	7,9	8,1
XX	» *fœcium*	8		7,0	0,7	3,8	5,2	6,8	3,6	4,5	4,7	5,0	5,4	7,2	7,7
XIV	» *lactis*	8	2,7	6,5	2,3	3,6	5,2	6,3	3,6	4,5	4,7	4,3	5,9	7,2	7,4
XV	» *cremoris*	1	0,2	4,7	1,6	2,5	2,9	2,9	2,7	2,3	2,3	2,9	4,5	4,7	4,7
XV	» »	18	1,1	5,2	1,8	3,2	5,4	3,6	3,8	3,6	3,6	3,6	5,2	6,5	7,0
XV	» »	19	0,2	3,4	0,9	2,5	4,3	4,3	4,1	3,6	4,5	3,4	4,3	5,6	5,9
XVI	» *mastitidis*	2	2,5	4,5	1,6	2,7	3,4	0,2	2,9	2,5	2,7	2,9	4,1	4,7	5,0
XVI	» »	3	2,0	5,0	1,4	2,7	3,4	2,9	3,2	2,9	2,9	2,3	4,5	5,4	5,6
XVII	» *thermophilus*	2	2,9	6,3	1,8	2,7	5,4	5,2	4,7	3,2	2,7	3,6	6,8	8,1	8,6
XIX	» *inulinaceus*	4	0,9	4,3	1,6	3,6	4,5	4,7	4,1	4,3	3,8	4,1	4,1	4,7	5,4
XXI	» *glycerinaceus*	4		6,3	2,5	3,6	4,3	5,4	3,4	3,8	4,5	5,0	5,9	7,7	8,1
XXI	» »	6	2,9	6,3	2,5	3,6	4,5	5,0	4,1	3,8	4,1	4,1	5,6	6,5	6,8
XXII	» *liquefaciens*	1	4,1	7,2	2,7	3,8	4,3	6,5	3,6	4,3	4,3	5,0	5,0	6,3	7,0
XXII	» »	5		6,3	2,5	3,2	4,5	5,6	2,5	3,6	4,1	3,4	5,4	7,0	7,4
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	4		0,7	0,9	2,9	3,4	6,8	2,9	3,8	3,6	4,5	4,3	5,2	5,4
XXV	» »	8	0,3	5,2	2,9	2,9	3,4	7,7	3,6	4,3	4,1	4,3	3,8	3,8	5,0
XXV	» »	12		5,2	2,7	2,7	3,8	8,1	2,5	3,6	3,6	4,1	4,5	5,4	5,4
XXVI	» *bovis*	34	0,5	5,4	2,0	2,7	4,5	7,0	3,2	4,3	4,3	4,3	5,9	6,1	6,1
XXVI	» »	41		7,0	0,9	3,2	3,4	7,2	2,7	4,3	4,5	4,5	5,0	5,0	6,1
XXVII	*Tetracoccus casei*	5		3,8	1,4	2,0	2,7	0,9	1,8	2,7	3,2	2,7	2,9	3,4	3,4
XXVII	» ?	8	2,0	2,5	0,9	0,9	1,8	0,9	1,4	0,9	1,4	0,7	1,6	2,3	2,3
XXVII	» *liquefaciens*	9		2,5	0,5	0,9	1,8	0,5	1,1	1,1	1,6	0,9	1,8	2,7	2,9
XXVII	» *pyogenes aureus*	13	2,0	4,5	2,0	2,3	2,5	3,6	2,3	2,3	2,9	2,0	3,4	4,3	4,5
XXVII	» » *albus*	29	1,1	3,2	0,7	0,9	2,0	1,8	1,4	1,4	2,0	3,2	1,8	2,9	3,2

had been inactivated by long standing; meat extract, on the other hand, was on the whole at least as good a source of nitrogen as casein peptone. Only *Microbacterium lacticum* decidedly prefers the latter. That we have not, in the present work, employed meat extract is due, besides its dark colour, to the variability of its composition. The meat extract now generally sold is no longer mainly composed of creatin and purin bases; far from it; the overwhelming majority of the nitrogenous matter it contains is furnished by albumoses and peptones. Yeast extract exhibits a more specific action, proving an extremely bad source of nitrogen for a number of pathogenic bacteria[1]), (*Sc. pyogenes* Nos. 3 and 4, and *Sc. mastitidis* No. 2), some few micrococci (tetracocci) and *Mbm. lacticum*, whereas it furthers to a surprising degree the develop-

[1]) The well-known therapeutic properties of yeast are doubtless connected with this fea ture.

Table VIII b.

Table No.	Species of bacteria	No.	All nutritive mediums with 2 % Dextrose and 0,4 % N										C. with 2 % Dextrose and 0,5 % N and ‰ K_2HPO_4:		
			S	L	W_0	W	C	Y	W + S	W + L	W + Ci	W + Y	0	2	4
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	6	0	4,3	0,5	2,3	0,7	10,6	6,8	2,9	3,6	7,4	6,1	7,0	7,2
	» »	8	0	7,0	1,6	5,0	0,9	15,3	9,9	4,1	8,1	10,1	11,5	8,6	9,5
	» »	10	0	8,1	0,7	2,5	0,9	12,8	6,5	3,2	4,1	4,7	9,9	8,3	9,7
	» »	11	0	5,9	0,7	5,4	5,9	10,6	5,4	5,9	5,6	5,4	8,6	9,5	9,0
XXVIII	» *helveticum*	12	0	1,4	1,4	0,9	0,7	11,3	3,2	3,4	3,6	6,8	4,5	6,3	7,4
XXVIII	» *bulgaricum*	14	0	1,8	0,7	1,4	3,4	12,2	7,0	0,7	0,9	6,8	2,3	1,6	2,7
XXIX	*Streptobacterium casei*	1	0	7,7	2,7	3,2	3,4	15,8	3,8	3,8	4,1	5,4	2,3	3,6	3,5
	» »	2		8,6	4,0	4,0	7,0	17,6	2,3	5,4	3,8	7,2	6,5	8,3	8,8
	» »	11	0,7	9,7	3,6	6,1	8,3	18,0	8,1	9,0	8,1	11,3	10,6	10,8	11,5
	» »	16	0,5	8,1	3,2	5,2	6,8	17,8	7,0	7,4	7,4	7,7	9,9	10,4	11,5
	» »	34	3,8	11,7	8,3	8,3	11,0	17,6	9,0	8,8	8,3	8,6	13,7	14,2	14,4
XXX	» *plantarum*	1	0	8,6	2,0	6,3	6,3	17,6	8,6	6,3	7,2	11,0	7,2	6,8	4,5
	» »	3	0	8,1	1,8	5,4	7,3	14,4	7,7	6,8	6,1	6,8	8,8	10,4	10,6
	» »	8		8,1	1,6	6,8	8,3	12,4	5,2	7,7	8,1	9,7	11,0	12,4	13,1
	» »	11	3,4	9,0	3,6	3,6	8,3	16,2	6,1	6,5	7,0	8,0	9,5	10,8	11,3
	» »	12		8,6	0,7	6,8	7,2	16,7	5,0	7,4	7,4	9,9	7,3	10,1	11,3
	» »	21		8,6	3,4	5,9	9,5	17,3	5,6	6,8	4,5	7,4	10,1	11,9	12,4
XXXI	*Betabacterium breve*	3		6,1	3,4	5,2	5,2	6,1	2,5	4,7	4,5	5,9	5,2	6,3	6,8
	» »	4	1,8	6,8	2,3	4,5	3,6	7,0	4,1	2,0	1,6	7,0	4,7	5,0	6,1
	» »	10		5,0	2,5	2,5	5,2	8,6	2,7	2,0	2,0	7,2	6,1	6,5	7,9
XXXII	*Microbacterium lacticum*	2		2,4	1,4	1,4	2,5	0	1,6	1,4	2,0	2,4	2,9	3,6	3,8
	» »	3	2,3	0,9	1,4	1,8	2,9	0,2	2,5	1,8	2,3	1,4	3,2	4,5	4,5
	» »	4		1,8	1,6	1,6	2,9	0,2	1,8	2,0	2,3	1,6	2,9	4,1	4,5
	» »	6	1,8	1,1	1,4	2,0	3,2	0,5	2,3	2,0	2,3	1,4	3,2	4,3	4,3
XXXII	» *flavum*	8	0,5	5,6	2,5	3,2	5,6	6,5	1,6	5,6	5,2	6,5	5,4	6,5	7,4
	Bacterium coli A	1		4,0	2,3	2,3	3,6	3,8	2,5	2,9	3,4	2,9	3,8	5,4	5,6
	» *paratyphi*	6	2,7	4,5	2,3	2,3	3,6	3,8	2,3	2,3	2,7	2,3	3,8	5,2	5,2
	» *prodigiosum*	1		4,1	1,4	2,5	4,1	3,2	2,3	2,9	2,9	2,7	3,6	3,8	3,8
	» *aërogenes*	4	3,2	2,3	0,5	2,9	2,9	2,5	1,4	2,9	3,2	2,3	0,5	0,9	0
	» »	5	2,9	1,1	3,2	3,6	5,0	÷0,9	1,1	3,6	3,8	2,9	2,7	2,7	÷0,5
	» *acidi propionici*	3	0	9,9	0	0,5	3,6	13,7	0	0,9	0,7	11,5	8,1	10,4	10,6

ment, and even more the acid formation, of the genera *Thermobacterium*[1]) and *Streptobacterium*. For the genera *Betacoccus* and *Betabacterium*, also, yeast extract is fully as good a source of nitrogen as casein peptone, whereas the reverse is the case with

[1]) The results in the case of thermobacteria are often somewhat uncertain, as these bacteria are so sensitive to nitrogen sources, that they do not grow at all if there be the slightest hindrance. Once they have overcome the difficulties, however, they may then suddenly grow through very powerfully. Both meat extract and yeast extract for instance seem to contain substances which retard the development of *Tbm. bulgaricum*, but it generally overcomes the retarding effect of the yeast extract after the culture has remained at a standstill for a couple of days.

the ordinary saprophytic streptococci[1]). If several nitrogen sources be mixed together, giving a greater certainty of obtaining all the requisite building material for bacterium protein, then the specific qualities of the various sources in themselves will as a rule be effaced.

The favourable effect of phosphoric acid upon the lactic acid fermentation is seen most distinctly by comparing the W_0 and W; less markedly in the experiments with casein peptone and different quantities of phosphoric acid, as the casein pepton in itself contains some phosphoric acid. As a rule, it does not seem that anything essential is gained by adding more than $2‰ K_2HPO_4$, and a single strain (*Sbm. plantarum* No. 1) even appears to be quickly satiated with phosphoric acid[2]). We have also tried some outside species of bacteria, with different sources of nitrogen. Table VIII shows that the propionic acid bacteria exibit a great partiality for yeast extract, whereas the omnivorous coli bacteria of course exhibit a far slighter sensibility in regard to the species of the nitrogen source (as also, by the way in respect of temperature and many other factors) than the true lactic acid bacteria. As regards the aerogenes bacteria, the acid formation can here no longer be taken as any measure of the vital activity, as these bacteria turn more of the sugar into gas the better they thrive, and under favourable conditions, the inoculated tubes become even less acid than the control tubes.

Having investigated the question of which nitrogen sources the different species of bacteria prefer, it is then necessary to determine at what degree of concentration they should preferably be employed. As with sugars, the colour tone and price of the nutritive substrates are increased with increasing concentration, and it is therefore better to keep a little below the optimal limit than to exceed it. It is obvious, of course, that the amount of acid formed cannot be any thoroughly valid measure of the optimal concentration of nitrogen, as all organic nitrogenous nourishment acts as a buffer, and therefore a greater quantity of acid may thus possibly be formed — without exceeding the hydrogen ion concentration detrimental to the various species of bacteria — the more nitrogenous nourishment is given. Nevertheless, we have also in the present instance kept to this measure, not only because it gives a numerical expression of the vital activity of the lactic acid bacteria, but also because further study has shown that lactic acid bacteria really grow most rapidly, and are able to ferment most sugars (i. e. become most abundantly supplied with enzymes) in those nutritive substrates in which they form most acid.

For the experiments shown in Table IX, we used a 2% solution of grape sugar, with the necessary salts, and Witte peptone or casein peptone as source of nitrogen. Of Witte peptone, we used ½, 2, 5, 10 and 15%, answering to the quantities of nitrogen shown in the table. These are, in the case of the 10 and 15% Witte peptone broth, somewhat lower than they should be, as some ingredients of the Witte peptone are no longer fully soluble at these concentrations. As regards the casein peptone, we used partly the solution (with

[1]) In the case of these streptococci, yeast extract appears to be as good a source of nitrogen as casein peptone, judging merely from the quantity of acid formed; this is, however, due to the fact that the yeast extract has fully as great a buffer action as the casein peptone, a feature which we shall refer to more fully later on.

[2]) As the experiment was repeated several times, the figures given are not due to accidental circumstances.

1% *N*) obtained directly from digestion with pepsin, partly the same diluted to twice and four times the volume. The solutions were of course neutralised, and all contained the same quantity of nutritive salts.

The table shows distinctly enough that more acid is formed with increasing quantities of nitrogenous food. When the higher concentrations of nitrogen are reached, however, the increase does not always amount to anything worth mentioning, and in the case of the betacocci and betabacteria, the highest concentrations even appear to be detrimental. Despite the buffer action of the nitrogenous food, the quantity of acid cannot increase indefinitely with increasing quantity of nitrogenous nourishment, owing to the fact that, as van Dam has recently shown[1]), the lactic acid fermentation is not only checked by the hydrogen ions, but also by the lactate ions. It is also a well known fact that only the most powerful lactic acid formers are capable of fermenting all the milk sugar of the milk, even where chalk has been added, and the acid formed has been neutralised by constant shaking. These complications render it impossible to set up any hydrogen ion concentrations as the limit of fermentation for the different species of lactic acid bacteria. The better the buffer action of the nutritive substrate, the more the lactate ions will make their presence felt, and the final concentration of hydrogen ions will be lower in consequence. The lactate ions, however, are not nearly so dangerous to the life of the lactic acid bacteria as the hydrogen ions, and in cultivating lactic acid bacteria, therefore, care should always be taken to employ nutritive substrates with a good buffer action.

It will be seen from Table IX, that the broth with 0.5% *N*. in the form of casein pepton is a better nutritive substrate for lactic acid bacteria than broth with 0.7% *N* in the form of Witte peptone, and can in many cases even compare with broth having 1.35% *N*. in the form of Witte peptone. An das the casein peptone broth is also lighter in colour, than 5% or 10 % Witte peptone broth, and forms no deposit with acid, it will easily be understood that we preferred this for cultivation of lactic acid bacteria, and we use it with just 0.5% *N*. as any further increase of the concentration only exceptionally improves the action.

The peculiar behaviour of the aerogenes bacteria towards sugar, to which we have referred in the course of the explanation of Table VIII, is also apparent from Table IX. The quantity of acid rises, it is true, when the quantity of Witte peptone is increased from ½ to 2%, but when this point has been passed, we find that more and more of the acid formed is changed into gas, and as at the same time a certain protein decomposition

---

[1]) Ueber den Einfluss der Milchsäure auf der Milchsäuregärung (Biochemischc Zeitschrift 1918, Bd. 87, p. 107). In this work, van Dam reproaches me with not having observed the influence of the hydrogen ion concentration upon the lactic acid bacteria, basing his accusation upon a brief statement made at a congress with regard to the present work, in which it was quite impossible to enter into any detailed explanation of the individual phenomena. I can, however, console my critic with the fact that Miss Jenny Hempel — three years before the date of van Dam's paper — had kindly investigated, at the Carlsberg Laboratory, the buffer action of the nutritive substrates which I was using, and found that it increased in the following order: Witte peptone, casein peptone, and yeast extract. Yeast extract broth with 0.5 % *N* has about the same buffer action as Witte peptone broth with 1.35 % *N* (i. e. with 10 % Witte peptone).

Table IX a.

Table No.	Species of bacteria	No.	% N as Witte peptone					% N as casein peptone		
			0,07	0,28	0,70	1,35	2,00	0,25	0,50	1,00
XIV	*Streptococcus lactis*	4	1,8	4,1	5,9	7,9			6,5	
	» »	6	1,6	3,4	5,2	6,3			6,3	
	» »	7	1,9	3,6	5,6	5,6			6,1	
	» »	8	1,9	3,6	5,9	6,8			6,5	
	» »	9	1,9	3,8	5,6	7,4			6,1	
	» »	12	1,7	3,6	6,1	7,2			7,0	
	» »	14	2,0	3,8	5,8	6,3			7,0	
	» »	16	1,3	3,8	5,0	7,2			7,4	
	» »	17	1,8	4,1	5,0	7,9	9,0	4,7	6,3	6,8
XX	» *fœcium*	8	1,8	3,8	5,0	6,1	7,7	4,5	6,2	6,5
	» »	14	1,6	3,6	5,4	6,3	8,3	5,2	6,8	6,8
	» »	17	2,6	5,6	7,2	7,4			9,2	
	» »	18	2,5	5,0	7,2	7,7			9,2	
XXI	» *glycerinaceus*	1	1,6	3,6	5,9	7,0			6,1	
	» »	3	1,6	4,0	5,0	7,2	9,2	3,8	5,6	5,2
	» »	4	1,4	3,8	5,6	6,8			6,5	
	» »	6	1,6	3,4	5,4	6,8			6,1	
XXII	» *liquefaciens*	1	1,4	4,3	6,0	6,8			5.9	
	» »	3	1,6	4,5	6,8	7,4			7,4	
XVI	» *mastitidis*	2	1,1	3,4	4,5	6,8			5,6	
	» »	3	1,3	3,4	4,5	6,1			5,0	
XVII	» *thermophilus*	6	0,5	2,5	5,2	6,5			4,1	
XV	» *cremoris*	1	1,1	2,0	4,1	5,0	5,6	2,7	4,5	6,8
	» »	2	1,4	2,9	4,7	5,9	7,7	3,6	6,1	7,2
	» »	10	1,1	2,9	4,1	7,2			6,3	
	» »	11	0,7	2,6	4,3	6,1			6,5	
	» »	18	0	3,6	5,0	8,1	8,3	4,1	5,6	7,7
	» »	19	1,8	2,0	3.4	5,2			4,7	
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	6	0,9	2,3	4,1	4,5			5,0	
	» »	7	0,9	2,5	4,3	5,9			5,4	
	» »	8	0,8	2,0	3.8	5,4			5,0	
	» »	9	0,9	2,3	4,1	5,0			5,2	
XXVI	» *bovis*	33	0,6	1,6	3,4	5,2			5,9	
	» »	34	0	1,5	2,9	4,3			5,9	
	» »	40	0,7	2,5	5,2	6,5	5,2	3,6	5,6	4,1
	» »	42	0,5	1,4	2,7	4,5	3,2	3,6	5,6	4,1

takes place, the final result is, that the nutritive substrate becomes alkaline[1]), which, as already mentioned, has a detrimental effect upon the bacteria. Nutritive substrates with good buffer action are therefore not suited to continued cultivation of aerogenes bacteria.

[1]) On the basis of this interesting feature, which I pointed out in a lecture at the international dairy congress at Bern in 1912 (later printed in Zeitschrift für Gaerungsphysiologie 1914, V, 10) Clark and Lubs have, in the Journal of Biological Chemistry, 1917, Vol. XXX, p. 209, worked out an easy method for the separating of coli and aerogenes bacteria.

Table IX b.

Table No.	Species of bacteria	No.	% N as Witte peptone					% N as casein peptone		
			0,07	0,28	0,70	1,35	2,00	0,25	0,50	1,00
XXVII	*Tetracoccus casei*	5	0,7	1,8	3,2	5,9	6,3	2,0	3,4	5,6
	» »	7	0,7	1,6	2,9	4,3	4,3	1,6	2,9	4,3
XXVII	» *liquefaciens*	9	0,5	1,5	2,5	3,2			3,2	
	» »	10	0,5	0,7	1,4	2,3			2,3	
XXVII	» ?	12	0,9	2,0	2,7	5,2	5,2	2,5	3,8	5,6
XXVII	» *mycodermatus* ..	31	0,7	1,7	2,7	3,6			3,4	
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	6	0	1,1	2,5	4,7			1,6	
	» »	9	0	0,9	1,0	6,1			12,2	
	» »	11	1,3	4,1	7,7	7,7			10,8	
XXVIII	» *helveticum*	12	0	0,7	1,4	7,4	11,5	0	3,8	7,4
XXVIII	» *bulgaricum*	14	0	0,2	1,4	2,9	5,9	3,2	5,4	7,4
XXIX	*Streptobacterium casei*	4	2,8	4,5	8,3	9,7			10,6	
	» »	5	2,9	5,5	7,0	8,6			12,4	
	» »	6	3,4	6,3	6,8	9,7			10,4	
	» »	9	3,4	7,0	7,7	9,0			11,5	
	» »	11	1,8	6,3	7,2	13,3	12,4	7,2	12,8	
	» »	16	2,3	5,5	6,1	11,9			11,3	
	» »	32	3,6	8,3	9,9	12,2			13,3	
	» »	34	3,8	8,1	11,7	11,9			14,4	
XXX	» *plantarum*	3	0,7	5,4	7,4	9,5	11,5	7,7	11,0	
	» »	5	1,1	4,1	5,0	5,4	10,6	6,5	7,7	7,9
	» »	11	1,4	3,2	4,7	10,4	11,0	7,4	7,4	7,4
	» »	13	1,8	6,3	6,3	6,8	11,5	7,9	7,9	7,9
	» »	15	1,1	4,7	6,3	7,2	11,7	6,8	7,9	7,9
	» »	21	2,8	5,4	7,0	9,9			12,8	
XXXI	*Betabacterium breve*	3	0	3,8	6,1	5,9			5,2	
	» »	5	1,6	5,6	7,4	5,9			6,8	
	» »	7	0	3,6	3,8	6,1			7,7	
	» »	10	0	1,4	2,5	2,9	0,5	2,0	4,1	4,1
XXXII	*Microbacterium lacticum*	2	0	0,2	1,4	2,7			3,6	
	» »	3	1,1	2,2	2,5	4,1			3,8	
	» »	6	1,0	2,3	3,4	3,2			3,6	
XXXII	» *flavum*	8	1,8	2,9	5,4	8,3			6,8	
	Bacterium coli A	1	1,8	2,9	3,6	5,4			5,2	
	» » B	4	1,6	2,9	3,6	5,0			4,7	
	» *aërogenes*	1	1,1	2,9	0,6	÷			0,7	
	» »	2	1,1	3,0	0,7	÷			÷	

The same applies to the fluorescent bacteria, which, as typical water bacteria, are best without any over-abundance of nitrogenous food, with which they lose in the course of a few generations the power of forming colouring matter and then perish altogether.

As already mentioned, the lactic acid bacteria can thrive when there is only a trace of the requisite carbon sources present (they grow, for instance, in agar without added sugar) and many streptococci, and even some few rod forms, exhibit a certain growth

tn sugarless broth, when they have good sources of nitrogen at their disposal[1]). The lactic acid bacteria are far more difficult to satisfy in respect of nitrogenous nourishment, and it will be seen from Table IX, that several strains are unable to ferment grape sugar, if they have only ½% WITTE peptone available. Their demands in regard to nitrogenous food are further increased when dealing with sugars more difficult of fermentation, such as for instance inulin, which is often only affected when certain definite sources of nitrogen are present. Only when the nitrogenous nourishment is in all respects sufficient lactic acid bacteria are able to produce the numerous different enzymes (invertase, maltase, lactase, inulinase, etc.) which are required to decompose the di- and polysaccharides[2]). It is therefore absolutely necessary to know the best sources of nitrogen for the different bacteria, before proceeding to investigate which sugars they are able to ferment at all. In the various tables for the different species of bacteria it will be seen how greatly the source of nitrogen may affect the fermentation of the sugar. We will especially draw attention to *Streptococcus bovis* Nos. 1 and 2 (Table XVIII), *Betabacterium breve* No. 11 (Table XXXI), *Microbacterium lacticum* No. 2 (Tab. XXXII) and the many strains of *Streptobacterium plantarum* (Table XXX), which are particularly susceptible as regards nitrogenous food. In all our earlier investigations with the lactic acid bacteria, WITTE pepton was our sole source of nitrogen, but even after we had found other and better sources, we continued nevertheless to employ WITTE peptone in addition, as it is only by studying the fermentation of sugar as well with good as with bad sources of nitrogen that it is possible to obtain a proper impression as to which sugars the various strains prefer. The aerogenes bacteria are here, as in most other respects, found to take up a reverse position to the true lactic acid bacteria, as they will most easily render the nutritive substrate alkaline with the sugars which they find it most easy to ferment, and as a matter of fact, it is only with a slight quantity of nitrogenous nourishment that we can form any estimate as to which sugars they ferment, unless by measuring the quantitites of gas developed, which is the only rational method when dealing with these bacteria.

The lactic acid bacteria use their carbonic food chiefly as a source of energy, and consequently throw off therefrom a quantity of breaking down products (fermentation products); their nitrogenous nourishment, on the other hand, is employed principally as building material, so that they do not need to give off any considerable amount of breaking down products. As a rule, no perceptible decomposition of nitrogenous matters takes place at all, unless the bacteria are suffered to continue their vital activity for some length of time, and it can only be occasioned by gradual neutralisation of the acid as it is formed. Cultures in which it is required to study the decomposition of nitrogenous

---

[1]) In this respect, however, there is a very essential difference between true and pseudo lactic acid bacteria, as the latter — at any rate under aerobic conditions — always thrive excellently in sugar-free peptone solutions.

[2]) It is not unlikely that the entire question of vitamins, of which I have recently given a survey in "Naturens Verden" 1917, also has some connection with the enzyme production of the organisms. JACOBY for instance, has shown (Bichem. Zeitschr. 1918, Bd. 86, p. 329) that the formation of urease in bacteria capable of splitting up urea is greatly furthered by the presence of a certain amino-acid, to wit, leucin.

substances must therefore have chalk added, and this is the more necessary, since the proteolytic enzymes of lactic acid bacteria can only exceptionally be active in acid liquids.

Only *Streptococcus liquefaciens*, and some few tetracocci (micrococci and sarcinæ) split up casein in sour milk, but they do so to a far greater degree when the acid is partly or entirely neutralised.

By way of measuring the degree to which the protein decomposition takes place in the milk, we have, as in previous works, determined the quantity of soluble nitrogen (*SN*) and decomposition nitrogen (*DN*) both expressed as % of the total nitrogen present. The former is simply the nitrogen in the filtrate, after the casein, albumin and globulin have been precipitated by boiling with a small quantity of acetic acid. As we work with sterilised milk, however, where the albumin and globulin are already coagulated, the boiling is generally unnecessary, and where the casein has been separated off by the lactic acid fermentation (the casein is precipitated despite the addition of the chalk) it is likewise superfluous to add the acid, so that as a rule, *SN* will mean the nitrogen in the filtrate of the culture. This filtrate is also used for determination of *DN*, by which is understood the nitrogen which is not precipitated by addition of sulphuric acid and phosphotungstic acid in certain definite proportions[1]). As with the determinations of acid content, where we always subtracted the degree of acidity in the control tubes, so also here we subtract the *SN* and *DN* of the original milk (sterilised with chalk). What we want to accertain is, of course, the quantities formed by the bacteria. These quantities may quite well be negative, provided the organisms in question consume more than they give off, and *DN* may also be slightly in excess of *SN*, in cases where any of the original *SN* in the milk has also become broken down. In peptone broth, where all the nitrogen is found in a state of solution, the determination of *SN* will no longer be required; we can, however, on the other hand determine the amount of formol-titratable nitrogen according to S. P. L. Sørensen's method[2]). It will nevertheless be necessary first to distill off the ammonia in the cultures with barium carbonate, and then remove the phosphoric acid with barium chloride and baryta. From the quantity of formol-titratable nitrogen found, we have throughout subtracted the amount of formol-titratable nitrogen in the non-inoculated broth, and by *FN*, therefore, we understand the formol-titratable nitrogen produced by the bacteria. In some cases, we have noted the first stage of the formol titration separately (i. e. prior to addition of formalin, from neutral point of litmus to faint red with phenolphtalein) and calculated the quantity of nitrogen corresponding thereto as a percentage of the total nitrogen content. According to Henriques and Gjaldbæk[3]), this stage will as a rule be the less, the farther the proteins have been decomposed. The figures thus found should then be inversely proportional to *DN*, which is also to some extent found to be the case (See Table X). In conformity with the fact that the true lactic acid bacteria are unable to live on ammonia salts or single amino acids, we find that they are also incapable of splitting up amino acids. They

[1]) 50 cm.^{3} of the milk filtrate + 30 cm.^{3} sulphuric acid of 25 % + 20 cm.^{3} phosphopungstic acid of 10 % are filled up to 250 cm^3 and left to stand for 12 hours before filtration. For determination of nitrogen by Kjeldahl's method, 50 cm.^{3} of the new filtrate is used, answering to 5 cm.^{3} milk.

[2]) Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet 1907, VII, p. 1.

[3]) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1911, Bd. 75, p. 363.

Table X a.

Table No.	Species of bacteria	No.	Milk		Witte peptone broth		
			SN	*DN*	*DN*	*FN*	Stage I in % of formol titration figure
XIV	*Streptococcus lactis*	2	14,1	7,4	10,3	8,7	30
	» »	3	14,6	6,6	9,2	4,0	28
	» »	7	13,9	5,4	14,0	9,2	20
	» »	8	11,7	2,4	11,7	11,8	21
	« »	9	0	÷ 0,9	16,5	15,2	28
	» »	10	5,1	÷ 0,3	16,1	12,3	22
	» »	12	0	÷ 0,6	6,1	5,8	35
	» »	14	0,8	0,5	11,0	8,1	21
XV	» *cremoris*	1	5,0	1,6	14,1	8,5	26
	» »	2	8,5	2,4	7,0	9,0	
	» »	10	11,4	1,8	9,4	6,5	
	» »	15	20,4	8,0	8,2	8,1	33
	» »	18	6,7	0,9	15,2	6,5	
XVI	» *mastitidis*	3	2,8	1,9	7,1	7,8	35
XXIV	» *pyogenes*	2	No growth		33,6	19,2	
XX	» *fœcium*	8	4,1	0,6	15,7	8,3	
	» »	14	4,4	÷ 0,2	22,5	13,0	
XXI	» *glycerinaceus*	2	4,3	÷ 0,6	14,5	14,8	
	» »	3	0,3	0	7,7	8,9	32
	» »	4	3,4	0	19,6	13,3	23
	» »	6	0,8	0,8	7,2	10,9	
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	1	÷ 1,2	÷ 0,4	0,2	0,5	
	» »	5	2,8	0,6	1,0	3,8	45
	» »	9	3,7	1,6	0	2,7	
XXVI	» *bovis*	33	0,5	0,5	0,5	3,1	
	» »	34	12,2	3,2	1,7	1,6	
	» »	36	0	0,9	6,1	4,5	40
XXVII	*Tetracoccus casei*	5	1,3	1,3	13,9	13,9	21
	» »	6	0,5	0,9	29,6	20,3	15
XXVII	» *liquefaciens*	9	75	12	35,6	17,8	
	» »	10	71	16	25,1	19,9	21
	» »	11	71	38	13,7	8,1	
XXVII	» ?	12	48	16	11,8	10,2	25

cannot therefore, form more ammonia than is found as such in the proteins or peptones employed. As they generally only form 0—2% (in cultures from 6—9 months old 6% at the outside) NH_3 from the total amount of nitrogen, the quantity of ammonia formed is not shown in the tables.

Table X shows examples of the decomposition of protein occasioned by lactic acid bacteria. The cultures had, as mentioned, all been treated with chalk, and had been left to stand for a month prior to investigation at 30° (only the culture of *Thermobacterium lactis* at 40°).

Table X b.

Table No.	Species of bacteria	No.	Milk		Witte peptone broth		
			SN	*DN*	*DN*	*FN*	Stage I in % of formol titration figure
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	11	18,8	18,9	34,8	21,1	
XXIX	*Streptobacterium casei*	2	9,9	10,7	15,6	14,9	25
	» »	3	17,1	19,4	15,3	12,3	22
	» »	5	12,8	9,8	21,0	15,2	
	» »	6	13,1	11,7	15,7	12,1	
	» »	7	9,5	8,0	32,4	26,9	20
	» »	10	11,3	14,5	19,0	15,8	
	» »	12	11,2	10,5	16,1	14,2	18
	» »	13	14,8	10,4	29,5	18,5	
	» »	14	9,8	10,2	14,7	12,3	
	» »	16	6,7	8,5	18,6	17,4	20
	» »	18	6,4	7,9	18,9	12,3	19
	» »	19	12,6	15,9	20,0	27,9	19
	» »	22	13,6	17,5	21,7	15,0	
	» »	24	10,7	13,8	14,0	14,1	
	» »	27	7,2	6,7	29,7	23,9	13
	» »	28	14,6	18,6	41,3	29,9	15
	» »	32	22,7	23,5	26,6	21,8	18
	» »	33	18,7	22,0	18,8	14,6	
XXX	» *plantarum*	1	0	0,1	8,0	4,9	30
	» »	5	÷ 0,8	0,5	0,8	2,4	53
	» »	8	÷ 0,3	÷ 1,9	11,4	10,3	27
	» »	11	1,2	1,1	1,9	5,6	
	» »	13	3,9	1,0	8,8	3,5	30
	» »	14	2,9	2,6	8,5	5,6	
	» »	15	1,1	÷ 0,6	3,2	4,7	44
	» «	20	16,3	18,7	31,2	33,9	
	» »	21	15,7	17,3	14,4	16,9	
XXXI	*Betabacterium breve*	3	0,8	÷ 0,5	1,5	1,1	
	» »	5	6,3	0,1	3,2	1,0	
	» »	6	2,4	0,6	2,7	1,8	
	» »	7	5,0	÷ 0,5	7,4	5,1	
	» »	10	÷ 3,8	0,3	2,8	÷ 0,7	
XXXII	*Microbacterium lacticum*	3	20,0	5,6	11,0	15,7	
XXXII	» *flavum*	8	0	0	8,7	4,2	

Only the gelatin-liquefying species — such as the tetracocci noted in the tables — show any strong solution of casein. *Tetracoccus liquefaciens* No. 11 even forms considerably more *DN* from casein than from Witte peptone, whereas most of the other strains find it easier to break down peptone than the proteins of milk. The casein splitting cocci always form more *SN* than *DN*; the thermobacteria and streptobacteria on the other hand, if capable of splitting up casein, form as much *SN* as *DN*. As it is chiefly monoamino-

acids which are not precipitated by phosphotungstic acid, it is thus likely that the rod forms in question simply peel off the monoamino acids from the casein molecules. That this really is so, we have shown in the case of a single thermobacterium (*Tbm. helveticum*), as the nitrogenous components not precipitated with phosphotungstic acid could not be further split up by boiling with hydrochloric acid. As they showed the same formol titration figure before and after boiling, they must consist of free amino acids. It is somewhat different with the nitrogenous decomposition products, formed by lactic acid bacteria from WITTE peptone; they must evidently contain a quantity of complex compounds (polypeptides) not precipitated by phosphotungstic acid, as otherwise, *DN* could not in the great majority of cases be greater than *FN*.

Disregarding the few species capable of liquefying gelatin, the proteolysis produced by lactic acid bacteria is most active in old cultures with many dead cells. There is no doubt that the hydrolysis of proteins — like that of the sugars — is due to endoenzymes, and does not therefore spread in the nutritive substrate until the cells have become weakened, or even autolysed. It is the proteolytic enzymes of the lactic acid bacteria which occasion the ripening of cheese, and this process only reaches distinct development long after the sugar in the cheese has been fermented, when the lactic acid bacteria have ceased their activity, being either dead, or in a latent state. The fact that lactic acid bacteria only decompose proteins to amino acids, but do not decompose the latter any further, makes the maturing of cheese equal to the process of digestion, and not to that of putrefaction, which is particularly characterised by a breaking down of amino acids.

We need not here go into the proteolytic qualities of the different species. They are least developed in the betacocci and betabacteria, but even among the betacocci, we may find a few strains, isolated from milk and dairy produce, able to split up casein to a perceptible degree. On the other hand, casein-splitting cocci may, when they have not for some time been cultivated in milk, lose their power of utilising casein as nitrogenous nourishment, and thus often the power to grow in milk at all, even where they are otherwise able to ferment milk sugar. The bacteria have, as mentioned, their own power of gradual adaptation to a new nitrogenous food, and great caution should therefore be observed in taking their proteolytic qualities as species character.

Relation to Common Salt. In order to be perfectly sure as to the most favourable conditions of nourishment for a bacterium, it is necessary not only to know how they behave with the various carbon and nitrogen sources, but also with different nutritive salts. We have, however, already referred to the attitude of lactic acid bacteria towards the most important one of these, viz. potassium phosphate, and will here restrict ourselves to a brief mention of sodium chloride, not because this salt is necessary to their development, but because lactic acid bacteria are often found in substrates such as cheese, sour cabbage, not to speak of anchovy pickle, in which common salt is abundant.

Table XI a and b shows the effect produced by greater or smaller quantities of sodium chloride upon the formation of acid. The casein peptone broth employed, which according

Table XI a.

Table No.	Species of bacteria	No.	Casein peptone broth with 2 % dextrose and % sodium chloride				
			0,5	2,5	5,5	10,5	15,5
XIV	*Streptococcus lactis*	3	4,3	4,2	1,6	0	0
	» »	8	4,9	3,8	1,3	0	0
	» »	13	4,1	3,6	0,9	0	0
	» »	16	4,3	4,6	1,1	0	0
XXIII	» ?	1	4,3	4,0	4,0	0	0
	» »	5	5,1	4,5	1,7	0	0
	» »	7	4,2	3,7	1,5	0	0
	» »	8	4,2	4,4	3,2	0	0
XX	» *fœcium*	6	5,3	5,6	3,5	0	0
	» »	8	4,2	4,6	4,0	0	0
	» »	12	5,1	4,7	3,4	0	0
	» »	14	3,5	5,1	2,9	0	0
	» »	17	4,7	5,3	2,8	0	0
	» »	18	6,2	6,1	4,1	0,1	0
XXIV	» *pyogenes*	10	5,1	5,3	3,5	0	0
	» »	3	1,6	1,5	0	0	0
	» »	7	3,5	2,8	0	0	0
	» »	9	2,7	2,2	0,6	0	0
XVI	» *mastitidis*	2	2,5	2,0	0,4	0	0
XV	» *cremoris*	18	5,0	3,6	0	0	0
	» »	20	4,5	3,8	0,8	0	0
XVII	» *thermophilus*	2	4,6	3,3	0	0	0
XVIII	» *bovis*	1	3,2	1,6	0	0	0
XIX	» *inulinaceus*	6	3,6	1,8	0	0	0
XXI	» *glycerinaceus*	1	4,5	4,4	3,1	0,7	0
	» »	3	4,4	4,4	3,3	0,7	0
	» »	6	4,3	4,4	3,1	0,7	0
XXII	» *liquefaciens*	1	4,5	4,2	2,8	0,5	0
	» »	5	4,5	4,0	3,1	0,5	0
XXV	*Betacoccus arabinosaceus*	1	3,4	2,8	1,3	0	0
	» »	11	4,5	4,0	2,5	0	0
	» »	12	4,5	4,2	2,8	0	0
	» »	20	4,6	4,5	3,5	0	0
XXVI	» *bovis*	29	2,9	2,5	1,3	0	0
	» »	34	3,8	3,7	0,5	0	0
	» »	46	3,8	2,0	0	0	0

to the manner of preparation contained ½% *NaCl*, was given a further quantity of 2, 5, 10 and 15% respectively of KAHLBAUM's purest sodium chloride. As will be seen, only a very few of our bacteria are affected by the presence of 2.5% salt. Only *Sc. cremoris*, *Sc. thermophilus*, *Sc. bovis*, and *Sc. inulinaceus* are somewhat retarded in their development thereby. On the other hand, *Sc. faecium*, certain tetracocci (Nos. 1 and 3) and streptobacteria (*Sbm. casei* Nos. 32 and 34 and *Sbm. plantarum* No. 3) grow better with 2.5% than with only ½% common salt. We find, however, that 5.5% salt is more or less harmful

Table XIb.

Table No.	Species of bacteria	No.	Casein peptone broth with 2 % dextrose and % sodium chloride				
			0,5	2,5	5,5	10,5	15,5
XXVII	*Tetracoccus ?*	1	2,7	3,6	3,6	2,9	1,8
	» »	3	2,9	3,2	2,9	2,3	1,6
	» »	15	2,3	2,3	2,3	1,6	0,9
	» »	23	3,2	2,8	2,7	2,2	1,1
	« *pyogenes aureus*	13	3,1	2.7	2,5	1,8	0,7
	» » *albus*	29	2,5	2,7	2,5	1,8	0,7
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	11	3,2	0,4	0,2	0,2	0
XXIX	*Streptobacterium casei*	11	10,0	8,3	1,1	0	0
	» »	13	6,7	6,4	0	0	0
	» »	32	6,8	7,3	5,4	0	0
	» »	34	9,5	11,3	4,1	0	0
XXX	» *plantarum*	3	6,0	7,2	6,0	0	0
	» »	6	6,4	5,2	3,2	0	0
	» «	8	7,7	5,6	5,5	0	0
	» »	13	8,1	6,1	4,2	0	0
	» »	14	7,4	6,5	4,2	0	0
	» »	20	8,5	6,9	6,3	0	0
	» «	30	9,2	5,0	4,4	0	0
	» »	32	9,5	8,2	4,5	0	0
	» »	44	5,4	4,5	3,4	0	0
XXXI	*Betabacterium breve*	3	4,9	3,4	0	0	0
	» »	10	7,9	5,2	0	0	0
	» »	19	5,0	4,4	0	0	0
XXXI	» *longum*	32	2,6	2,2	0	0	0
XXXII	*Microbacterium lacticum*	3	2,5	2,5	0,1	0	0
	» »	6	2,7	2,7	0,1	0	0
XXXII	» *mesentericum*	7	1,9	1,7	0,4	0	0
XXXII	» *flavum*	8	4,6	5,4	4,5	2,2	0
	» »	9	6,8	5,1	3,3	0,7	0

to all lactic acid bacteria, and 10.5% salt stops the growth of most of them. An exception is formed by the tetracocci (micrococci and sarcinæ) which can as a rule stand 15.5% of salt. The good bacteria found in herring pickle[1]) are also chiefly tetracocci. *Tc.* No. 1, for instance, is from an anchovy pickle containing 15% *NaCl*. Possibly it may be the special shape of the tetracocci which makes them better able than other bacteria to stand the heavy osmotic pressure of strong salt solutions. *Bc. bovis* No. 46 however, is also a pronounced micrococcus, though it is not therefore able to endure greater quantities of salt.

[1]) The bacteria which render herrings rancid are, according to investigations which we have carried out for "A/S Dansk Fiskekonservering" liquefying rod forms.

IV. Attitude toward Different Temperatures.

Important characteristic feature in a bacterium are the minimal, optimal and maximal temperatures for its vital activity, and the death temperature.

The Minimal, Optimal and Maximal Temperatures for Vital Activity are determined simultaneously, by sowing the bacterium in a series of tubes with a good nutritive substrate, and placing them under observation at different temperatures. For the higher temperatures, thermostats with water jacket were employed; these could, thanks to the great heating capacity of the water, be regulated very accurately. For temperatures lower than that of the room, we used a *Panum's* thermostat, heated with gas to 20° at one end, and cooled with ice at the other. Unfortunately, the temperature in the different compartments varied from 1°—2°, according to the quantity of ice in the receptacle. All our strains were tested first at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50 degrees, and thereafter at certain intermediate temperatures if required, in order to determine the minimal and maximal temperatures more closely. Immediately after inoculation, the tubes must be heated in a water bath to the testing temperature, if this is over 40°, otherwise, some growth may take place before the air in the thermostat has communicated its temperature to the content of the tubes. At temperatures over 20°, the tubes were left to stand as usual for 14 days before titration; at 20° and under, on the other hand, they were left to stand for a month, as experience had shown that the maximum of acid is generally only reached after that time. When we are fortunate enough to strike the minimal or maximal temperature exactly, it will be possible to observe growth without acid formation, a state of things which is noted in Table XII by +.

It should be pointed out that the optimal temperature for growth of lactic acid bacteria cannot be determined by acid titration alone[1]), but only by daily observation, and where necessary by microscopic examination of the contents of the tubes. For the temperature at which the greatest quantity of acid is formed can lie somewhat below the temperature at which liveliest growth takes place, owing to the fact that the acid is more destructive in its effects at the higher than at the lower temperature. This was very distinctly seen in the case of *Sc. thermophilus* and the thermobacteria, which quite indisputably showed most rapid growth at 40°, but formed most acid at 30° and 35° respectively. And what is here said of the acid formation, applies in an even higher degree to the proteolytic action. I have previously shown that *Tetracoccus liquefaciens* (= *Micrococcus casei liquefaciens*)[2]) which grows most rapidly, and also ferments most sugar, at 30°, exhibits the strongest proteolysis at 20°, and Barthel has shown that streptococci[3]) whose optimal temperature is likewise about 30° can in the long run split up the casein in the milk most powerfully at indoor temperature. This question, however, is a more complicated one than that of the acid formation, since, as mentioned, the proteolysis occasioned by the lactic acid bacteria in the surrounding substrate is a pure enzyme action, which does not run parallel with the vital activity of the cells.

---

[1]) It can even less be determined — as many writers have done — by the time required for curdling milk, since milk will curdle with smaller quantities of acid as the temperature is increased.

[2]) l. c. 1904, p. 32.

[3]) Meddelande Nr. 97 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet 1914.

Table XII a.

Table No.	Species of bacteria	No.	Source of nitrogen	3°	5°—6°	7°—9°	9°—11°	11½°—14°	14°—16°	16°—18°	19°—21°	25°	30°	35°	37½°	40°	42½°	45°	47½°	50°	52½°
XIV	*Streptococcus lactis*	4	W		0		2,5		2,7		3,2	4,0	4,1	3,2	2,5	0		0		0	
	» »	6	»		0	0	2,7		3,2		3,4	3,6	3,6	3,2		0,5	0	0		0	
	» »	7	»		0	0,9	2,3		3,2		3,5	3,5	3,4	2,8	2,5	0		0		0	
	» »	8	»	0	1,1		2,9		3,2		3,8	3,8	3,5	2,9		1,1	0	0		0	
	» »	9	»		0	+	2,3		2,9		3,8	3,8	3,6	2,9		1,8	0	0		0	
	» »	12	»		0	0,5	2,7		3,4		3,4	3,5	3,5	2,9		0,5	0	0		0	
	» »	14	»		0	0	2,5		3,2		3,6	3,6	3,6	3,4		1,6		0,2	0	0	
	» »	16	»		0	0	2,7		2,7		3,2	3,2	3,2	3,2		2,3	1,6	0		0	
	» »	17	»		0	0	2,3		3,9		3,4	3,8	3,8	3,4	3,2	0		0		0	
XX	» *fœcium*	7	M[1])			0		0,7			2,5		4,1			3,8		1,4		1,1	0
	» »	8	W		0,2		2,5		2,9		3,6	3,6	3,6	2,7		2,7		2,7		1,8	0
	» »	14	»		0,5		1,8		2,5		3,3	3,5	3,5	3,3		2,3		2,0		0,2	0
	» »	17	»		0		2,7		3,3		4,3	5,6	5,6	4,7		2,9		2,9	0,8	0	
	» »	18	»		0,5		3,4		3,8		4,7	5,5	5,2	4,7		3,1		2,2	2,2	0	
XXIV	» *pyogenes*	10	C					5,9			7,7		8,8			7,9		6,8		5,6	
XXIII	» ?	7	W		0		2,5		2,6		2,9	3,7	3,7	3,2	2,8			1,6	0	0	
XIX	» *inulinaceus*	5	C		1,6		4,3		4,7		4,7		4,7			0,9		0,5	0	0	
XVIII	» *bovis*	1	M		0		0		0		0	1,1	2,7	3,4		0		0		0	
	» »	5	»		0		0		0		0	3,4	5,2	5,4		0,5		0		0	
XXI	» *glycerinaceus*	1	W		0	0	1,8		2,7		3,2	3,3	3,6	3,1		2,5		1,6	0	0	
	» »	2	»		0	0	1,8		2,9		3,2	3,2	3,4	3,2		2,5		1,6	0	0	
	» »	3	»		0		1,8		2,5		3,4	3,7	3,8	3,2		2,7		2,5	2,0	0	
	» »	4	»		0	0	2,3		2,7		3,4	3,4	3,8	3,6		3,2		2,2	1,6	0	
	» »	6	»		0	0	1,6		2,3		3,0	3,3	3,5	2,9		2,4		2,2		0,2	0
XXII	» *liquefaciens*	1	»		0	0	2,3		2,8		3,4	3,4	4,2	4,0		2,3		1,4	0,9	0	
	» »	3	»		0	0	2,3		2,8		3,8	4,1	4,5	3,6		3,2		3,1		0,1	0
XVII	» *thermophilus*	2	M		0		0		0		1,6		7,7	7,5		7,2		1,1		0,5	0
XXIV	» *pyogenes*	4	C		0		0		0		2,7		3,8			0,5		0		0	
	» »	9	»		0		0		0		4,5		5,2			2,7		0		0	
XVI	» *mastitidis*	2	W		0		0		0		1,4	2,6	3,4	2,6	2,6	+		0		0	
	» »	3	»		0		0		0		0,9	3,3	3,4	2,9	1,6	0		0		0	
XV	» *cremoris*	1	»		0	0	0,7		1,4		1,8	2,2	2,2	1,8	0	0		0		0	
	» »	2	»		0	0	0,5		2,3		2,5	2,9	2,9	2,6	2,3	0		0		0	
	» »	11	»		0	0	0,2		2,7		3,2	2,9	2,6	1,4	0	0		0		0	
	» »	18	»		0	0	2,0		2,5		3,3	3,6	3,6	2,5	0	0		0		0	
	» »	19	M	0	0,5		6,8		7,2		7,2	6,8	6,5	5,2	1,6	0		0		0	
	» »	21	»	+	0,9		6,3		6,5		7,2	7,0	6,5	5,4	0	0		0		0	

As it is hardly likely that the optimal temperature for the proteolytic enzymes should lie lower than that of the bacteria themselves[2]), the explanation must simply be that these enzymes are better preserved at a somewhat lower temperature.

[1]) M = milk.

[2]) It is very common, on the other hand, to find that the optimal temperature for the enzymes both of microorganisms and plants lies far above the optimal temperature for vital action of the organisms in question, which merely shows that these enzymes are particularly resistant to the effect of heating, since all enzyme action increases, in reality, with the temperature.

Table XII b.

Table No.	Species of bacteria	No.	Source of nitrogen	3°	5°—6°	7°—9°	9°—11°	11 03°—14°	14°—16°	16°—18°	19°—21°	25°	30°	35°	37½°	40°	42½°	45°	47½°	50°	52½°
XXV	*Betacoccus arabinosaceus* ...	1	W		0		0		0,2		1,3	1,7	2,3	1,6		0,7		0,5	0	0	
	» » ...	4	»	+	0,7		2,0		2,2		1,9	1,8	1,8	0,6	0	0		0		0	
	» » ...	5	»	+	1,5		1,6		2,0		2,7	2,0	2,0	1,4	0,1	0		0		0	
	» » ...	6	»	0	0,9		2,0		2,3		2,6	2,3	2,3	1,6	0,7	0		0		0	
	» » ...	8	»	0	0,5		2,0		2,3		2,5	2,4	2,0	0,9	0,7	0		0		0	
	» » ...	9	»	0	0,2		2,0		2,5		2,6	2,3	2,3	1,1	0,9	0		0		0	
XXVI	» *bovis*	33	»		0		0,2		0,7		1,7	1,6	1,6	0,7	0,1	0		0		0	
	» »	35	»		0	0,5	1,4		1,8		2,5	2,5	2,1	1,1	0	0		0		0	
	» »	37	»	+	1,1		1,4		2,0		2,3	2,0	1,8	0,9	0	0		0		0	
	» »	40	»		0	+	2,5		2,9		2,9	2,9	2,5	2,0	+	0		0		0	
	» »	42	»		0	+	1,1		1,8		1,8	1,9	1,6	0,4	0	0		0		0	
XXVII	*Tetracoccus casei*	5	»		0		+		0,2		1,6	1,9	2,0	1,6		0,1		0		0	
	» »	6	»		0		+		0,6		1,7	2,3	2 3	1,8	1,4	0		0		0	
	» »	7	»		0		+		0,7		1,6	1,9	2,0	1,6		0,1		0		0	
XXVII	» *liquefaciens*	11	»		0		+		0,7		1,8	1,8	1,9	1,8	0,2	0		0		0	
XXVII	» ?	12	»		0		0	+	0,5		1,4	1,6	2,2	2,0		1,8	1,8	0		0	
	» »	25	»		0		+	0,6	0,7		0,7	0,9	1,4	0,7	0	0		0		0	
XXVII	» *mycodermatus* ..	31	»		0		0,5		0,5		1,1	1,4	1,5	1,3	1,1	0		0		0	
XXVIII	*Thermobacterium lactis*	6	M		0		0		0		0	11,5	13,1	12,6		10,1		9,7		0,5	0
	» »	7	»		0		0		0		0		7,0			11,5		10,8		9,9	0
	» »	8	»		0		0		0		5,4		9,7			11,7		11,7		11,3	0
XXVIII	» *helveticum*	12	»		0		0		0		0	16,0	27,4	28,1		21,6		19,1		7,9	0
XXVIII	» *bulgaricum*	14	»		0		0		0		0	10,6	14,2	13,3		12,6		10,8		10,4	2,5
XXXI	*Betabacterium breve*	3	W		0		0		0,2		1,5	3,4	3,8	3,6	3,5	0		0		0	
	» »	4	»		0		0		0,5		1,1	2,6	3,6	3,4	3,3	0		0		0	
	» »	5	»		0		0		+		0,7	0,7	3,4	2,2	0,5	0		0		0	
	» »	6	»		0		0		0,2		0,7	2,3	3,2	3,2	0,6	0		0		0	
	» »	7	»		0		0		0,2		0,5	2,7	3,6	3,1	1,6	0		0		0	
	» »	10	»		0		0		0,2		0,8	0,9	1,5	2,3	1,5	0		0		0	
XXXII	*Microbacterium lacticum* ...	2	» [1]		0		0,2		1,4		1,6	1,9	1,1	0		0		0		0	
	» » ...	3	»		0		+		0,6		1,4	1,9	2,0	0,7	0	0		0		0	
	» " ...	6	»		0		0		+		1,4	1,9	2,3	1,8	0	0		0		0	
XXXII	» *flavum*	8	» [1]		0		0		+		0,2	1,9	2,0	0,7	0	0		0		0	
	» "	9	»		0		0		+		0,5	1,1	1,4	0,8	0	0		0		0	

In our earliest experiments with regard to influence of temperature upon the vital activity of lactic acid bacteria, where we were still unacquainted with the better sources of nitrogen, we employed exclusively WITTE peptone (W), or, where this proved altogether unsuitable, milk (M). In the later experiments, on the other hand, we used as a rule casein peptone (C). As, however, our first experiments included more intermediate temperatures

[1]) Later experiments with casein peptone as source of nitrogen did not change the minimum and maximum temperature.

Table XII c.

Table No.	Species of bacteria	No.	Source of nitrogen	3°	5°—6°	7°—9°	9°—11°	11½°—14°	14°—16°	16°—18°	19°—21°	25°	30°	35°	37½°	40°	42½°	45°	47½°	50°	52½°
XXIX	*Streptobacterium casei*	2	W		0		0		0		0,5	3,2	4,3	3,4	2,0	0		0		0	
	» »	4	»		0		0	0,5	0,5		2,3	5,4	5,4	4,5		0,7		0,2	0	0	
	» »	5	»		0		0,2		1,4		3,2	5,4	5,9	5,9	3,6	0		0		0	
	» »	9	»		0		0,2		0,9		3,4	4,5	6,8	6,8	3,2	0		0		0	
	» »	10	»		0		0,5		0,5		2,5	3,6	5,6	5,4	1,1	0		0		0	
	» »	11	»		0		0		+		2,7	5,5	6,4	5,8		3,1		0,4	0	0	
	» »	16	»		0		0,1		1,1		2,7	3,8	5,4	4,5		0,1	0	0		0	
	» »	17	»		0		0		0,5		2,9	4,0	5,6	5,6	5,2	0		0		0	
	» »	22	»		0		0,1		0,5		2,9	5,4	5,6	3,8	3,4	0		0		0	
	» »	24	»		0		0,1		0,9		3,4	4,1	5,0	4,7	3,6	0		0		0	
	» »	28	»		0		0,2		1,1		4,0	5,1	5,6	5,6		1,1	0	0		0	
	» »	32	»		0		0	+	0,7		2,6	5,6	8,1	7,4		4,3		3,2	0	0	
	» »	34	»		0		0		0,4		2,5	5,1	8,1	7,4		5,6		5,0	0	0	
XXX	» *plantarum*	1	»		0		0	0,2	0,5		2,3	5,6	6,1	4,7	1,1	0		0		0	
	» »	5	»		0		0		0,2		1,6	2,3	3,4	1,7	0,5	0		0		0	
	» »	7	»		0		0		0,2		5,9	8,2	7,3	6,1	3,6	0		0		0	
	» »	8	»		0		0,2		1,6		5,2	5,4	5,8	5,0	4,2	0		0		0	
	» »	10	»		0		0		+		1,8	5,9	5,9	3,6	2,3	0		0		0	
	» »	11	»		0		0		+		1,4	5,6	4,2	3,8	2,2	0		0		0	
	» »	12	»		0		0		0,2		1,7	6,1	6,1	1,8	1,6	0		0		0	
	» »	13	»		0		0	0,2	0,7		3,2	7,0	7,4	2,4		0,1	0	0		0	
	» »	14	»		0		0		+		1,1	5,9	5,6	4,7	1,9	0		0		0	
	» »	15	»		0		0		+	1,6	2,2	3,2	3,4	1,8	0,6	0		0		0	
	» »	20	»		0		0,4		1,4		3,2	3,7	5,6	5,4		1,8	0	0		0	
	» »	21	»		0		0	0,5	0,5		2,3	5,6	6,1	5,8	4,7	0		0		0	
	Bacterium coli A	1	»		0		2,0		2,0		2,3	2,5	2,7	2,5		2,2		2,0		0,2	0
	» » »	2	»		0		0,9		2,0		2,3	2,7	2,7	2,5		2,5		2,4	0	0	
	» » »	3	»		0		1,0		1,4		1,6	2,5	2,5	2,5		2,2		2,0	0	0	
	» » B	4	»		0		1,4		1,8		2,3	2,3	2,6	2,3		2,4		2,3	0,5	0	
	» *paracoli*	5	»		0		0		1,6		2,4	2,5	2,5	2,0		1,9		1,8	0	0	
	» *paratyphi*	6	»		0		1,0		1,6		2,3	2,5	2,5	2,3		2,0		1,8	0	0	
	» *aerogenes*	1	»		0,9		1,9		2,7		2,7	2,7	2,7	1,6		0,7		0,6	0	0	
	» »	2	»		0		0		1,8		2,3	2,7	2,7	2,3		1,7		1,6	0,5	0	
	» »	3	»		0		1,7		1,8		2,9	2,6	2,3	1,6		1,5		1,4	0	0	
	» »	4	»		0		0		1,8		2,0	2,6	2,7	1,8		1,6		1,5	0	0	

than those after tests made later on, Table XII refers chiefly to the first experiments. The source of energy employed in the broth was always 2% grape sugar, and the figures given are as usual for the quantity of acid formed expressed in ‰.

It was found that the optimal temperature was independent of the source of nitrogen, whereas the upper, and particularly the lower limit for vital activity may be somewhat altered by improving the source of nitrogen. With casein peptone as source of nitrogen, for instance, we succeeded in get-

ting the great majority of the streptobacteria to form appreciable quantities of acid at 10°, despite the fact that the growth at this temperature is as a rule not perceptible until after the lapse of 14 days. The maximal and minimal temperatures of the bacteria are affected far more by the vitality of the bacteria themselves than by conditions of nourishment, and weakened strains therefore exhibit much steeper temperature curves than those whose vitality is unimpaired.

Even though the attitude of the bacteria towards different temperatures may not be altogether constant, there is nevertheless hardly any other quality which better characterises the various species. It will be seen from Table XII a, b and c that *Sc. fæcium* and the thermobacteria thrive well at 47½—50°; some thermobacteria, indeed, at over 50°; that *Sc. glycerinaceus*, *Sc. liquefaciens*, and *Sc. thermophilus* as well as the coli and aerogenes bacteria grow well at 45°, that *Sc. bovis* and the thermobacteria as a rule do not grow at ordinary indoor temperature, and that a few strains of *Sc. cremoris* and of the betacocci can grow already at 3°.

As regards the optimal temperature, this lies, as already mentioned, in the case of *Sc. thermophilus* and the thermobacteria, at 40° or even a little higher; the same applies to *Betabacterium longum* (not shown in Table XII); for most pathogenic streptococci it is 35°—37°, whereas for all other lactic acid bacteria it is 30° or even lower. This last point cannot be too much emphasised, as many bacteriologists erroneously believe the optimal temperature of lactic acid bacteria to lie generally somewhere about blood heat, a temperature which on the contrary is detrimental to most of them. And in the fermentation test which is so important for the cheese maker, milk is placed just at this very critical temperature in order to determine whether good forms (i. e. true lactic acid bacteria) or bad (i. e. the pseudo lactic acid bacteria) predominate therein. For at low temperatures, the good bacteria, and at high temperatures the bad ones will too easily be able to get the upper hand (we have seen that the coli and aerogenes bacteria thrive well right up to 45°), even though they may by no means have been in the majority to begin with. The employment of different temperatures leads altogether to very active enrichment methods. Thus if milk be placed to stand at 45°—50°, then at first, *Sc. fæcium* and *Sc. thermophilus*, more rarely *Sc. glycerinaceus* will gain the mastery, to be subjugated later by the thermobacteria, which are far more powerful acid formers.

The Death Temperature. In order to determine the highest temperature to which a bacterium can be subjected without perishing, the capillary tube method is generally employed. It consists in drawing up a little broth culture of the particular bacterium into a series of capillary tubes, which are then fused up at the ends, and heated for a longer or shorter time in a water bath to different temperatures. Where the contents of the tubes exhibit no growth when sown out in a good nutritive substrate, the bacteria will have been killed.

This method is subject to two sources of error. In the first place, we work with highly varying hydrogen ion concentration, according as more or less powerful acid formers — or possibly alkali formers — are being treated. And it is well known that the effect of heating upon the bacteria is greatly augmented the more the surrounding

liquid diverges from the neutral point. In the second place, there is really no sharply marked limit at all which can be designated as the maximal temperature for the life of a bacterium, but experience has shown that most of the cells are killed off at a far lower temperature than is required to overcome the most resistant of the cells[1]). It is therefore impossible to obtain a thorough insight into the question without investigating what takes place at each of the temperatures tried.

In order to obtain accurate results, it will be necessary first of all to dilute the starting material before heating, to such a degree that its own concentration of hydrogen ions cannot produce any effect; secondly, to note the number of the cells sown out which survive the different temperatures. Both can easily be done by sowing out a couple of drops of the culture to be tested in agar tubes, and heating in the same. The surviving germs will grow out into colonies in the usual way, and can then be counted. We used BURRI tubes for this purpose, with a deep layer of casein peptone dextrose agar. It will of course be necessary to see that the agar has, prior to sowing out, reached the temperature of the water bath, and the germs must be distributed by rolling the tube to and fro in a vertical position, so that they do not settle higher in the tubes than the level of the water outside. When the heating is completed, the germs are thoroughly distributed by reversing the tube once or twice; the tube is then cooled as rapidly as possible, in cold water. When dealing with aerobic organisms — such as for instance the tetracocci — the agar is poured off into a petri dish after heating.

Table XIII a and b shows the results obtained with some of our strains after heating for a quarter of an hour to 60°, 65°, 70°, 75°, 80° and 85° degrees. A temperature of 60° suffices to kill off the pathogenic species such as *Sc. mastitidis* and *Sc. pyogenes*. *Sc. pyogenes* No. 10 is an exception; this bacterium is, however, as we shall see later on, not a true *Sc. pyogenes*, but a pathogenic variety of *Sc. fæcium*. At 65°, the betacocci are killed, and at 70°, the commonest lactic acid bacteria of milk, *Sc. lactis* and *Sc. cremoris*. Most of the cells of these will, however, have perished already at lower temperatures. Taking for instance *Sc. lactis* No. 2, we find from the table that only $^1/_{100}$ % of its cells have been able to endure heating to 60°. A greater power of resistance is exhibited by the remaining lactic acid bacteria, of which some few cells can stand heating to 70°—75°. The most resistant species is *Microbacterium lacticum*, which is not always killed off entirely even at 85°. In milk pasteurised at low temperatures, therefore, we encounter chiefly this and *Sc. thermophilus*[2]), besides certain tetracocci (micrococci); somewhat less frequently *Sc. fæcium* and *Sc. glycerinaceus*. Even though these streptococci only exceptionally survive heating to 75°, they have yet comparatively many cells which can stand 65°, and in practice, it is of far greater importance how the majority of the cells behave than what the most resistant individuals can stand, as these few cells will in any case be unable to make their influence felt in the natural competition.

---

[1]) And even here we are not dealing with spore-formers, where the question is far more complicated.

[2]) In true low-pasteurised milk (heated only to 63°) *Mcm. lacticum* is, however, rare, at it is here unable to compete with the heat-resisting cocci. In milk heated to a somewhat higher temperature, on the other hand, we may find it almost as a pure culture.

Table XIII a.

Table No.	Species of bacteria	No.	Millions of bacteria pr. cm.³ in the not heated culture	Amount of bacteria pr. cm³ after 1/4 hour's heating to:					
				60°	65°	70°	75°	80°	85°
XVII	*Streptococcus thermophilus*	2	40	abundant	abundant	abundant	40	0	0
	» »	5	12	»	»	100	0	0	0
XX	» *fæcium*	6	46	»	»	2500	0	0	0
	» »	7	100	»	»	10000	40	0	0
	» »	8	50	»	30000	60	0	0	0
	» »	12	133	»	abundant	340	80	0	0
	» »	14	55	»	28000	1800	0	0	0
	» »	17	50	»	40000	5000	0	0	0
	» »	18	160	»	39000	11700	0	0	0
XXIV	» *pyogenes*	10	40	»	abundant	20	0	0	0
XXI	» *glycerinaceus*	1	not counted	»	»	1000	20	0	0
	» »	2	»	»	less than at 60°	400	0	0	0
	» »	4	50	»	20000	0	0	0	0
	» »	5	66	»	7500	740	200	0	0
	» »	6	27	»	15000	0	0	0	0
XXII	» *liquefaciens*	1	112	»	3000	0	0	0	0
	» »	5	20	»	less than at 60°	360	0	0	0
XIV	» *lactis*	2	90	9000	200	0	0	0	0
	» »	3	160	200	0	0	0	0	0
	» »	7	40	2400	120	0	0	0	0
	» »	9	100	9000	200	0	0	0	0
	» »	12	150	0	0	0	0	0	0
	» »	16	70	500	60	0	0	0	0
	» »	17	64	2000	20	0	0	0	0
XV	» *cremoris*	1	14	20000	200	0	0	0	0
	» »	2	36	2500	1200	0	0	0	0
	» »	11	16	2000	0	0	0	0	0
	» »	18	8	800	20	0	0	0	0
	» »	19	18	900	0	0	0	0	0
	» »	20	2	2000	2000	0	0	0	0
XVI	» *mastitidis*	1	98	0	0	0	0	0	0
	» »	2	2,5	0	0	0	0	0	0
XXIV	» *pyogenes*	3	22	0	0	0	0	0	0
	» »	6	1,5	0	0	0	0	0	0
	» »	8	40	0	0	0	0	0	0

As a rule, those lactic acid bacteria which grow at the highest temperatures can also stand the highest degree of heating[1]).

[1]) An exception is apparently formed by the highly heat-resisting *Mbm. lacticum*, which according to Table XII, does not grow at over 35°. As a fæces bacterium, however, it must in a state of nature be able to grow at any rate at blood heat, and the result of our experiment must thus doubtless be due to the fact that the sources of nitrogen employed did not altogether satisfy this bacterium, which is very particular in this respect.

Table XIII b.

Table No.	Species of bacteria	No.	Millions of bacteria pr. cm.³ in the not heated culture	Amount of bacteria pr. cm³ after 1/4 hour's heating to:					
				60°	65°	70°	75°	80°	85°
XXV	*Betacoccus arabinosaceus* ...	8	105	6000	0	0	0	0	0
	» » ...	11	100	6000	0	0	0	0	0
	» » ...	12	140	200	0	0	0	0	0
XXVI	» *bovis*	33	120	0	0	0	0	0	0
	» »	42	100	5000	0	0	0	0	0
XXVII	*Tetracoccus casei*.....	5	not counted	abundant	abundant	60	0	0	0
	» »	6	»	»	»	900	200	0	0
	» »	7	»	»	»	less than at 65°	1700	0	0
XXVII	» *liquefaciens*.....	9	1	»	80	0	0	0	0
	» »	11	6	»	800	360	0	0	0
XXVII	» *mycodermatus*...	31	6,5	»	40	20	0	0	0
XXXII	*Microbacterium lacticum*...	3	31	»	abundant	abundant	abundant	20	0
	» »	4	64	»	»	»	»	1200	0
	» » ...	5	23	»	»	»	»	less than at 75°	20
	» »	6	70	»	»	»	710	200	0
XXXII	» *mesentericum*	7	0,5	»	1400	0	0	0	0
XXXII	» *flavum*.....	8	1,6	»	abundant	17000	20	0	0
	» »	9	0,5	»	»	20000	5000	0	0
XXIX	*Streptobacterium casei*.....	2	58	»	600	60	0	0	0
	» »	4	40	»	abundant	80	0	0	0
	» »	8	15	»	160	180	0	0	0
	» »	11	21	»	abundant	300	0	0	0
	» »	13	20	»	0	0	0	0	0
	» »	23	21	»	5200	0	0	0	0
	» »	24	58	»	40	0	0	0	0
	» »	34	47	»	0	0	0	0	0
XXX	» *plantarum*	5	8	»	100	200	0	0	0
	» »	6	10	»	200	120	0	0	0
	» »	14	8	320	0	0	0	0	0
	» »	30	16	240	0	0	0	0	0
XXXI	*Betabacterium breve*.....	3	10	abundant	abundant	140	0	0	0
	» »	6	not counted	»	120	80	9	0	0
	» »	10	18	»	1500	300	0	0	0
XXXI	» *longum*.....	32	15	»	680	660	0	0	0

V. Other important Features.

The expert in fermentation physiology should, in the identification of micro-organisms, lay most stress upon the phenomena of fermentation; the medical bacteriologist, on the other hand, will attach more importance to questions of agglutination and immunity. The latter are of but slight interest to us here, but an investigation into the agglutination of the lactic acid bacteria would doubtless in many cases have supported the results of our research. BARTHEL, for instance, has succeeded in showing, with regard to the thermobacteria, that the species established by us, *Tbm. lactis*, *Tbm. helveticum* and *Tbm. bul-*

garicum, have each its own manner of agglutination[1]). We were unfortunately debarred from making experiments in this direction, as our laboratory is not equipped for experimental work with animals, and with the great quantity of strains here concerned, it was likewise impossible to carry out the work as guests at any other laboratory. The results obtained by such agglutination experiments are, however, not always of the same interest from the systematic point of view, since, as will appear from M. CHRISTIANSEN's work on the bacteria of the typhus-coli group[2]) the character of the agglutination need not always cover definite morphological, cultural or biological qualities. And this agrees excellently with the fact that, as we have mentioned, the bacteria are able to adapt themselves to new proteins. Among the most variable proteolytic qualities in bacteria are the hæmolytic, and, as we know, everything connected with pathogenity at any rate for the pathogenic bacteria coming into our sphere of work (certain strepto- and micrococci) is among the qualities soonest lost on cultivation in artificial substrates. On the other hand, the researches of C. O. JENSEN render it likely that non-virulent coli bacteria — and in analogy therewith, also other non-virulent bacteria — can under certain conditions become pathogenic. Consequently, the pathogenic qualities cannot be utilised at all as species character, but merely serve to indicate whether we are dealing with a pathogenic variety.

In LEHMANN and NEUMANN's »Bakteriologische Diagnostik" (5. Edition 1912) taurocholate of sodium is used to separate off *Sc. pyogenes* from the remaining streptococci. If 5—10% of this salt be added to broth cultures 24 hours old, of the various streptococci, then their cells should dissolve in the course of some few minutes, save in the case of cells of *Sc. pyogenes*. This seems most mysterious to begin with, and involves the unfortunate conclusion that no streptococci other than *Sc. pyogenes* could live in the intestinal canal of animals, or at any rate, in that of carnivores. We on our part have never succeeded in observing the slightest clearing in broth cultures of any of our strains on addition of taurocholate of sodium, far less any real dissolution of the cells perceptible under the microscope[3]).

Another reaction largely used for identification of streptococci is that based on their various power of reducing colouring matter. For this purpose, milk stained a pale blue with litmus[4]) is chiefly used. With like quantities sown out, and at like temperatures (which should preferably be somewhere near the optimal temperature for the bacteria in question), the power of reduction will be proportional to the time taken in decolo-

---

[1]) Meddelande Nr. 68 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. 1912. *Tbm. Joghurt*, which is otherwise nearest to *Tbm. helveticum*, agglutinates, however, together with *Tbm. bulgaricum*.

[2]) Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, naturvidenskab. og matematisk Afd. 1916, 8. Række, I, 3.

[3]) We made our experiments with a preparation from MERCK, and as this proved to contain at least as much sodium glycocholate as sodium taurocholate, we have ourselves prepared pure taurocholate of sodium from gall, by precipitating the sodium glycocholate from the mixture of gallic acids, with sugar of lead, and then removing the lead by means of sulphuretted hydrogen. Even the pure salt, however, gave no better result. It is only the cells of *Sc. lanceolatus* and *Sc. mucosus*, which are dissolved by taurocholate of sodium.

[4]) As milk, like other sugar-containing liquids, decolorises litmus during sterilisation, the litmus tincture must be sterilised separately, and dropped into each tube with a sterile pipette.

risation. Obviously, species which grow slowly in milk will also decolorise slowly. *Sc. pyogenes* and most of the betacocci do not decolorise at all. Both spherical and rod-shaped lactic acid bacteria can as a rule decolorise litmus milks more rapidly than they coagulate it, but there are also species — *Sc. thermophilus*, for instance — which do not decolorise the milk until long after it has coagulated. As the power of reduction is in the highest degree dependent upon the vitality of the bacteria at the moment, it is of very little value as a species character.

As has been shown by the present writer[1]) and by BEIJERINCK[2]), the true lactic-acid bacteria, in contrast to most other bacteria, are totally lacking in catalase, and the fact that broth cultures or surface colonies of the lactic acid bacteria do not develop oxygen with peroxide of hydrogen thus furnishes the principal test reaction for these bacteria. The tetracocci, however, are exceptions, which as a matter of fact do split up hydrogen peroxide to a very marked degree; the same applies to the microbacteria, which also in other respects behave somewhat differently.

Of the lactic acid bacteria, only some of those which do split up hydrogen peroxide are capable of reducing nitrate to nitrite, but when dealing with such, this feature should always be tested. The easiest method is to cultivate the bacteria in dextrose broth with 2% KNO_3; if nitrite is formed, then a small ladleful will form a dark blue spot in a mixture of zinc-iodine starch and sulphuric acid.

With the knowledge obtained, through the investigations here described, about the lactic acid bacteria, their further determination will not as a rule occasion any serious difficulty.

We always commenced, of course, with a microscopic examination of the isolated acid formers, in order to ascertain whether they were GRAM positive, and whether they were spherical or rod-shaped, but this is as far as it is possible to get by morphological investigation in the first instance. Not till we have learned the biological qualities of the strains, and grouped them accordingly, can we begin to consider the question of whether certain related strains may have certain morphological qualities in common, and this will also frequently be found — though by no means always — to be the case. The morphological differences between the different species of spherical forms, or between those of the rod forms, or even, indeed, between their various genera, are so slight that they cannot be determined until we know what strains are related together, as only the total impression of a great number of related strains can give a general idea of any value.

After the GRAM test, the next thing to try is the reaction with peroxide of hydrogen, whereby the tetracocci and most of the microbacterium are separated off. The attitude of the strains towards different temperatures is then noted, as also towards different sugars, and different sources of nitrogen. The acids formed, and also any splitting up of casein, are likewise further studied.

---

[1]) Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1906, Nr. 5. In this work it is proved that also the butyric acid bacteria lack catalase.

[2]) Archives Néerlandaise des Sciences Exactes et Naturelles 1907, Série II, Tome XIII, p. 357.

None of these stages in the investigation can be dispensed with, and none of them can be taken as of decisive importance by itself, not even the reaction with a long series of different sugars, though this does give such a valuable insight into the biology of the bacteria. In the first place, it is necessary of course to know whether the acid formed is lactic acid at all, and in the second place, it is possible, as we shall see later on, for strains undoubtedly belonging to the same species to react very differently towards certain sugars. We cannot therefore lay too much stress upon the importance of avoiding the onesided classification according to reaction with sugars, which has been largely practised in particular by American writers. Only by taking equal note of all qualities can we arrive at a natural bacteria system.

Variability of Qualities.

Among the particularly variable qualities of bacteria are colour formation, and to some extent also the size and appearance of the surface growth; points which we shall deal with more closely when discussing the tetracocci. In this connection it will suffice to mention that comparatively anaerobic propionic acid bacteria transplanted from agar have in the course of years become slimy, and developed a marked surface growth, thus resembling in cultural respects the aerogenes bacteria.

As mentioned, the bacteria can, under particular circumstances, accustom themselves to new sources of nitrogen, but the reverse process — the loss of power to utilise a given source of nitrogen — is far more likely to occur, and on the whole, the variation which we have otherwise encountered in the lactic acid bacteria, can be explained as a further development of already existent tendencies, or more frequently as the results of weakness or degeneration. We have never, for instance, found any of our strains acquiring the power to ferment a new sugar, though we have occasionally found that its power of fermenting a certain sugar, originally but slight, may be increased, and we have often noticed that it has lost the power of fermenting certain sugars at all, those being chiefly those which it had always previously found difficult to utilise. As an indication of weakness also, we should regard the point already mentioned, that strains forming both dextro- and lævo-lactic acid may lose the power of forming that of the two which it formed in the lesser quantity, and that strains which besides lactic acid also formed abundant quantities of by-products lose altogether or in part the power of so doing, by which they will of course be utilising their source of energy to a less complete degree.

A highly variable quality is the power of forming slime in milk, but this is, as mentioned, only due to further development of a tendency possessed by all lactic acid bacteria in a youthful state.

It is interesting to note how closely-related strains are inclined to vary in the same way; or may, indeed, when cultivated under like conditions, often be seen to vary — and die off — at exactly the same time. All these apparent variations, therefore, are in reality no hindrance at all to species determination; on the contrary, the manner in which a bacterium is inclined to vary is often one of its most characteristic qualities.

The feature by which the alteration in vitality of lactic acid bacteria may be most directly observed, is the quantity of acid formed from a given sugar under uniform conditions, and even more so, the rate at which souring takes place; this can, in the case of milk cultures at like temperatures, be measured by the rate of coagulation. As the rate of souring (in contrast to the degree of acidity in the cultures after 14 days) is influenced to a high degree by the quantity sown out, we always inoculated the 10 cm^3 of milk employed with the same platinum loop, from a previous (just curdled) milk culture. Where greater fluctuations were observed in these respects, the extreme limits are noted in the tables. The highest amount of acid is shown first in the case of sugars whose fermentation has declined in course of years, and last in the case of sugars whose fermentation has grown stronger.

If the lactic acid bacteria are to be of practical use, and keep down the detrimental bacteria, then it is primarily necessary that they shall sour rapidly and strongly, and this is just where laboratory cultures are often liable to fall short. If their acidulating power has once declined, then it is as a rule very difficult to restore it completely, even when they are transferred daily from milk to milk. Surprising results may, however, often be obtained in this respect by using a larger quantity of inoculating material. We have had strains of *Streptococcus cremoris*, for instance, used for the souring of cream in making butter, which could not be brought to produce more than 4.7 $^0/_{00}$ lactic acid in twenty-four hours at 25°, however frequently we might transfer them with the platinum loop to a new 10 cm^3 of milk. When, on the other hand, we proceeded to a daily inoculation of 10 cm^3 culture in 200 cm^3 milk, we could then, after the lapse of two or three weeks, obtain in 20 hours the 7 $^0/_{00}$ lactic acid required for maintenance of activity in the pasteurised, though not therefore by any means germ-free, dairy cream. Next to unsuitable composition of the nutritive substrate and preservation at too high temperatures, the slight quantity of inoculating material generally used in laboratories is the main cause of the frequent degeneration in laboratory cultures[1]).

That an abundant quantity of inoculating material should give such favourable results is due to the fact that we then are more sure of transferring some of the strongest individuals in the culture. If a pure culture be spread on agar or gelatin, and a series of new strains isolated therefrom, then the latter will never behave altogether alike towards the different sugars, and all will as a rule—until they have been repeatedly transferred for some time — form a somewhat smaller quantity of acid than the original culture, as it would be a very fortunate chance to obtain on spreading, some of the most powerful individuals which stamp the culture as a whole. As a matter of fact, the majority of individuals in a bacteria culture are weakened, and have but slight power of resistance; this was very distinctly apparent from our heating experiments. This explains why pure cultures are never at first so powerfully effective in practice as the original culture previously employed, and shows, that it is by no means a matter of indifference whether a person becomes infected by a few cells of a disease bacteria or a great number of the same.

[1]) In the case of stab cultures of comparatively anaerobic lactic acid bacteria, as for instance the thermobacteria, it will be necessary to inoculate from the bottom of the stab, as the cells situated nearer to the surface will always be greatly weakened by the oxygen in the air.

Description of Species, and Systematism.

In discussing the separate lactic acid bacteria, it would be most natural to commence, as I have done in my "Dairy Bacteriology", with the rod forms, which are as a rule the strongest acid formers, proceeding then by way of the streptococci, which are all typical lactic acid bacteria, to the micrococci, where we find all possible transition forms between acid-forming and non-acid-forming bacteria. For practical reasons, however, I prefer in the present work to commence with the streptococci, as it seems easier here, in most cases, to define the separate species than is the case with the two other groups.

Streptococci.

By streptococci we understand, as is generally known, spherical bacteria dividing as a rule in one direction only. Distinction is made between the proper streptoccocus type, and the diplococcus type, according as the cells after division are inclined to remain hanging together in long chains, or to fall apart rapidly. As a rule, the streptococci stretch before division, so that the cells are then oval. After division has taken place, the daughter cells are often egg-shaped, the pointed ends turning outwards. Where the growth is lively, several of the long-chained forms will not have time to stretch before division, but form disc-like segments. Again, the double hemisphere form, with flat surface at the break, so typical among the micrococci, is one which we have encountered in some species (*Streptococcus fæcium*, *Streptococcus liquefaciens* and *Betacoccus bovis*). In broth, the long-chained strains form flakes which easily settle, so that the liquor above them rapidly clears, whereas the short-chained strains remain suspended for a long time, so that the liquid takes longer to clear.

These morhological differences have proved constant for all our strains of streptococci throughout the years during which we have had them under observation, and we cannot therefore refrain from considering them of some value as species characters, though it must be admitted that most strains in a weakened state form shorter and in particular far thinner chains than they did when at their full vitality. Here as with all other qualities in bacteria, it will be necessary to take into consideration the effect of temperature and of the nutritive substrate. Broth, for instance, increases the tendency to chain formation, whereas milk produces a reverse effect, and we have therefore only reckoned strains which also in milk grow in long chains as typical chain forms. In agar streak, and on gelatin plates, both types can produce rod forms, or other divergent forms. As regards

the influence of temperature, we generally find the most pronounced flake formation in broth near the maximum temperature.

According to their biological qualities, the streptococci fall into two main groups. The one forms, from all carbohydrates, pure dextro-lactic acid, with only a trace of by-products, whereas the other forms lævo-lactic acid, besides appreciable quantities of other fermentation products. The former group is by far the larger, and comprises not only the principal streptococci of milk, but also the pathogenic forms known under the collective term of *Streptococcus pyogenes*. They split up the sugars simply according to the formula $C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3$, and the quantities of by-products, carbonic acid and acetic acid (acetic acid and propionic acid generally in the proportion of 20:1), which are formed, are so insignificant that they do not practically speaking diminish the theoretical yield of lactic acid. To the other group of streptococci belong the bacterium of sour cabbage, *Streptococcus brassicæ*, and the slime former so well known in sugar manufacture, *Streptococcus mesenteroides*, which forms slime from cane sugar and mannite from lævulose, and which can develop a considerable quantity of gas. With regard to nitrogenous nourishment also, there is a difference between the two groups, the former preferring casein peptone and the other yeast extract. The first group, again, generally prefers low sugar concentrations, the second high (5%—10% sugar).

These two groups differ altogether so widely in biological respects that they must be regarded as two distinct genera. And I therefore designated them originally as *Dextrococcus* and *Lævococcus*, but relinquished these names afterwards, on finding that some few bacteria belonging to the genus *Lævococcus* formed inactive lactic acid. For the first group, it would be tempting to employ the name *Lactococcus*, suggested by Beijerinck, if it were not for the fact that so many pathogenic bacteria were allied thereto. I have therefore preferred simply to reserve the generic name *Streptococcus* for the first group. The unavoidable alteration of names is thus reduced to the least possible; the only thing is, that we are obliged for the future to give the term a somewhat more restricted meaning, and only understand thereby such streptococci as form dextro-lactic acid. The second group, being chiefly met with on souring vegetable matter and particularly on beets, I have accordingly given the generic name of *Betacoccus* (Beta = beet).

Genus: Streptococcus. (Abbr. *Sc.*).

This genus I have divided into the following well-characterised species: *Streptococcus lactis*, *Sc. cremoris*, *Sc. mastitidis*, *Sc. thermophilus*, *Sc. bovis*, *Sc. inulinaceus*, *Sc. fæcium*, *Sc. glycerinaceus* and *Sc. liquefaciens*. In addition, there are also several strains — including pathogenic — which are allied to these, and cannot exactly be placed under the mentioned species, but we have not encountered them often enough to ascertain their entire range of variation, and I have not therefore ventured to establish them as separate species in themselves.

Streptococcus lactis (Table XIV). By this we understand the diplococcus which predominates in sour milk, and which is known in literature under the names of *Bacterium lactis* (Lister 1878), *Streptococcus acidi lactici* (Grotenfeld 1879), *Bacterium lactis acidi* (Leichmann 1894) *Bacterium Güntheri* (Lehmann & Neumann) and *Streptococcus lacticus*

Table XIV.

No.	Streptococcus lactis isolated from:	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Kefir 5	C	1,1	0,2	0	0	0,2	3,8	4,7	4,9	5,2	4,5	1.1	5,2	5,0	0,5	0,2	3,4	2,0	4,1	1	7,7	3,3	÷ 0,1
2	Dairy cheese 8 R 1 day	W	0,5	0,1	0,5 0	0	0	0,5 1,6	3,8	3,8	3,6	3,4	0,2	2,7	3,4	0	0	2,0			1	7,9 2,3	14,1	7,7
		C	0,2	0,2	0,2	0	0	5,2	8,3	8,1	7,7	7,4	0	5,4	5,4	0	0	3,6	0	5,4				
3	Milk (slightly acrid taste) WEIGMANN'S collection No. 15	W	0,7	0	0	0	0	1,8	3,8 3,0	3,4	3,8 3,3	2,7	0	3,2	3,2	0	0				1	7,2	14,6	6,6
		C	0,9	0,5	0,2	0	0,2	4,3	7,7	8,1	7,9	6,3	0	6,5	6,5	0,2	0	5,2	0	5,6				
4	Dutch butter 1	W	0	0,2	0,4	0	0,1	1,0	3,4	3,4	3,2	3,2	0	3,2	0,1	0	0				1	7,2	0	0
		C	0,5	0	0	0	0	3,2	6,5	8,1	7,9	6,3	0,5	6,5	0,7	0	0	3,4	0,2	4,1		0,7		
6	Milk 1 coagulated at 38°	W	0,2	0	0	0	0	1,0	3,6	3,8	4,0	3,2	0	4,1	3,2 1,8	0	0				1	4,5 2,9	14,7	7,0
		C	0,5	0	0	0	0	3,4	7,2	7,7	7,0	5,9	0,2	7,0	3,6	0	0	4,7	0,2	5,6				
7	Sourmilk[1]) 5	W	0	0	0	0	0	1,9	3,4	3,8	3,8	2,7	0,1	3,8	2,9	0	0	2,5			2	6,1	13,9	5,4
		C	0,2	0,5	1,4	0	0,5	3,8	4,1	7,0	6,5	5,0	0,2	6,1	5,2	0	0,2	5,2	0	4,3				
8	» 5	W	0	0	3,8 2,9	0	0	2,0	3,6	4,0	4,1	1,8 2,8	0	3,8	2,3	0	0	2,7			2	5,4	11,7	2,4
		C	0	0	6,8	0	0	4,7	7,2	7,4	7,0	5,9	0	6,1	5,0	0	0	5,4	0	5,2				
9	» 5	W	0	0	3,7 2,9	0	0	1,9	3,6	4,0	3,6	2,7	0	3,4	3,2	0	0	2,5			1	6,3	0	÷ 0,9
		C	0,2	0	5,4	0	0	3,8	6,8	7,4	7,4	5,6	0,2	7,2	6,3	0	0	5,0	0	5,0				
10	» 4	W	0	0	3,8 3,2	0	0	2,0	3,4	3,6	3,8	2,7	0,1	3,4	3,2	0	0	2,5			1	6,5	5,1	÷ 0,3
11	» 3	W	0	2,5	2,7	0	0	1,7	3,4	3,6	3,9	2,9	0,1	3,8	3,2	0,2	0	2,5			1	7,4	11,5	4,1
12	Dairy cheese 8 P	W	0 0,5	2,5	0,7 2,3	0	0	0	3,8	4,1	3,8	2,6 0,1	0	3,5	3,3 0,8	0	0				1	6,8 0,5	0	÷ 0,6
		C	0,7	3,4	0,5	0	0	0	7,2	7,2	7,2	0	0,5	5,9	1,6	0,2	0,2	3,4	0	6,5				
13	English ropy milk 1	W	0,5	2,7	2,7	0,2	0	0	2,5	3,2	3,1	0,9	0,7	2,7	2,7	0	0	2,5	0	2,0	1	6,1	0,8	0,5
		C	0,5	4,3	4,1 1,4	0	0,2	0,2	6,3	5,6	5,4	5,0	0	5,9	5,6	0,2	0	3,2	0	3,6				
14	Sourmilk 4	W	0	2,5 1,8	0,1	0	0	0	3.4	4,0	3,8	2,8	0,1	3,6	3,3	0	0	1,8			1	8,8	14,9	5,6
		C	0,5	5,2	1,4	0	0	4,5	7,0	7,7	7,2	6,3	0,7	6,8	7,0	0,5	0,7	3,6	0	6,3				
15	Kefir 1	W	0,2	1,6	0,4	0	0	0	3,2	3,6	3,6	2,9	0	3,4	2,9	0	0	2,1			1	7,2	4,4	1,8
16	Sourmilk 2	W	0,4	3,6 2,5	0	0	0	0	3,8	3,9	3,9 2,0	2,5	0	3,2	1,1	0,2	0	2,9			1	7,4 2,9	7,3	3,8
		C	0,7	2,7	0	0	0	0	6,8	7,0	6,8	5,2	0,5	6,3	2,5	0,2	0,2	3,2	0	6,5				
17	Dairy cheese 5 R	W	0,3	1,4 2,0	0,2	0	0	2,5	4,1	4,1	4,2	2,8	0,1	4,1	3,4	0	0				1	7,9	12,8	6,1
		C	0,5	1,6	0	0	0	3,6	7,9	8,1	8,1	6,1	0,5	7,4	5,2	0,2	0	4,7	0,5	6,5				

[1]) Sourmilk means milk, curdled spontaneously with acid.

(KRUSE). As will be seen, this bacterium has been regarded alternately as a rod form and as a spherical form, which is due to the fact that its cells are often — as are indeed those of most streptococci — somewhat longer than they are broad. As the earlier descriptions apply in reality to the entire genus *Streptococcus* (and largely also to that of *Betacoccus*), none of the names suggested can claim priority. I believe, however, that it will be in conformity with even the strictest requirements in this respect to use the name *Streptococcus lactis*, since the generic term *Bacterium* cannot be employed in the present instance.

Streptococcus lactis is killed at a temperature of 60°—70°. Its optimal temperature is 30°, but it can form just as much acid at 20°. It grows poorly as a rule below 10° or over 40°. In the case of several strains, the maximal temperature is reached already at 38°. No. 16 grows at 42½°, and Nos. 13 and 14 even at 45°.

Streptococcus lactis grows extremely fast under favourable conditions. When freshly isolated from milk, it will coagulate sterile milk in less than 24 hours at 30°, forming therein 7—8‰ lactic acid. In this state it is also generally capable of dissolving a small quantity of casein. This faculty is, however, in many strains, very soon lost, disappearing with surprising rapidity when they are cultivated on artificial substrates, and they are then but ill able to thrive at all in milk. The lost power can only rarely be restored by regular transference from milk to milk. This feature, and the fact that many strains prefer maltose to lactose, seems to suggest that milk is not the most natural substrate for the present species. Possibly it may be derived from cowdung. It gives milk and cream either a purely acid taste or an unpleasant flavour.

Streptococcus lactis is characterised by its lack of, or extremely slight power to ferment cane sugar. It is likewise incapable of fermenting raffinose, inulin, or (with the exception of No. 1) starch, but does ferment dextrin and salicin. Like most other lactic acid bacteria, it prefers lævulose, glucose and mannose to galactose. Of alcohols, it only ferments mannite, and not all strains can even ferment this. Its action with regard to pentoses varies. Some strains ferment neither arabinose nor xylose (*O*-forms); others ferment one of these pentoses, and others again both (*A* + *X*-forms). In *Sc. lactis*, as in most other lactic acid bacteria, the power of fermenting one or another pentose is generally impaired or altogether lost in the course of years; this faculty therefore is not suitable for further subdivision of the species; we must as a rule restrict ourselves to noting under each species *O*-forms, *A*-forms, *X*-forms and *A* + *X*-forms. In its relation to other sugars, *Sc. lactis* varies only very rarely, but may do so at times, and we may in this respect call attention to the interesting case of No. 12. This strain very soon lost the power of forming acid in milk. Later on, it also lost the power of fermenting galactose, and naturally enough, the fermentation of lactose in broth was reduced at the same time.

At 20°—30°, *Sc. lactis* (Pl. I—IV) appears as a diplococcus, or in very short chains. In milk, it is almost exclusively a diplococcus often slightly pointed. On agar streaks, it may be elongated and markedly pointed. On *AG* it now and again forms long chains. At 10°, it always forms long chains, both in broth and on agar streak. At maximal temperature, it either forms long chains of cells having the normal appearance, or short chains of irregularly swollen cells.

Streptococcus cremoris (Table XV). I have thus named the lactic acid bacteria first studied by STORCH, which, owing to its aroma formation, has become generally used

Table XV.

No.	Streptococcus cremoris isolated from:	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Buttermilk 1	W	0	0	0	0	0	0	2,0	2,3	1,4	2,3	0	2,3	2,5	0	0	0	0	1,0	1	5,2	5,0	1,6
		C	0,2	0	0	0	0	0	5,6	5,0	2,7	3,8	0,2	4,5	6,1	0	0	0	0	2,3				
2	Danish dairy cheese 3 R	C	0,5	0	1,1	0	0	0,5	5,6	6,1	5,6	3,6	0,9	2,7	6,3	0,2	0,5	1,4	0	3,2	4	5,0	8,5	2,4
3	Commercial Starter [1]) 1	C	0	0,6	0,6	0,2	0	0	3,6	4,5	4,6	3,8	0,7	2,7	4,2	0,1	0	1,4	0,2	2,5	3	5,2	0,4	0,4
4	» 2	C	0	0	0	0,5	0	0	5,4	4,5	4,5	1,4	0,2	1,1	4,7	0,2	0,5	0,7	0	0,9	3	5,2	1,5	0,4
5	Sourmilk 1	C	0	0	0	0	0	0	5,0	5,9	5,4	2,7	0	1,1	5,4	0	0	0,2	0	0	2	5,9		
6	Commercial Starter 3	C	0,2	0	0	0,4	0	0	3,2	3,8	3,8	2,7	0,2	0,7	4,5	0,7	0,5	0,5	0,2	3,6	2	6,5	3,1	0
7	Home Starter [1]) 1	C	0,2	0,4	0,5	0,2	0,2	0,1	6,0	3,0	2,9	2,7	0,8	1,3	3,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0	2	4,7		
8	» 1	C	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	3,2	4,1	3,7	2,0	0,7	0,7	4,1	0	0	0	0	3,5	1	7,4		
9	Commercial Starter 4	W	0	0	0	0	0	0	2,9	3,4	3,2	1,8	0	0,2	2,9	0	0	0	0		1	7,0		
		C	0	0	0	0	0	0	6,5	6,8	6,3	5,2	0	0	6,3	0	0	0	0	3,4				
10	» 5	W	0	0	0	0	0	0	2,7	2,7	2,0	1,6	0	0,2	2,7	0	0	0	0		1	6,3	11,4	1,8
		C	0	0	0	0	0	0	6,8	6,8	6,5	2,0	0	0	5,9	0	0	0	0	3,4				
11	Buttermilk 2	W	0	0	0	0	0	0	2,7	3,2	2,9	2,3	0	0,1	2,6	0	0	0	0		1	6,8	15,4	5,6
		C	0	0	0	0	0	0	7,2	6,1	6,5	3,8	0,5	0	6,1	0	0	0	0	1,1				
12	Commercial Starter 6	W	0	0	0	0	0	0	3,6	3,4	3,6	2,7	0	0,5	2,9	0	0	0	0		2	6,3	8,5	1,2
13	Buttermilk 1	W	0	0	0,5	0	0	0	2,9	3,4	3,2	2,5	0	0,5	2,9	0	0	0	0		1	5,4		
14	Commercial Starter 7	W	0	0	0	0	0	0	3,6	3,6	3,6	2,7	0	0,2	2,9	0	0	0	0		1	5,9	10,8	2,8
15	Buttermilk 2	W	0	0	0,5	0	0	0	2,3	3,2	3,2	2,5	0	0,2	2,9	0	0	0	0		1	6,5	20,4	8,0
16	Commercial Starter 8	C	0,2	0	0,5	0,2	0,2	0,2	5,0	5,2	5,0	2,3	0,5	0,7	4,7	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	1	6,1		
17	Home Starter 1	C	0	0,1	0,1	0,2	0,1	0	3,2	4,4	4,3	2,0	0,5	0,2	4,7	0,1	0	0	0	0	1	7,2		
18	» 2	W	0	0	0	0	0	0	3,2	3,6	3,4	2,0	0	0,1	2,7	0	0	0	0		1	7,0	6,7	0,9
		C	0	0	0	0	0	0	7,2	6,8	7,0	5,4	0,5	0	6,5	0	0	0	0	0,5				
19	Swedish ropy milk 1	W	0	0	0	0	0	0	1,4	1,8	2,0	0,5	0	0,1	1,6	0	0	0	0	0,7	1	6,5	16,5	10,1
		C	0	0	0	0	0	0	6,8	5,2	6,3	4,7	0,2	0,5	4,5	0	0	0	0	2,9				
20	English ropy milk 1	C	0	0,2	0,9	0,2	0	0,2	6,1	5,4	5,9	5,0	0	0,5	5,6	0,2	0	0	0	0,2	1	6,8	11,4	4,0
21	Dutch ropy whey	W	0	0	0	0	0	0	1,6	3,4	2,5	1,6	0	0,1	2,0	0	0	0	0	0	1	6,1	10,1	7,9
		C	0,1	0,2	0,2	0,2	0	0,2	5,6	5,9	5,4	3,8	0	0,2	4,1	0,2	0	0	0	0				

for souring cream in the manufacture of butter. It is therefore found in most commercial starters and in buttermilk. When cultivated at 10°—18°, it often exhibits a tendency to render milk ropy, so that it can be drawn out into threads, and the well known bacterium

[1]) By commercial starter is meant the commercial culture of lactic acid bacteria, which is used or the ripening of cream. Home starter means such a culture cultivated for some time in the dairy.

of „Tätmjölk" *Bacterium lactis longi*, and the bacterium of the long whey *Streptococcus hollandicus*, are only slime-forming varieties of this species. When cultivated at higher temperatures on artificial substrates, they rapidly lose the power of forming slime. Most of the strains of *Sc. cremoris* showed only slight power of resistance, and died off in course of time; a few of the strains, however, were fairly resistant, and one (No. 18) has even kept alive in agar stab for over three years without re-inoculation. This same strain had previously distinguished itself in the butter manufacture, being found practically as a pure culture in a dairy starter which had not been renewed for many years.

Streptococcus cremoris is killed by heating to 65°—70°. Its optimal temperature lies below 30°, and the bacterium can, as is well known in practice, be trained to grow at fairly low temperatures, so that it sours rapidly even at 15°. Very powerful strains (especially those forming slime) may develop at 3°; others less strong will not grow at under 10°. It does not generally grow at blood heat. In most strains, the maximal temperature lies at 35°.

Streptococcus cremoris rarely forms much over 7 ‰ lactic acid in milk. It can develop such a quantity of carbonic acid that fine stripes appear in the curd (illustration of fermentation test g. 2). Most strains have a certain power of dissolving casein; No. 15 has even formed over 20% *SN*. It does not thrive so well on artificial substrates as *Sc. lactis*, and thus proves itself a more pronounced milk bacterium. In accordance with this, we also find that among disaccharides, it attacks chiefly lactose, and prefers this sugar at the concentration at which it is found in milk, or even higher. Saccharose is practically speaking not fermented at all, and maltose, and thus also dextrin, only exceptionally to any considerable extent. The best starters seem to have the least power of fermenting these sugars. Some strains ferment salicin, others not. The three monosaccharides, lævulose, glucose and mannose are on the whole fermented equally well. Alcohols and pentoses are as a rule not attacked at all (with good nitrogen sources, there may be a slight suggestion of fermentation of arabinose).

In morphological respects, *Sc. cremoris* (Pl. IV—IX) differs from *Sc. lactis* by forming chains, often of considerable length, at optimal temperature, both in milk and broth. The more powerful the bacteria, the thicker — and generally also longer — are the chains. Weakened strains can, in broth, form chains so twisted and clustered together that they may be mistaken for staphylococci (Pl. VI, No. 18). On agar streak, the cells as a rule assume a very abnormal appearance, becoming swollen, pointed, and often rod-shaped. The rods can, however, in many cases be resolved into discs on further observation, and then resemble woodlice or other articulata. On agar streak (at the optimal temperature), we also often find division in the longitudinal direction of the chains. (Pl. VIII, No. 20). At maximal temperature, chain formation ceases (Pl. IX, No. 2). In gelatin, the chains are often short, and the cells (especially on *AG*) irregular. As regards slime formation in milk, this is due to a slimy transformation of the highly swollen capsules, which may be found in all lactic acid bacteria in a young state, but is particularly frequent in this species. When the milk becomes so sour as to curdle, the slime formation ceases again. No. 19 (Pl. VII) shows this development distinctly. If a stained preparation of the bacteria in the capsule stage be exposed to pressure, the streptococcus chains will burst out from the capsules, appearing then as white worms.

Streptococcus mastitidis (Table XVI). This bacterium, which is also called *Sc. agalactiae*, produces mastitis in animals and man, but does not appear to be otherwise pathogenic[1]).

Table XVI.

No.	Streptococcus mastitidis isolated from:	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N SN	Milk: % of Total N DN
0	Fæces 1	C	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4,1	3,8	3,6	2,5	3,6	3,6	3,6	0,7	0,9	1,6	0,2	3,8	2	5,6	2,6	0
1	Milk from woman with breast inflammation	W	1,1	0	0	0	0	0	2,7	2,5	2,7	0,9	2,3	2,0	2,5	0	0	1,1	0	2,3	4	5,0		
		C	2,3	0	0,2	0,5	0,2	0,5	5,9	6,3	5,0	3,2	5,2	5,4	5,2	0,7	0,5	2,5	2,9	4,1				
2	Milk from a cow with udder inflammation (Denmark)	W	0	0	0	0	0	0	2,0	1,4	1,6	0,7	0	1,8	1,1	0	0	1,1	0	0	2	5,4	1,6	1,9
		C	0,5	0	0,2	0	0	0	5,0	5,6	5,0	3,6	5,6	4,7	5,2	0	0	2,3	1,4	1,8				
3	Milk from a cow with udder inflammation (Hungary)	W	0	0	0	0	0	0	2,0	2,9	1,8	1,8	0,1	0,6	2,3	0	0	0	0	1,0	2	4,5	2,8	1,9
		C	0,5	0	0	0	0	0	7,0	6,8	5,6	3,2	6,3	5,0	6,5	0	0	0	0	2,3				

It is killed by a quarter of an hour's heating at 60°. Though thriving best at blood heat, it grows very slowly even at 40°. It develops both on *AG* and *SG* at ordinary indoor temperature, but growth ceases at 15°.

Sc. mastitidis, like *Sc. cremoris*, thrives especially well in milk. It requires, however, at least two days at 30° to curdle it, and rarely forms more than 5‰ lactic acid. Its power of attacking casein is perceptibly slighter than that of *Sc. cremoris*. It is best distinguished from the latter form by the fact that with a good source of nitrogen, it will ferment saccharose and maltose almost as powerfully as lactose. In a freshly isolated state it also ferments dextrin and starch, and — a very characteristic feature — forms an orange deposit in the starch tubes after about ten days. This feature was observed both in the *Sc. mastitidis* of woman (No. 1) and that of the cow (No. 2) which renders it likely that they are entirely identical. After long-continued re-inoculation in artificial substrates, *Sc. mastitidis* gradually loses the power of fermenting starch, and then the power of attacking dextrin; after a while, also, it becomes weaker in its action upon cane sugar and maltose, if indeed it has not died before reaching this stage, as it is difficult to keep alive. It can also altogether lose the power of souring milk. Strain No. 3 was already on the decline when we received it from Dr. Gratz, of Hungary. Gradually, as the power of fermenting

[1]) Strain 1, which I had isolated from milk taken from a woman suffering from inflammation of the mammary, appeared, from experiments kindly undertaken for me by Dr. Wilhelm Jensen, to be non-pathogenic, either for mice (subcutaneous and peritoneal inoculation) or rabbits (intravenous inoculation). Tbe bacterium had, however, produced a serious jaundice in the child, and could be demonstrated abundantly in the fæces, which were perfectly white, and highly acid. Though it was the right breast which was inflamed at the time, the bacterium was far more abundant in the left, which had been inflamed a month before.

a greater number of sugars is lost, it must be admitted that *Sc. mastitidis* markedly approaches the strains of *Sc. cremoris* which have greatest maltose and dextrin fermentation, and as we have, moreover, never found *Sc. cremoris* save in milk, and dairy products, there is much that might seem to suggest its derivation from the streptococcus of the udder. *Sc. mastitidis* can be introduced with the mother's milk (see footnote) into the digestive tract of children or young animals, but streptococci of this species are also now and again found in adults, as shown at the top of Table XVI.

In morphological respects, it entirely resembles *Sc. cremoris*. The cells are perhaps on the whole somewhat less liable to stretch before division, so that chains with disc-shaped links are more frequently met with. This feature (Pl. X) is however, far from reliable as a distinctive character. In broth, it generally forms flakes. No. 1, was however, so short-chained, that it rendered the broth cloudy. The GRAM staining process was not always equally successful. No. 1 rendered the dextrose broth slightly slimy after a considerable length of time. We have never, however, noticed that *Sc. mastitidis* was able to render milk slimy.

Streptococcus thermophilus (Table XVII) is the most frequently occurring streptococcus in low pasteurised milk and in milk which has been preserved at 40°—50°. It

Table XVII.

No.	**Streptococcus thermophilus** isolated from	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Laevulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. S N	Milk: % of Total N. D N
1	Milk left to stand 24 hours at 45°	W	0	0	0	0	0	0	2,3	3,8	1,6	1,4	0	0,2	4,1	0	0	0	0	0	2	4,5	2,8	0,3
2	Milk 2 heated ½ hour at 70° and left to stand 24 hours at 6°—10°	» C	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1,8 7,1	2,3 8,6	1,1 2,7	0,5 4,3	1,1 7,2	0 1,1	2,5 7,9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0,2	1	8,1	4,0	÷ 1,2
3	Milk 3 heated ½ hour at 70° left to stand 24 hours at 30°	W C	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1,1 3,4	1,6 7,0	0,5 0,7	0 0,5	0 6,8	0 0	1,4 5,9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	5	5,0	0,4	÷ 0,2
4	Milk 4 heated ½ hour at 70° and left to stand 24 hours at 40°	W C	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,9 7,0	2,3 8,3	0 4,3	0 0,7	0,7 5,4	0 0,2	2,0 6,8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1	7,0		
5	Milk 5 left to stand 24 hours at 50°	W C	0 0	0 0	0 0,7	0 0	0 0	0 0	0,7 5,9	1,8 7,4	0 2,3	0 3,2	0,9 5,4	0 0,7	2,0 6,5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3	6,8	0,4	0
6	Genuin Bulgarian Yoghourt 1	W C	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 2,9	3,2 5,0	0 0	0,9 1,6	0 6,1	0 0	3,2 6,3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1	7,0	1,5	÷ 0,3
7	Emmental cheese in the press	»	0,6	0	0	0	0,5	0,2	3,8	3,8	1,1	1,4	4,1	1,8	4,5	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	1	7,4		

also develops abundantly in freshly made Emmenthal cheese, where the temperature in the press only sinks slowly from 50°—35°.

In a state of good vitality, it is not certainly killed until 80°. It grows most rapidly at 40°—45°, and develops as a rule also at 50°. At indoor temperature, the growth is mostly slow, but we have met with strains which developed even at 5°.

Streptococcus thermophilus is almost as difficult to keep alive as *Sc. mastitidis*, unless a passage of milk be introduced between the inoculations from agar to agar. It grows best in milk, where it can as a matter of fact form more acid than *Sc. cremoris*. On artificial substrates, the power of souring milk is soon reduced, but may also easily be regenerated by frequent transference from milk to milk, always provided that it has not been altogether lost. Several strains can form thick capsules in milk, or even actual slime. We have never encountered any marked power of dissolving casein. As regards its attitude to the various sugars, *Sc. thermophilus* differs from *Sc. mastitidis* in its slight fermentation of maltose, and from *Sc. cremoris* in the strong fermentation of saccharose (when the nitrogenous nourishment is satisfactory). *Sc. thermophilus* is also characterised by a generally slight fermentation of mannose, and by the fact that it never attacks salicin.

A characteristic feature in *Sc. thermophilus* (Pl. X—XII) is the fact that it forms longer chains near the optimal temperature (at 45°) than at lower temperature (at 30°). In broth, therefore, it always forms typical flakes at 45°, but by no means always at 30°. In milk, it forms at 45° short chains, generally with irregular segments (disproportionately large spheres and woodlice); at 30°, many strains only appear as diplococci. On solid substrates, it is even more irregular than *Sc. cremoris*. It does not grow on *AG*. In stab cultures, it exhibits, like *Sc. cremoris* and *mastitidis*, no trace of surface growth, whereas *Sc. lactis* may under favourable conditions grow slightly about the stab.

Streptococcus bovis (Table XVIII) is the most common streptococcus in cowdung. It can as a rule stand heating to 60°, but not to 65°. It thrives best at 35°, and does not

Table XVIII.

No.	Streptococcus bovis isolated from:	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % af Total N. SN	Milk: % af Total N. DN
1	Bovine fæces 2	W	0	0	1,6	0	0	0	1,6	2,3	2,3	1,6	2,0	2,7	2,5	0	0	2,3	3,4	1,8	3	6,3	10,8	5,8
		C	0,2	0,2	2,7	0,5	0,2	0,2	3,2	3,6	3,4	2,5	3,4	3,6	3,6	3,8	3,8	3,6	4,3	3,6				
2	„ 4	W	0	0	0,7	0	0	0	2,0	1,8	2,0	1,4	1,8	2,0	2,3	0	0	2,0	2,5	1,6	3	5,9	11,7	5,8
		C	0,2	0,2	3,4	0,2	0,2	0,2	4,3	4,1	3,7	4,1	4,1	4,5	4,1	4,7	5,0	5,0	5,0	4,7				
3	„ 5	„	0,5	0	3,6	0,2	0,2	0,2	2,5	3,4	2,0	3,8	3,2	4,1	4,5	4,5	5,0	4,7	4,7	4,1	2	6,8	14,9	5,2
4	Calf fæces 2	„	0,4	0,2	2,5	0,4	0,2	0,2	3,2	2,9	2,7	2,3	2,3	2,7	3,4	4,7	5,0	4,5	4,5	3,2	4	6,1		
5	Fæces 2	W	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,5	0,9	1,0	0,6	1,0	0,6	0,6	0	1,4	0,5	0	1,1	6	5,0	15,5	8,6
		C	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	3,4	3,2	3,6	2,0	2,9	2,9	3,2	0,5	2,9	1,4	0,5	3,2				
6	Calf fæces 6	„	0,2	0,2	0,2	1,4	0,2	0,5	4,7	4,7	5,4	4,1	5,0	5,0	4,5	4,3	1,6	1,1	1,8	3,8	5	5,0		
7	„ 6	„	0	0	0,5	0,2	0,5	0,2	5,9	6,5	4,3	5,0	5,6	5,2	5,0	6,1	0,7	5,0	5,6	5,0	2	7,7	8,3	5,2

grow at 22° or under, and does not therefore normally develop in cow milk. In a freshly isolated state, all strains grew at 45°; later on, they would hardly grow at 40°. Its tempera-

ture interval is thus comparatively narrow. Two divergent forms from calves' dung (Nos. 6 and 7) did, however, grow both at the temperature of the room, and at 50°.

Sc. bovis grows well in milk, and attacks casein. It is a pronounced starch-fermenter, and will — with good sources of nitrogen — also ferment inulin and raffinose. An exception is formed by the strain derived from the human intestine (No. 5) which neither ferments starch nor raffinose. *Sc. bovis* ferments no alcohols. The typical strains from cowdung ferment arabinose.

In Gram-stained cowdung (Pl. XIV) *Sc. bovis* appears in the form of chains with comparatively broad segments. In milk, the chains are generally short, and surrounded by a thick capsule (Pl. XIII, No. 3). No. 5 formed in all substrates long thin chains, but has also capsule in milk (this is not apparent with the Gram process).

Streptococcus inulinaceus (Table XIX). This bacterium may be found in almost all sour milk when spread on inulin gelatin stained with litmus. It is killed by heating

Table XIX.

No.	Streptococcus inulinaceus isolated from:	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. D N
1	Bovine fæces 2	C	0,5	0.2	0,5	0,7	0	1,8	3,4	3,4	3,2	1,6	2,9	2,3	2,9	1,1	2,3	1,6	1,8	2,9	3	3,6		
2	» » 2	»	0,5	1,6	0,2	0,5	0,7	2,3	4,5	4,5	4,3	3,2	3,8	3,8	3,6	1,8	3,2	2,3	0,9	3,2	2	5,9	0,5	÷0,5
3	» » 2	»	0,5	1,8	0,5	0,5	2,0	2,5	5,0	4,3	3,8	2,9	4,3	3,8	3,8	2,9	2,3	3,4	2,0	3,2	2	4,7		
4	Sourmilk 7	W	0,2	0	0	0	0	0	2,5	2,3	2,7	1,4	1,6	2,5	1,4	1,6	1,6	1,8	1,1	1,8	2	5,6	1,0	÷0,7
		C	0,2	2,5	0	0	0	0,9	7,0	6,3	6,8	5,0	5,9	6,3	5,9	5,4	4,7	4,3	1,6	2,9				
5	» 6	W	0,5	0	0	0	0	1,1	2,3	2,0	3,3	1,1	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	1,6	0	1,6	2	5,6	0,8	0,1
		C	0,7	2,3	0	0	0	3,8	5,4	5,4	5,6	4,1	6,1	5,6	5,4	5,4	4,3	3,2	0	3,4				
6	» 4	W	0	0	0	0	0	1,8	2,5	2,3	2,9	2,3	1,8	2,4	2,4	1,8	2,1				2	5,2	0,7	÷0,3
7	» 2	»	0,8	1,7	0	0	0	2,0	2,7	2,5	2,7	2,3	2,5	2,5	2,4	2,0	2,3				2	5,9	0,1	÷0,3
8	Chinese hen's egg	C	2,5	2,5	2,5		0,7	3,2	4,5	4,7	4,5	4,0	4,1	5,0	4,5	2,9	2,7	2,7	1,1	4,1	2	4,7	4,7	0,6

to 60°. Its optimal temperature is 30°, and it thrives well at indoor temperature, may indeed grow at 5°. Nos. 2 and 3 do not grow at 40°, whereas the others do at 45°. It is difficult to keep alive.

Sc. inulinaceus differs from *Sc. bovis* in not attacking casein and in fermenting inulin and raffinose, even with *W* as source of nitrogen. It often ferments starch and mannite (No. 3 even sorbite). All strains with the exception of No. 1 will, with suitable nitrogenous food, ferment xylose. One strain (No. 8) which was found abundantly in some dried white of egg (hens egg) from China, was also found to ferment arabinose and glycerin[1]).

Sc. inulinaceus forms for the most part short chains on all substrates. It has no capsule in milk. On agar streak, the cells are often markedly elongated. In stab cultures, there is no indication of surface growth.

[1]) The East Asiatic Company, of Copenhagen, made some experiments in China with a view to the production of dried eggs. When concentrated in a vacuum at 30°—40° the white of egg turned to a slime, which held the water very strongly. In this slime, we found the above-mentioned inulin-fermenting coccus, together with a coli form. These bacteria do not appear, however, to be responsible, either separately or together, for the slime formation.

In their attitude toward the various sugars, *Sc. bovis* and *Sc. inulinaceus* are so closely related that they might be regarded as *A*- and *X*-forms of the sam especies. As, however, they also differ in so many other respects, I have considered it most correct to establish two distinct species, though I must admit that in the case of some intermediate forms (*0*-forms) it is difficult to say where they should be placed.

Streptococcus fæcium (Table XX) is the most frequently occurring streptococcus in the human fæces. It is also found in the fæces of other mammals, and in this respect, strains

Table XX.

No.	Streptococcus fæcium isolated from:	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Fæces 2	C	1,1	0,8	3,6	3,4	3,4	3,4	6,3	6,3	5,0	4,2	4,7 0,2	4,7	4,1	0,6	0	1,6	0,2	4,1	5	5,0	1,6	0,3
2	» 2	»	0,9	0,8	4,1	3,4	3,4	3,3	6,3	6,1	5,0	4,3	0,5	5,0	4,3	0,5	0	1,6	0,2	4,1	3	5,9	1,1	0,3
3	» 2	»	0,8	0,7	3,8	0,5	3,4	2,9	6,1	5,6	5,4	4,1	4,7	5,0	4,1	2,3	0,5	1,4	0,5	4,1	7	5,0	5,8	0,3
4	» 4	»	0,7	0,7	4,3	2,3	3,4	3,2	6,8	6,1	5,4	4,1	5,2	5,0	4,3	3,6	0	1,4	0,2	3,6	5	5,2	4,5	0,3
5	» 2	»	1,1	0,9	4,1	3,2	0,2	2,9	5,9	5,2	5,0	3,4	4,5	4,7	4,1	0,6	0	1,6	0,3	3,8	4	5,2	2,1	0
6	» 5	»	0,7	0	4,5	3,4	0,2	4,1	7,7	7,2	6,8	4,5	5,4	6,8	5,2	4,7	0	2,5	0,2	5,4	4	5,4		
7	Schwedish Yoghurt	»	0,2	0,2	5,6	1,8	0	3,8	8,3	7,4	6,8	5,0	4,5	7,4	5,4	0,9	0	2,5	0	5,9	6	4,5		
8	Milk left to stand 24 hours at 50°	W	0,8	0	2,7	0,5	0	2,0	4,4	4,3	3,8	1,9 2,7	3,4 4,1	4,3	3,2	0,9	0	1,6			3	6,3	4,1	0,6
		C	0,9	0	4,5	1,8	0,2	3,6	7,0	6,8	6,3	5,0	5,6	6,3	5,6	4,1	0,2	4,1	0	5,2				
9	Soured potatoes 1 I	»	0,7	0,5	4,0	2,1	0,5	2,7	5,4	3,0	4,1	3,8	4,5	5,2	4,1	3,0	0,1	1,4	0,2	4,2		3,6		
10	Soured potatoes 2 I	»	0,7	0,7	3,7	2,0	0,5	2,7	5,4	4,3	4,1	2,3	5,6	5,0	4,1	2,3	0,1	1,3	0,2	4,0		3,6		
11	Fæces 1	»	1,1	1,6	3,2	1,1	0,5	2,5	5,6	5,6	5,4	3,2	2,9	4,5	3,6	2,0	0,7	2,5	0,7	3,2	2	5,2	3,6	÷ 0,3
12	Fæces from bottle fed child I	»	0,9	1,6	3,6	0,2	0,2	3,4	6,5	6,8	6,5	4,1	4,7	6,1	5,2	4,3	0,2	3,2	0,2	4,7	9	4,3		
13	Fæces 2	»	0,7	0,9	4,1	0,7	0,5	3,2	6,8	5,9	5,9	4,3	5,2	5,0	4,1	3,4	0,5	1,4	0,5	3,4	4	6,8	4,5	0,4
14	Dairy-cheese 2 P 3 months	W	0,8	0,1	2,7	0	0	0,6 1,8	4,3	4,7	3,8	2,3	0	3,6	3,0	0	0				6	4,7	4,4	÷0,2
		C	0,5	0,2	5,2	0	0	3,4	7,0	7,0	7,0	4,5	0,9	6,8	5,4	0,5	0,2	2,0	0	5,9				
15	Fæces 2	»	0,7	0,9	4,1	0,4	0,2	3,2 0,5	6,3	6,5	6,1	4,3	0,5	4,7	4,3	0,5	0,5	1,4	0	3,4	2	6,3	4,2	0,3
16	Calf fæces 6	»	0,2	0,7	5,0	0	0,2	0,2	6,8	5,9	6,1	4,1	0,5	5,0	4,7	0,7	0,5	1,4	0,5	4,5	2	5,4		
17	Dutch butter 1	W	1,4	0,2	0,5	0	0	0	5,0	5,0	3,2	2,5	0,1	4,7	2,7	0,5	0	1,8			2	6,5	5,8	1,6
		C	0,9	0,2	1,1	0	0	0,2	9,0	9,2	8,8	5,9	0,5	8,6	6,5	3,2	0,2	3,4	0	6,5				
18	Mazun *Düggeli*	W	0,5	0	0,2	0	0	0	5,6	5,6	4,7	2,9	0,1	4,7	3,2	0,2	0				5	4,5	0,1	÷0,7
		C	0,9	0,2	1,1	0	0	0,5	9,5	9,2	8,6	6,1	0,7	8,3	5,4	1,1	0,7	2,7	0	7,4				
19	Fæces from arctic fox. North Greenland	»	1,6	3,4	4,7	2,3	3,6	3,8	6,1	5,6	4,7	4,3	5,9	4,7	4,7	1,6	0,4	2,3	0,5	4,5	2	4,7	5,6	0,2
20	Fæces from a seal. North Greenland	»	0,7	0,7	4,3	2,3	0,5	3,6	6,5	5,2	3,8	4,5	5,2	5,4	4,7	0,7	0,5	1,8	0,9	4,7		2,7	÷ 0,4	÷1,6

Nos. 19 and 20 are particularly interesting, having been isolated from fæces which were extracted with due precautions as to sterility from the rectum of a blue fox and a seal (*Phoca foetida*) in the extreme north of Greenland, at a spot where infection from without would be most unlikely to take place[1]). *Sc. fæcium* must therefore be one of the commonest intestinal bacteria among animals. It has a high power of resistance, and not a single one of the strains has died out under our hands during the years we have had them. It is also fairly omnivorous, and can grow at widely different temperatures, so that it should be able to thrive practically everywhere throughout the world.

It can stand heating to 70°—75°. All strains develop at 10°, and some even at 5°. It exhibits lively growth right up to 50°. Exceptions are the two strains (17 and 18) with slight fermentation of arabinose, which do not thrive over 47½°. Owing to its good growth at 40°—50°, it may be found in milk which has been kept at high temperatures, as with Nos. 7, 8 and 18. For the same reason, it is found in vegetable matter stored warmly in pits, as Nos. 9 and 10, which were found in boiled potatoes which had soured spontaneously.

Streptococcus fæcium grows rapidly in broth, but comparatively slowly in milk and never attacks casein to any considerable degree. It always ferments arabinose, but only exceptionally (Nos. 11, 12 and 19) any great quantity of xylose. It generally ferments mannite and saccharose, but in respect of this faculty, fluctuations may be observed even in one and the same strain. No. 1, for instance, on the first investigation, fermented saccharose, and No. 15 mannite, but by the very next investigation, they had permanently lost this power. In their relation to the sugars, the non-saccharose-fermenting strains resemble *Streptococcus lactis*. Nos. 1—4 ferment sorbite, and are thus nearer the species next following, *Sc. glycerinaceus*, *Sc. fæcium* often ferments rhamnose and raffinose, but in this respect, we may also find differences within one and the same strain. The present species is thus characterised by a comparatively wide range of variation, and it is therefore not remarkable that strains of the same origin (Nos. 2, 3, 5, 13 and 15) should exhibit such differences in respect of fermentation power as shown in the table.

Streptococcus fæcium is a pronounced diplococcus, (Pl. XV—XVI) which does not as a rule stretch before division, and may therefore — especially on solid substrates — present a micrococcus-like impression. Even in broth, it only forms very short chains. Some few strains (6 and 12) can form elongated cells on *AG*.

Streptococcus glycerinaceus (Table XXI). I have named it from its remarkably powerful fermentation of glycerin. The few strains which we have succeeded in isolating were all with one exception derived from cheese. As it grows, in contrast to most true lactic acid bacteria, equally well on *AG* and *SG*, its presence in a substance is most easily discerned by spreading a little on *AG*. In stab cultures, it exhibits a somewhat stronger tendency to surface growth than the other lactic acid bacteria. Like *Streptococcus fæcium*, it can often stand heating to 70°—75°. It grows between 10°—45°, and two of them (6 and 7) even developed at 50°.

---

[1]) These strains arise from an expedition of Knud Rasmussen. The samples of fæces were taken by the Swedish botanist, the late Dr. Thorild Wulff, and sent to Prof. Barthel in Stockholm for a complete bacteriological investigation. The isolated lactic acid bacteria were further sent to me to be exactly identified.

Table XXI.

No.	Streptococcus glycerinaceus isolated from	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Dairy cheese 5 R 1 month	W	1,5	1,9 0,5	0,4		2,3	1,7	3,7	4,3	4,1	2,6	0,5	3,4	2,9	0,1	0				3	5,4	5,3	0,3
		C	2,5	2,7	0	1,8	4,3	4,7	6,5	8,3	6,5	5,4	0,5	6,5	5,9	0,2	0	2,7	0,2	5,9				
2	Dairy cheese 5 R 4 months	W	1,5	1,9 0,5	0,4		2,5	2,3	3,8	4,3	4,1	2,5	0,5	3,4	2,9	0,2	0				3	5,2	4,3	÷ 0,6
		C	2,5	2,7	0	2,3	4,5	4,7	6,5	7,7	7,0	5,2	0,7	6,1	5,6	0,2	0,2	3,4	0	5,9				
3	Dairy cheese 9 R 1 month	W	1,5	2,0 0,5	0,7 0		2,3	2,5	3,7	4,3	4,5	2,5	2,0	3,4	2,9	0,4	0,5				4	4,7	0,3	0
		C	2,5	1,1	0	2,0	4,3	5,0	7,7	7,9	7,2	3,6	7,0	6,5	5,4	0,7	0,5	2,5	0,2	5,9				
4	Dairy cheese 9 R 3 months	W	1,6	1,8 0,8	0,1		2,3	2,4	3,7	4,1	4,3	2,5	2,9	3,8	2,7	0,5	0				4	5,0	3,4	0
		C	2,5	2,7	0	2,0	4,5	5,0	7,7	7,9	7,7	5,4	7,0	6,5	5,9	0,5	0,5	2,7	0	6,1				
5	Fæces from bottle fed child I	C	2,3	0	0,5	1,4	3,8	3,8	6,3	6,5	7,8	4,1	5,2	6,1	5,2	0,9	0,2	2,9	0,5	5,6	11	4,7		
6	Dairy cheese 1 P 3 months	W	1,8	0,4 0	0,4 0		2,3	2,3	3,6	4,2	3,8	2,2	3,2	3,6	2,6	0,4	0				9	3,6	0,8	0,8
		C	2,7	0	0	1,1	3,4	4,5	7,9	7,4	7,7	3,8	6,3	7,0	5,4	0,7	0,5	2,7	0	5,0				
7	Surface of the Camembert cheese 4	C	2,4	0,7	1,4		3,2	3,4	5,5	5,4	5,2	3,4	3,2	4,7	3,7	0,8	0,6	2,5	1,0	4,6	6	4,3		

Sc. glycerinaceus always takes several days to coagulate milk at 30°, and it has likewise no pronounced power of attacking casein. It grows better in sugar broth, and grows not only, as mentioned, in sugar-free gelatin, but also in sugar-free broth, so that it is capable of developing in cheese after the lactose has been fermented. As a powerful fermenter of glycerin, its growth in cheese is furthered by the fat-splitting process which there takes place. It ferments not only glycerin, but also other alcohols, such as mannite and sorbite, and even shows some indication of fermenting dulcite. Still more remarkable is the fact that some strains (3 and 4) can form up to 2‰ lactic acid from inosite. It always ferments rhamnose, and often xylose. The bacteria coming under this head have shown a remarkably constant power of fermentation with all sugars, except the pentoses, a perceptible decline being here observed during the years we have had them under cultivation[1]); we are therefore also disinclined to attach great importance to the difference in power of fermenting xylose shown by the strains investigated. In contrast to the remaining strains, Nos. 1 and 2 have an extremely slight fermentation of saccharose. As regards the polysaccharides, dextrin is the only one which *Sc. glycerinaceus* ferments to any considerable degree.

[1]) The quantities of acid noted in the tables were in *W* derived from the freshly isolated cultures, wherefore there is sometimes a higher fermentatio of pentose in *W* than in *C*.

In this group (Pl. XVII—XVIII), we encounter both pronounced diplococci (1, 3, 4 and 7) and pronounced streptococci (2, 5 and 6); even strains which appear identical in biological respects (1 and 2, for instance, which were, moreover, isolated from the same cheese) may differ widely as regards their morphological features, the difference here being maintained throughout a period of years. No. 6 (Pl. XVIII) forms particularly long, tangled chains and thus makes a very typical flaked precipitate in broth. The diplococcus-like forms in streak cultures, and especially at maximal temperature, exhibit markedly pointed cells (No. 4, Pl. XVII).

Streptococcus liquefaciens (Table XXII) liquefies gelatine and peptonises milk strongly, especially when the acid formed therein is neutralised with chalk. Otherwise, in cultural and morphological respects, as well as in its relation to temperature and

Table XXII.

No.	Streptococcus liquefaciens isolated from	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curding	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	*Micrococcus casei amari, Freudenreich*	W	2,0	0	0,6 0,1	0	2,5	2,3	4,2	4,3	4,3	2,4	3,4	3,8	2,9	0,5	0,1				1	7,7	82	34
		C	3,4	0	0	0	4,3	3,6	7,9	8,1	7,4	3,8	6,5	6,8	5,2	0,7	0,5	3,6	0,2	5,4				
2	Dairy cheese 1 P 3 months	W	1,7	0,1	0,1		2,5		4,1	4,4	4,3	1,9	2,3	3,7	3,1	0,2	0				1	6,8	74	25
		C	1,6	0,5	0,2	2,0	3,6	3,4	6,1	6,1	5,9	4,0	3,4	5,0	4,5	0,7	0,7	2,3	0,7	4,5				
3	Dairy cheese 5 P 1 months	W	1,7	0	0	0	2,9	2,5	4,1	4,4	4,5	2,4	2,7	3,8	2,9	0,2	0				1	7,2	81	28
		C	2,0	0,2	0,5	0,5	3,6	3,8	7,0	7,0	6,8	4,1	3,6	5,4	4,7	1,4	0,5	2,9	0,7	4,3				
4	Cheese 15 I	W	0,8	0,1	0,4	0	2,7	2,0	3,3	3,6	3,4	2,2	3,3	3,2	2,4	0,1	0	3,6	0		1	7,0	84	28
		C	2,7	0	0,5	0	5,2	5,6	5,6	6,5	6,1	4,5	7,2	6,3	5,6	0,9	0,2	3,6	0,5	5,2				
5	Fæces 6	C	2,7	0	1,6	0,9	4,7	5,0	6,1	6,3	5,4	4,3	4,7	6,5	5,2	2,0	1,4	3,4	1,6	4,5	1	7,0		

the sugars, it exhibits such complete resemblance to the foregoing species, that it should be regarded as a *Sc. glycerinaceus liquefaciens*. It is often found in the udders of cows[1]), and it is more than any other bacterium the cause of premature curdling of milk, or its becoming cheesy in the fermentation test. It curdles milk not only by its proteolytic enzyme, but also by strong acid formation. Owing to the peptonisation, it renders milk and cheese bitter to the taste, and has made itself remarked thereby. FREUDENREICH, who was the first to isolate it, also called it *Micrococcus casei amari*[2]).

We are in possession of these original cultures (1), which on Agar streak has a micrococcus-like appearance (Pl. XVIII). Strains subsequently isolated, on the other hand (2 and 3) showed elongated cells on Agar. A strain isolated from fæces (5) which was dis-

[1]) ROGERS and DAHLBERG, Journal of Agricultural Research 1914, p. 491. BURRI and HOHL, Schweizerische Milchzeitung 1916, Nos. 3—8.

[2]) Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz 1894, p. 136.

tinguished by being able to ferment some arabinose, raffinose, inulin and starch, was a pronounced streptococcus. No. 1 — like most of the gelatin-liquefying bacteria.— liquefies *AG* more strongly than *SG*, whereas the reverse is the case with Nos. 2 and 3; No. 2, indeed, does not liquefy *AG* at all. *Sc. liquefaciens* has shown no tendency to lose its peptonising power, and its power of fermenting sugars is no less constant than that of *Sc. glycerinaceus*, which is apparent, *inter alia*, from the fact that the No. 1 strain, which is now 25 years old, ferments the same sugars with the same degree of intensity as freshly isolated strains. Nos. 1 and 5 are powerful inosite fermenters.

Remaining Saprofytic Streptococci (Table XXIII). Of the streptococci which we have investigated, there are eight now left, of which no less than 6 are derived from cowdung (three of them, moreover, from the same cowdung) which cannot properly be placed under any of the foregoing species, and which on the other hand have not sufficient qualities in common to permit of their being taken together as a new species. In all

Table XXIII

No.	Streptococci not to be ranged in the before mentioned groups isolated from	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Bovine fæces 2	C	1,1	0,8	5,0	2,7	2,9	1,8	5,2	5,2	5,0	4,5	3,6	4,1	4,1	0,7	0,2	3,6	3,8	4,1	2	5,2	1,8	0
2	» » 2	C	1,4	0,9	4,7	2,9	2,5	2,5	3,4	3,4	3,2	2,9	2,7	4,3	3,6	0,7	0,2	1,8	0,9	3,2	3	5,6	0,4	÷ 0,3
3	» » 2	C	0,9	1,6	2,5	0,9	0,5	2,3	4,7	4,5	4,7	2,5	4,1	4,1	3,8	3,4	0,4	2,0	0,5	2,5	2	7,4	2,1	÷ 0,3
4	Sour cabbage 2 [1]	C	0,9	3,5	4,0	0,3	0,3	2,8	4,5	5,3	4,7	3,6	4,3	4,7	4,2	0,6	0,2	4,0	1,6	4,7	1	6,4	0	÷ 1,5
5	Bovine fæces 5	C	1,4	4,3	4,1	0,3	0,2	3,4	3,8	5,4	5,6	5,0	5,4	5,2	5,0	0,7	0,3	4,1	4,1	5,2	2	7,0		
6	» » 4	C	0,7	4,5	5,0	0,2	0	3,4	5,6	5,4	5,4	4,5	5,0	5,2	4,5	2,0	0,3	4,1	4,1	5,2	2	7,0	3,9	0
7	Kefir 2	W	0,3	1,6	0,6	1,0	0	1,8	3,6	3,2	2,3	2,7	3,4	2,6	3,2	0	0				1	7,7	14,1	5,7
		C	0	3,4	0,5	2,0	0,2	3,6	7,0	6,8	6,3	5,4	6,5	6,3	6,5	0,5	0,2	4,7	0	4,3				
8	Bovine fæces 6	C	0,9	5,9 0,3	0,5	0,5	0,3	0,2	5,0	5,3	5,0	4,3	5,4	5,0	4,5	2,9	0,5	2,0	0,7	4,3		2,3	1,7	2,2

[1]) German: Sauerkraut.

probability, we have here several new species but we know as yet too few strains of each to furnish material for an estimate as to which of their qualities are essential and which are not.

No. 3 grows best at indoor temperature, the remainder at 30°. With the exception of No. 7, which still grows well at 45°, none of these bacteria will develop at temperatures over 40°. In their relation to the sugars, and to common salt, the two first strains resemble the sorbite-fermenting strains of *Sc. fæcium*, but differ therefrom by the low maximal temperature. No. 1 further differs in its comparatively strong fermentation of starch, in which respect it resembles strains (4), 5 and 6. A transition form to these last is presented by No. 3, with its power of fermenting both xylose and arabinose. Of pentoses, No. 7 ferments only xylose (and, like Nos. 1 and 2, rhamnose) and No. 8 ferments neither pentoses nor alcohols, but, like Nos. 3 and 6, raffinose.

In morphological respects (Pl. XIX), all these bacteria resemble *Sc. lactis*, and it is not impossible that they should — with the exception of Nos. 1 and 2 — be regarded as saccharose-fermenting strains of this species. We have already seen that the power of fermenting saccharose is not one of the most constant qualities, and we find accordingly, in several species (e. g. *Sc. fæcium* and *Sc. glycerinaceus*) both saccharose-fermenting and non-saccharose-fermenting strains. In any case, No. 7, with its not inconsiderable power of attacking casein, is closely allied to *Sc. lactis*.

Remaining Patogenic Streptococci (Table XXIV, Pl. XX). For purposes of compari-

Table XXIV.

No.	Examples of pathogenic Streptococci	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	
1	*Sc. pyogenes Kral*	C	0	0	0,2	0	0	0	3,6	4,1	3,4	2,7	3,8	4,1	0	0	0	2,7	3,4	3,2		0,2	
2	Strangles *C. O. Jensen*	»	0	0	0	0	0	0	4,1	5,0	4,5	2,3	5,2	4,1	0	0	0	4,5	5,2	3,2		0,2	
3	Epizootic Pneumonia of the horse *C. O. Jensen*	»	0	0	0,5	0	4,1	0	4,5	5,4	4,7	3,8	5,4	4,5	4,5	0	0	5,0	5,6	3,4		1,6	
4	Petechial fever of the horse *C. O. Jensen*	»	0	0	0	0	4,3	0	4,3	5,0	4,5	3,6	5,2	4,7	4,3	0	0	5,0	5,6	3,6		1,6	
5	Navel and joint evil of foals *C. O. Jensen*	»	0	0	0	0	4,1	0	4,3	5,0	4,5	3,4	5,4	5,0	4,3	0	0	4,7	5,6	3,8		1,6	
	Sc. glycerinaceus Nr. 5	»	2,3	0	0,5	1,4	3,8	3,8	6,3	6,5	6,8	4,1	5,2	6,1	5,2	0,9	0,2	2,9	0,5	5,6	11	4,7	
6	Facial erysipelas *Oluf Thomsen*	»	0,2	0	0	0	0	3,8	3,8	4,7	4,1	2,7	5,0	4,3	3,2	0	0	2,7	0,7	3,4		1,1	
7	Sc. mouse *Vilh. Jensen*	»	0	0	0,5	0	0	2,9	5,6	5,6	5,2	4,3	5,4	4,3	0,2	0	0	2,7	0	5,2		1,8	
	Sour cabbage 1	»	0,2	0,2	0,2	0	0	0,9	5,6	5,4	5,3	3,4	5,2	3,4	0,6	0	0	2,3	0	5,3		1,6	
8	Sc. rabbit *Vilh. Jensen*	»	0,9	0,2	0,5	0	0	0,2	4,5	4,5	4,3	3,2	4,7	5,2	0	0,5	0	2,7	0	2,9		0,7	Red. in Agar stab.
9	Sc. pus *Vilh. Jensen*	»	0,9	0,2	0,5	0	0	0,2	5,0	4,3	4,1	3,2	5,0	5,0	0	0,5	0	2,7	0	2,9		0,7	»
	Sc. fæcium No. 12	C	0,9	1,6	3,6	0,2	0,2	3,4	6,5	6,8	6,5	4,1	4,7	6,1	5,2	4,3	0,2	3,2	0,2	4,7	9	4,3	
10	Sc. new *Vilh. Jensen*	»	0,5	0,2	5,4	0	0,2	3,6	7,7	7,2	7,0	4,5	7,0	6,5	5,6	3,8	0	2,3	0	5,9	5	4,7	
11	Sc. Fredericia *Vilh. Jensen*	»	0,5	0,2	5,6	0	0,2	4,1	7,9	7,4	7,0	4,5	7,0	6,8	5,0	4,5	0	2,5	0	5,9	6	4,3	
	Sc. fæcium No. 6	»	0,7	0	4,5	3,4	0,2	4,1	7,7	7,2	6,8	4,5	5,4	6,8	5,2	4,7	0	2,5	0	5,4	4	5,4	

son with our saprophytic streptococci, we have investigated, by the same methods, some few pathogenic streptococci, kindly furnished by Professor, Dr. C. O. JENSEN, Dr. WILHELM JENSEN and Dr. OLUF THOMSEN. All of them form dextro-lactic acid without any considerable quantity of by-products. Nos. 1—9, which appear in all nutritive substrates as shorter or longer chains, will not stand heating beyond 60°, and thrive very poorly below 15° and over 40°. Nos. 10 and 11, on the other hand, which in all nutritive substrates appear chiefly as diplococci, are not killed until 75°, and grow well at temperatures from 12° to 50°. They are thus not affected even by the highest fever temperatures. Nos. 8—11 were not difficult to keep alive with the nutritive substrates employed, whereas most of the other pathogenic streptococci died off in course of time.

As regards the chain-forming strains, it would be natural to consider them related to *Sc. mastitidis*, which forms the proper connecting link between the streptococci of milk and the true pathogenic streptococci; they resemble this form also in growing particularly badly in yeast extract. Some of them also ferment starch (without attacking raffinose and inulin), which was, as we have seen, a particular characteristic in the freshly isolated strains of *Sc. mastitidis*. They form no colouring matter from it, however, and differ perceptibly from *Sc. mastitidis* by growing poorly in milk; several of them, indeed, do not ferment lactose at all. Like the other long-chained forms, *Sc. mastitidis*, *Sc. cremoris*, *Sc. thermophilus* and *Sc. glycerinaceus* No. 6, they do not ferment pentoses. The strains which produce epizootic pneumonia, as well as petechial fever of the horse and navel and joint evil of foals are distinguished by fermenting sorbite, without being able to attack mannite, which is otherwise far easier to ferment. No. 8, and especially No. 9, are red in the stab in casein peptone agar, a feature which we have not observed in other lactic-acid bacteria, but which is said to be characteristic of *Sc. lanceolatus* and *Sc. mucosus* and which is very common in the propionic acid bacteria. There can hardly be any doubt that the present group contains several new species. In the table, we have shown the fermentation figures for those of our saprophytic streptococci which most nearly resemble them. The one isolated from sour cabbage is a long-chained streptococcus which does not grow at temperatures over 40°.

As regards Nos. 11 and 12 these should, from their appearance, their relation to temperature, and their fermentation of sugars, simply be regarded as pathogenic strains of *Sc. fæcium*.

It follows then, that the name *Streptococcus pyogenes* — like most of the bacteria names hitherto employed — is a collective term, embracing several species. WINSLOW[1]) sets up no less than six species, three of which do not resemble any of our strains.

With regard to *Sc .lanceolatus*, of which we have also investigated one or two strains, and *Sc. mucosus*, these form no considerable quantity of lactic acid at all. Judging from their shape, we may just as well reckon them among the micrococci, and WINSLOW also places them in the genus *Diplococcus*, which comprises the most pathogenic micrococci.

---

[1]) Systematic Relationships of the Coccaceae. New York 1908.

Genus Betacoccus (Abbr. *Bc*).

As mentioned in the introduction to the streptococci, the betacocci are found in green vegetable matter and juicy roots. They are as widely distributed in beets as the saccharomyces on sweet and juicy fruits. They are introduced with vegetable food into the intestinal canal of animals, and pass thence into the milk. In the retting process we always encounter arabinose-fermenting betacocci, which might be connected with the fact that pectin substances always contain an arabinose group[1]). As these bacteria can make vegetable matter tender, e. g. sour cabbage, it is possible that they play some part in the retting process itself; this point, however, we have not yet been able to elucidate thoroughly. As the betacocci are far more variable in all respects than the streptococci, it is very difficult to divide them up into clearly defined species, and I therefore prefer to treat the genus *Betacoccus* under one head, and merely note in conclusion what features might seem to justify our uniting certain strains into independent species. In Tables XXV a and b and XXVI, they are arranged principally according to their relation to the pentoses.

The betacocci can as a rule stand heating to 60°, but rarely to 65°. In a slimy state, however, they can stand higher temperatures, as the slime protects them, and it has been observed at sugar factories that thin syrup which had been heated to 80°—85°, and could not possibly have become infected afterwards, has grown slimy (No. 11 has formed zoogloea masses under such conditions). The optimal temperature lies at about 30° or under, a single strain (No. 14) was even found to grow best at indoor temperature, and this temperature is, as in the case of *Sc. cremoris*, the most favourable one for slime formation. The maximal temperature is 35°—37° (rarely 40°) and the minimal 5°—7°. Some few strains (Nos. 1, 45, 46 and 47) grow, however, at 45°, but on the other hand thrive but poorly below 15°.

The betacocci always form lævo-lactic acid, more rarely also equivalent quantities of dextro-lactic acid, so that we find inactive lactic acid (Nos. 43—47). As certain strains (Nos. 6, 41 and 42) in a freshly isolated state formed inactive lactic acid, and later only lævo-lactic acid, this is evidently a variable quality, which cannot be used by itself as a species character. The betacocci also as a rule develop gas, (carbonic acid with more or less hydrogen). The gas development is strongest in lævulose solutions, and next in cane

[1]) Felix Ehrlich: Chem. Zeitung 1917, 41, p. 197.

Table XXV a

No.	Betacoccus A-and A + X forms isolated from	Rotatory power of the lactic acid.	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid.	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN	Appearance in saccharose gelatin
1	Emmental cheese	1	W	0	0,7	3,2	0	0	0,5	2,9	2,5	2,5	2,5	2,3	1,4	2,3	0	0	0	0	0					
			C	0	0,9	9,9	0	0	0,9	6,5	6,3	5,0	4,7	1,4	1,4	6,1	0	0,2	0,2	0	0,5	6	5,4	÷1,2	÷0,4	0
			Y	0	0,9	6,8	0	0	0,9	5,6	5,6	4,7	4,1	2,3	2,9	6,1	0	0	0,2	0	0					
2	Bovine fæces 1	1	C	0,5	0	4,3	0,7	0,2	0,5	3,6	2,9	2,7	1,6	1,6	2,7	2,9	2,5	0,2	0,5	0,5	0,2		0,7			0
3	» » 2	1	C	0,2	0,7	3,6	0,5	0	0,2	2,7	1,8	2,3	0,9	2,3	1,8	1,1	1,1	0	0,5	0,5	0		0,7			0
4	Dairy cheese 8 R 3 months	1	W	0	0	4,7 1,8	0	0	0	1,1	2,0	1,8	1,4	0 1,1	1,1	1,1	1,1	0	0	0						
			C	0,2	0	7,7	0	0	0	5,0	5,2	5,4	3,2	1,6	2,0	4,3	1,1	0	0	0	1,8	6	5,5	÷1,6	0	m
			Y	0	0	5,2	0	0	0		6,8		4,1	5,6	6,5		6,3	0	0	0	1,8					
5	Dairy cheese 7 R 4 months	1	W	0	1,4	3,8	0	0	0	2,7	2,7	2,7	2,7	2,3	2,7	2,3	1,4 0,2	0	0	0		2	7,2			
			C	0	0,9	7,9	0	0	0	6,5	6,3	5,4	5,2	1,6	4,1	4,3	1,1	0,2	0,2	0	4,5	9	5,4	2,8	0,6	m
6	Dairy cheese 9 R 4 weeks	i	W	0	0,9	5,4	0	0	0,7	4,3	2,7	1,8	2,3	3,4	1,6	1,6	0,2	0	0	0						
		1	C	0	7,2	0 6,8	0	0	1,6	6,8	6,8	7,0	0	5,6	2,0	0,7	0	0	0	0	4,1	4	5,4 2,0	÷2,8	÷0,6	Ml
			Y	0	1,1	4,5	0	0	1,6		6,1		3,6	5,0	6,1	5,4	5,6	0	0	0	4,1					
7	Dairy cheese 9 P 1 week	1	W	0	0,9	5,4 0	0	0	0	3,2	2,9	1,8	2,0	2,7	1,4	2,0	0	0	0	0	0					
			C	0,2	0 6,5	0	0	0	0	7,0	5,4	7,0	3,2	6,8	8,1	5,0	0,2	0	0	0	0	3 8	10,4 3,4	0,7	0	Ml
			Y	0	6,1 1,1	0	0	0	0		6,1			5,2			0,7	0	0	0	0					
8	»	1	W	0	0,9	5,4 0	0	0	0 0,7	4,3	2,7	2,0	2,3	2,9	1,6	1,9	0,8 0,1	0	0	0	0					
			C	0	0	0	0	0	0	6,8	5,0	4,5	2,7	6,1	4,7	4,7	0,2	0,2	0	0	0,5	2 10	6,8 3,8	÷0,1	÷1,0	Ml
			Y	0	1,8	0	0	0	1,4	5,9	5,9	6,5	3,6	6,3	5,0	7,9	0	0	0	0	0					
9	»	1	W	0	0,9	5,0 3,2	0	0	0 0,9	4,3	2,9	2,0	2,3	3,6	2,0	2,3 1,4	0,8 0,1	0	0	0	2,5	3	6,2	3,7	1,6	Ml
			C	0	0	5,4	0	0	0	7,2	5,9	2,7	1,6	2,5	4,7	1,1	0,2	0,2	0	0	4,5		2,7			
			Y	0	1,8	3,6	0	0	0,9		6,1	5,6	3,8	5,6		2,9	2,3	0	0	0	4,5					
10	Kefir 2	1	C	0	3,6	3,2	0,2	0	0	5,2	1,6	2,0	0	4,3	1,6	0	0,2	0	0	0	0		2,5			Ml
			Y	0	5,0	2,9	0	0	0		4,1	4,1	3,4	5,0	4,7	5,0	0	0	1,6	0	0					
11	Slimy thin sirup from NakskovSugar Factory. The sirup was heated 3/4 hour at 80° – 86°	1	W	0	3,4	4,1	0	0	0	3,4	2,5	1,1	1,1	2,9	2,3	2,5	1,1	0	0,2	0	1,6		2,0			Ml
			C	0	7,9	9,0	0	0	0	5,9	6,3	4,1	1,1	6,1	4,1	1,8	0,5	0	0	0	4,1		2,3			
			Y	0	4,5	3,4	0	0	9,0	2,7	5,9	1,8	0,5	5,0	2,9	1,8	0,7	0	0	0	4,1					
12	Slimy raw juice from NakskovSugar Factory		W	0	2,7	1,8	0	0	0	5,9	2,0	6,8	4,5	2,5	5,4	1,6	2,7	0	0,5	0	2,0					M
			C	0	8,6	7,9	0	0	0		7,0			6,8		4,5	6,5	0	0	0	5,0					Ml
			Y	0	9,0	1,8	0	0	0,9		7,2			6,3			5,2	0	0,2	0	5,0					

Table XXV b

No.	Betacoccus A- and A + X forms isolated from	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN	Appearance in saccharose gelatin
13	Rotten swede II	l	W	0	0,8	2,3	0	0	1,1	5,2	2,5	2,7	2,0	2,7	1,8	2,0	2,3	0	0	0	2,3		2,0			M
			C	0,2	8,8	10,4	0	0	0,5	6,3	6,8	5,0	3,6	6,1	1,6	4,1	5,6	0	0	0	3,4					
14	Rotten swede IV	l	W	0	2,5	4,7	0	0	0,7	5,0	2,0	1,1	0,7	3,6	1,1	0,9	1,6	0	1,1	0	0		4,1			Ml
			C	0	7,4	8,3	0	0,2	0,5	5,6	4,5	5,2	2,7	5,4	2,7	3,8	5,2	0,2	1,4	0,5	2,9					
15	Rotten swede III	l	W	0	0,5	6,3	0	0	0	5,4	2,5	2,3	2,5	2,9	2,5	2,3	2,0	0	0	0	2,0	12	3,4			Ml
			C	0	7,2	10,6	0	0	0,5	6,3	6,5	4,1	3,2	5,6	3,8	4,3	5,2	0	0	0	4,1					
16	Rotten swede I	l	W	0	0,5	2,9	0	0	0,9	5,0	2,5	2,7	2,3	2,9	2,0	1,6	1,8	0	0,5	0	2,0	8	3,4			ml
			C	0	6,1	10,4	0	0	0,5	6,3	6,1	4,5	4,3	6,1	3,4	4,1	5,0	0	0,2	0	4,1					
17	Soured potatoes 1 I	l	C	0	7,5	5,5	0,1	0,1	0,9	6,1	5,4	3,5	3,3	4,5	4,8	2,8	3,8	0,1	0,6	0,1	3,3		1,6			Ml
18	Soured potatoes 2 II	l	C	0	10,3	10,1	0,3	0,1	0,3	6,3	4,7	2,0	3,4	5,3	3,3	3,6	5,1	0,2	0,6	0,1	3,2	12	4,3			Ml
19	Sour cabbage 1	l	C	0,1	3,4	4,5	0,2	0,2	0	5,4	5,2	5,0	3,2	5,4	4,7	3,8	5,0	0,7	0	0	1,6		1,6			ml
20	» » 2	l	C	0,1	6,9	7,9	0,1	1,6	0,7	5,9	4,8	4,5	3,5	5,6	3,6	3,8	4,5	0,1	0,5	0	2,8		0,9			ml
21	» » 2	l	C	0,1	5,2	9,0	0,1	0,5	0,2	5,9	2,9	3,6	2,7	5,6	4,3	4,3	5,0	0,2	0,5	0	2,5		1,6			M
22	» » 1	l	C	0,1	6,8	7,9	0,2	0,5	0,5	6,1	5,0	4,3	3,6	5,2	5,0	4,5	5,0	0,7	0,1	0	3,4		1,6			M
23	» » 2	l	C	0,1	7,1	7,7	0,1	0,2	0,3	6,1	5,4	5,0	3,6	5,4	5,4	4,5	5,2	0,2	0,6	0	2,9		1,8			M
24	» » 1	l	C	0,1	3,7	5,4	0,2	0,3	1,1	5,9	4,5	4,1	2,9	4,7	3,6	1,6	4,5	0,7	0,1	0	3,6		0,9			M
25	» » 1	l	C	0,1	4,7	5,9	0,1	0,2	1,5	6,0	4,1	4,1	2,5	5,4	4,5	0,5	0,2	0,7	0	0	3,4		0,5			M
26	» » 2	l	C	0,1	5,0	8,8	0,1	0,2	0,3	5,9	5,2	4,3	3,8	5,4	5,2	3,6	4,7	0,2	0,3	0	3,8		1,6			Ml
27	» » 2	l	C	0,1	8,3	8,1	0,1	0,2	0,2	6,1	5,0	4,5	3,8	5,6	5,0	4,3	5,2	0,2	0,6	0,3	0,7		2,0			Ml

sugar solutions. Under these conditions, we find a considerably greater quantity of acetic acid formed than in dextrose solutions. In lævulose solutions, the strongest gas-developers (*A* + *X*-forms) also produce some mannite. In most strains, however, the gas development is so slight that it can only be observed by sowing out strongly in tall sugar agar tubes, and a few strains (Nos. 1, 2, 3, 28, 36, 37 and 43—47) do not seem to develop gas at all. Several of these last grow chiefly in the upper part of the agar tube, though they are not otherwise obligatorily aerobic. In stab cultures, for instance, they do not show real surface growth, any more than the other betacocci. The gas-developing strains all form more (*M*) or less (m) slime (*mucosus*) from cane sugar. These which do not develop gas on the other hand form (except No. 28) no (0) slime; some of them indeed (as most of those forming inactive lactic acid) hardly attack cane sugar at all. In accordance with the investigations of ZETTNOW[1]), we have found that the slime is only formed from cane sugar (though some strains show an indication of slime formation with raffinose), and

[1]) Zeitschrift für Hygiene 1907, p. 154.

Tabel XXVI.

No.	Betacoccus X - and O - forms isolated from	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN	Appearance in saccharose gelatin
28	Sour cabbage 2	l	C	0	3,5	0,1	0	0	0	5,9	3,6	3,6	2,1	5,6	3,9	3,3	4.2	0	0,3	0	3,4		2,0			m
29	Bovine fæces4	l	C	0,2	5,2	0	0,2	0	0	5,9	3,4	3,6	2,3	5,6	3,2	3,2	3,8	0,5	2,3	0,5	2,5	2	8,3	7,9	1,2	m
30	» » 4	l	C	0,2	6,3	0	0,2	0	0	5,9	2,9	3,6	2,3	5,6	2,0	2,7	4,1	0,2	1,6	0,5	1,8		1,1			m
31	» » 5	l	C	0,5	4,7	0	0,5	0	0	5,6	3,4	3,4	2,5	5,0	3,4	3,2	4,5	0,5	1,8	0,5	3,2	9	7,4	0,7	0	m
32	Calf fæces 2	l	C	0	4,5	0,5	0,5	0,2	0	4,3	2,9	2,5	1,4	3,4	2,3	2,5	3,4	0,5	1,8	0,5	2,0	2	8,6			m
33	Milk Weigmann's collection No. 31	l	W	0	0,2	0	0	0	0	3,6	2,9	3,2 1,4	1,8	3,8	0,9 1,8	0,9	2,0	0	0	0	0		2,9	0,5	0,5	m
			C	0	5,0	0,9	0	0	0	5,9	5,0	5,0	4,7	5,6	4,5	0,5	5,2	0	0,5	0	0		0,5			
			Y	0	2,0	0	0	0	0	6,1	4,7	0	0	0	4,7	0,7	0	0	2,0	0	0					
34	Dairy cheese 9 R 3 months	l	W	0	2,0	0	0	0	0	3,8	1,8	1,4	1,4	3,2	0,9	0,7	1,8	0	0	0	0		2,3	12,2	3,2	m
			C	0	7,4	0,9	0	0	0	6,1	5,9	4,3	5,2	7,2	5,6	5,2	5,4	0	0,9	0	0,5	7	7,7			
			Y	0	2,3	0	0	0	0	5,9	6,3	6,8	1,1	6,8	5,6	0,5	7,4	0	0,1	0	0					
35	Dairy cheese 5 P 4 months	l	W	0	0,6	0,1	0	0	0	2,0	2,5	2,0	2,0	1,7	2,4	1,6	0	0	0	0	0					
			C	0	5,4 2,9	0,9 0	0	0	0,2	5,9	5,6	4,3	3,6	4,7	4,5	2,5	0	0	0,2	0	0	2	7,2 2,3	0,6	1,4	m
			Y	0	0	0	0	0	0	6,8	5,4	5,6	3,6	0	5,9	0	0	0	0	0	0					
36	Sourmilk 3	l	W	0	0	0	0	0	0	2,0	2,1	2,8 1,8	1,7 1,0	2,3	2,3	2,3	0	0	0	0	0					
			C	0	0	0	0	0	0	5,2	6,3	5,2	2,0	6,1	5,4	5,0	0	0	0	0	0	4	5,0	0,9	0	0
37	» 3	l	W	0	0	0	0	0	0	1,1	1,8	1,1	1,1	1,4	1,4 0,5	1,1 0,2	0	0	0	0	0					
			C	0	0	0	0	0	0	4,3	5,4	1,8	2,0	1,6	4,3	0,5	0	0	0	0	0		2,0 0,5	1,2	0	0
			Y	0	0	0	0	0	0		5,6	5,0	3,8	5,0		0,9	0	0	0	0	0					
38	Soured potatoes 1 I	l	C	0	0,1	0,1	0,1	0	1,4	6,1	5,0	4,4	0,1	4,7	4,4	0	0,1	0	0,2	0	0,1		0,2			M
39	»	l	C	0	0	0,1	0,1	0	1,4	5,9	4,6	4,3	0,1	5,2	4,3	0	0,2	0	0,2	0	2,4 0,1		0,2			MI
40	Dairy cheese 8 P 3 months	l	W	0	0	0	0	0	0	2,3	2,5	1,8	2,0	0,7	0,2	0,1	0	0	0	0	0					
			C	0	0	0	0	0	0	5,2	5,2	5,2	3,2	2,5	0,5	0,2	0,2	0	0	0	0	2	6,3 0,5	0	0	M
			Y	0	0	0	0	0	0	7,2	5,2	6,5	5,6	6,8	0	0	0	0	0	0	0					
41	do. 1 week	i	W	0	0	0	0	0	0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,1	0,1	1,4 0,1	0	0	0	0	0	10	7,4 0,5	0	0	M
		l	Y	0	0	0	0	0	0	5,2	6,5	6,1	3,6	3,2	0	0,2	0	0	0	0	0,2					
42	Dairy cheese 8 R 1 week	i	W	0	0	0	0	0	0	1,8	2,5	1,6	1,8	2,3 0,9	0,2	1,4 0,1	0	0	0	0	0					
		l	C	0,2	0	0	0	0	0	4,7	4,5	2,7	3,8	5,0	0,2	0,5	0	0,2	0	0	0		2,7 0,7	1,0	0	M
			Y	0	0	0	0	0	0		6,1	4,5		6,1	0	0,5	0	0	0	0	0					
43	Bovine fæces2	i	C	0,7	0,5	0,2	0,5	0	2,7	4,1	3,8	3,4	2,0	0,5	3,2	0,5	0,2	0,2	0,7	0,5	0		0,7			0
44	» » 2	i	C	0,5	0,2	0,2	0,5	0	0	4,3	3,4	3,6	3,4	0,9	4,5	2,9	0	0	1,1	0,5	3,4		0,7			0
45	Calf fæces 6	i	C	0	4,3	0,2	0	0	0	2,5	2,7	3,2	2,0	1,5	2,7	0,9	0,2	0	0	0	0,9		1,4			0
46	Sourdough	i	C	0,1	5,9	0,9	0	0,1	0	5,3	5,4	4,1	3,7	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0	0	5,3		0,5			0
47	»	i	C	0,2	5,9	1,0	0	0	0	5,7	5,4	5,2	3,8	4,2 0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	5,1		0,4			0

consequently not from dextrose, as has been asserted by LIESENBERG and ZOFF[1]). Neither do they form any trace of slime with equal parts of the two components of saccharose, dextrose and lævulose. Acccording to BEIJERINCK[2]), the slime consists of dextran. As shown in ZETTNOW's illustrations (Pl. XXIV), it proceeds from the cell wall. It is formed more rapidly with 5—10% cane sugar than with 2%. In liquids with less than 2 % cane sugar, the slime formation is only slight. Cane sugar broth becomes at first slimy all through, and some few strains keep at this stage for several months (chiefly *X*- and *O*- forms), whereas in the case of other strains, the slime soon contracts, so that zoogloea masses are formed at the bottom of the flask. On cane sugar agar, the slime develops but poorly, but appears in a very characteristic manner on cane sugar gelatin. Large colonies, clear as water, appear on the plates, resembling the colonies of certain aerogenes species (the slimy aerogenes forms produce, however, slime from all the sugars which they ferment) and in stabs, we get very characteristic pictures, as shown in the photographs on Pl. XXV. Though these bacteria do not liquefy ordinary gelatin, and are not provided with other proteolytic qualities, several of them can, after some length of time, liquefy cane sugar gelatin, which figure is indicated in the tables by *l* (*liquare*)[3]).

As the genus *Betacoccus* contains all possible degrees of sliminess and liquefying power, we cannot attach too much importance to these characteristics, and we may find cases where of two strains, otherwise entirely alike (as Nos. 38 and 39, which were, moreover, found in the same sample of material), one will liquefy and the other not.

When isolated from vegetable matter, the betacocci thrive as a rule but poorly in milk; when isolated from milk, on the other hand, or from dairy products, and sometimes from dung, they can form comparatively large quantities of acid in milk, and even dissolve some casein (Nos. 29 and 34). The power of souring milk, however, is comparatively soon lost, but can be regenerated by continued transference from milk to milk. The bacteria are often abundantly supplied with lactase, and it may happen that nearly all the lactose of the milk is hydrolysed without any considerable quantity of it being fermented, which shows that the proteins of the milk are a poor source of nitrogen for them. In contrast to the streptococci, they thrive at least as well with yeast extract as with casein peptone as source of nitrogen. When isolated from beets, they prefer beet juice to casein peptone (Nos. 11 and 12, Pl. XXV).

The betacocci exhibit a certain preference for pentoses. Strains isolated from vegetable matter for the most part ferment both xylose and arabinose, whereas those isolated from dung, milk, or dairy products, will as a rule ferment only one of the two, or sometimes no pentoses at all. Of the hexoses, they often prefer lævulose, and of the disaccharides, often saccharose. They frequently ferment raffinose, but of true polysaccharides, only a little dextrin at the outside. With regard to salicin, the different strains vary con-

---

[1]) Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen. Leipzig 1893, Heft 1.

[2]) Folia microbiologica 1912, I, Heft 4.

[3]) ZETTNOW distinguishes between two types of *Sc. mesenteroides*, *Opalanitza* and *Aller*, which, though it is not stated, undoubtledly correspond to the non-liquefying and liquefying betacocci respectively.

siderably. When they do not ferment raffinose, then in most cases they will not ferment salicin either. The betacocci do not as a rule attack alcohols to any perceptible degree; only a few strains ferment a little mannite (No. 20 even a little sorbite).

No other bacteria have proved so variable with regard to the sugars as the betacocci. The power of fermentation generally declines somewhat in course of time, not only as regards lactose, but also for maltose and raffinose; even, indeed for their favourite foods, such as saccharose and pentoses, and the source of nitrogen employed often exerts a quite remarkable influence. Yeast extract, for instance furthers the fermentation of raffinose in Nos. 4, 6, and 9, but retards it in No. 33. Similarly, it furthers the fermentation of cane sugar in No. 37, but retards it in Nos. 33 and 35. The betacocci which in a natural state (i. e. freshly isolated from vegetable matter) ferment both pentoses as a rule, however, prefer arabinose, which is best seen when using an inferior source of nitrogen (*W*); examples of this are Nos. 13, 14, 15, and 16. In accordance with this, they are more easily liable to lose the power of fermenting xylose than arabinose, and the *A*-forms are therefore nearly related to the *A* + *X*-forms. It may happen that the *A*-forms also lose the power of fermenting arabinose, and of the three strains from the same cheese (Nos. 7, 8, and 9) which were at first entirely alike with regard to their action upon the pentoses, two simultaneously lost the power of fermenting arabinose, while the third, which differs from the others in fermenting salicin, has still retained this power. One of those which lost the power of fermenting arabinose, on the other hand developed, its power of fermenting xylose, so that it has really become transformed from an *A*-form to an *X*-form. The explanation is doubtless this that these bacteria in reality possess the power of fermenting both pentoses, and it is more or less a matter of chance which of them they are better able to deal with at the moment (cf. also Nos. 6 and 12).

For the same reason, also, it is difficult to draw any sharp limit between the true *X*-forms (which ferment xylose, but never any considerable quantity of arabinose) and the foregoing. The *X*-forms have only slight slimy growth in cane sugar gelatin, and never liquefy it. They may, however, be found to lose the power of fermenting xylose, becoming at the same time strong slime-formers. By continued re-inoculation of No. 33 in cane sugar gelatin, we succeeded, for instance, in producing a variety which resembled No. 40 in nearly all respects. From this we may conclude that the *O*-forms are closely related to the *X*-forms.

Without cane sugar, the betacocci form small colonies, and are in all cultural respects indistinguishable from the streptococci. Morphologically also, they resemble the latter (Pl. XXI—XXIV), though the faculty of dividing in two directions is often more developed. The *A*- and *A* + *X*-forms, when cultivated in broth or milk, make shorter or longer chains, and closely related strains may differ in this respect. No. 11 (Pl. XXII), for instance, forms long chains, whereas No. 12 (Pl. XXI) appears chiefly as a diplococcus. When the betacocci are cultivated on gelatin, they form as a rule only short chains. The *X*- and *O*-forms will often appear as rods on agar streak (Nos. 33 and 36, Pl. XXIII), or as micrococci (No. 35, Pl. XXIII)[1]). In fluid substrates also, they can assume this irregular appear-

[1]) On agar streak, the one (No. 33) of two related strains can form rod-shaped cells, and the other (No. 35) cells of the micrococcus type. We noticed the same thing in the case of *Sc. liquefaciens*.

ance, and Nos. 46 (Pl. XXIV) and 47 are, from a purely morphological point of view, more like micrococci than many of the true micrococci we have investigated.

The above-mentioned morphological differences between the *A*- and *A* + *X*-forms on the one hand, and the *X*- and *O*-forms on the other, render it likely that we have here to deal with two distinct species. As the former always (at any rate unless in a weakened state) ferment arabinose, we will term them *Betacoccus arabinosaceus*, and as the latter (especially the typical *X*-forms) can be isolated from most cowdung after enrichment in acid sugar broth, we will call them *Betacoccus bovis*. As the betacocci are for the most part known under the name of *Streptococcus mesenteroides*, it would have been reasonable to use the name *Betacoccus mesenteroides* for one of the species, had it not been that both comprise strains which do not form slime, and consequently also no mesentery. It is possible that the betacocci should be divided into more than the two mentioned species. With all experiments in this direction, however, I have felt that I was working on treacherous ground, as these bacteria exhibit such great variability in almost all respects.

Appendix to Streptococci,

Not all chainforming cocci are true lactic acid bacteria, as e. g. the bacterium described by *Boekhout*, which in his opinion contributes to the aroma formation in the creamsouring[1]). Cultivated in milk it inverts a part of the lactose and forms a trace of acetic acid and perhaps also a little non-volatile acid. It is killed at a temperature of 57°. Its optimal temperature is 20°, and it already thrives badly at 31°.

We succeeded in isolating the same bacterium from commercial starters. It forms no appreciable quantity of acid in milk and does not attack the casein. It is a pronounced milk bacterium and grows badly on artificial substrates. In stab culture on whey agar with 1 % *Witte* peptone it shows distinct growth after one day at 20° but first after 2—3 days at 30°. The chains in youthful state have thick capsules. They can be very long but easily break in pieces. The bacterium is *Gram* positive and does not develop oxygen with peroxide of hydrogen, which makes it likely, that — in spite of its lack of acid formation — it is related to the lactic acid bacteria.

Perhaps it is a variety of *Sc. cremoris*, that has lost the power to form acid but on the other hand has got the power to form aroma increased.

---

[1]) Vereeniging tot Exploitatie eener Proefzuivelboerderij te Hoorn. Verslag over det jaar 1917. Already some years before his death *V. Storch* has found the same as *Bockhout*, but his work has not yet been published.

Micrococci and Sarcinæ.

As already mentioned, there are certain streptococci and betacocci which can appear as typical micrococci or divide in several directions. And again, several of the micrococci can stretch prior to division, or form short chains, thus resembling the foregoing families. We cannot therefore, on morphological grounds alone, distinguish the micrococci from these. In cultural respects, however, the micrococci and the Sarcinæ are both, as a rule, easily distinguishable by the fact that on gelatin plates, they form larger — often coloured — colonies, and in agar stab, growth on the surface. This quality also differs in the different species, and in the accompanying table (XXVII a and b), we have arranged our strains with particular regard to their more or less pronounced need of air. The four first (Nos. 1—4), it will be noticed, exhibit no surface growth at all, and thus present no difference in cultural respects from the streptococci and betacocci, whereas the last (Nos. 30—31) form a thin wrinkled, mycoderma-like membrane. In contrast to the truer lactic acid bacteria, however, the micrococci and sarcinæ are furnished with catalase, so that their broth cultures give a development of oxygen with peroxide of hydrogen, — almost always of the nature of an explosion — and this reaction is therefore a reliable character by which to distinguish them from the other cocci, and especially from the micrococcus-like betacocci.

As the micrococci on the one hand, in morphological respects pass over by gradual transition into the streptococci and betacocci, so, on the other hand, we find no sharply distinct line of demarcation between the micrococci and sarcinæ. From our investigations, we have reason to suppose that both these groups can divide in all three directions, but the typical pachet only arises where there is a strong cohesion between the cells after division. In the micrococci, this cohesion is as a rule but slight, and they therefore appear most frequently as diplococci or in a grape-cluster form (as staphylococci) without any pronounced direction for division; in the sarcinæ, on the other hand, it is generally stronger, and we find these, accordingly, far more often than the micrococci, forming tetrads, and now and again even distinct pachets. As micrococci and sarcinæ exhibit no differences in biological respects, it is altogether unjustifiable to set them up as two distinct genera; the difference between them is not greater than between short- and long-chained streptococci; we therefore suggest the generic name *Tetracoccus* for both groups. Micrococcus ti in any case meaningless as a generic name, since the micrococci are by no means smaller shan the other spherical bacteria.

In the present work, we have only devoted attention to the sugar-fermenting strains. Whether those which do not ferment sugar form another genus, we are not able to deter-

mine with certainty, as the tetracocci are on the whole but weak acid formers, and their power of forming acid is easily weakened, so that we have all possible transitions between acid formers and non-acid-formers. There is one point, however, which seems to suggest that the two groups should be regarded as two distinct genera, viz. that all acid formers are without exception more or less GRAM-positive, whereas non-acid-formers as a rule are GRAM-negative. WINSLOW even goes so far as to divide all spherical bacteria into two sub-families; the acid formers, or *Paracoccaceæ*, including my streptococci, betacocci and tetracocci, and the non-acid-formers, or *Metacoccaceæ*[1]).

Genus: Tetracoccus (Abbr. *Tc.*).

In this genus (Table XXVII) I include all sugar-fermenting micrococci and sarcinæ. From the sugar,they form, besides lactic acid, smaller or greater quantities of acetic acid. The quantity of lactic acid was in many cases so small that we were not able to determine with certainty of what sort it was. As they thus stand at the limit of what we will term lactic acid bacteria, we have not sought for them systematically, as for the cocci already described, and thus make no claim to have found, even approximately, representatives of all species belonging thereto, but merely of some of those most frequently met with in the dairy.

As already mentioned, our strains have been arranged according to their need of air (see last column of the table), which I consider to be one of the best characters, even though the surface growth of the stab cultures do not always assume quite the same dimensions, and though a strain which at first exhibits no surface growth at all may in course of years develop some surface growth, as happened in the case of No. 4. The strains which spread most markedly on the surface, however, are found on the other hand to grow poorly deeper down. In shaking cultures, the most aerobic forms grow only on or close under the surface — and this even when the substrate contains sugar. Like the coli and aerogenes bacteria, as a rule they spread more on the surface of sugar-free substrates (*AG*) than on those containing sugar (*SG*). A small amount of sugar (but not more than ½%) on the other hand will strengthen the colouring. This is, by the way, not a little variable, and it is therefore very unfortunate that most of the bacteria coming under this head have been named thereafter. There are, it is true, pure white forms, which never exhibit any trace of colour, and the typical *Aureus*-forms also are fairly constant in respect of colouring, though the first generation may be a good deal paler, if sowing be done from the bottom of the stab instead of from the upper part. In most strains, however, the colour fluctuates, from one inoculation to another, between white, greenish, yellowish and brownish. Slight alterations in the composition of the nutritive substrate will at once affect the chromogenic power. Quite fresh cultures are often white, only becoming tinged after *a* few days, or even weeks. Some strains remain white for years together, and only in a single generation exhibit a slight shading; others may be coloured, and then become suddenly white. At times, the surface culture consists of white and coloured rings, or a coloured star may form in the centre. On sowing out from the white and the coloured

[1]) Systematic relationships of the Coccaceæ. New York 1908.

portions separately, the first generation will be white and coloured respectively, but in later generations, the two will as a rule again grow more alike. A *Citreus*-form from *Kral*, which, like most of the other pure yellow micrococci, does not ferment sugar, was one day found to exhibit yellow centre and white margin; the forms isolated from centre and margin respectively retained their individual colours, pure yellow and pure white, for four years, but were in all other respects entirely alike. In the fifth year, the white variety turned pink.

The size of tetracocci is highly variable. Strains which appeared gigantic on isolation had in the course of a few generations come down to the usual size.

Spores were not observed in any of our strains. Nor did we succeed, by direct observation, in discerning any motility. Nevertheless, we must suppose that the most aerobic forms (the *Albus*-forms, the mycodermalike as well as those which do not ferment sugar) are capable of moving from a spot as, in old agar stab cultures, we constantly find isolated colonies under the surface or at several mm. distance from the stab.

None of our strains could stand any great quantity of ammonia, and they are therefore not able to effect any considerable fermentation of urea. The greatest transformation of urea was effected by the *Aureus*- and *Albus*-forms, and by the intermediate dung bacteria. On the other hand, most of our sugar-fermenting strains can reduce nitrate to nitrite, (the non-sugar-fermenting *Citreus*-forms lacked this power) thus differing from the strepto- and betacocci. Though nitrate reduction appears to be a constant quality, it is nevertheless not always to be used as a species character. True, it agrees very nicely when we find that neither of the two closely related strains, Nos. 1 and 2, nor either of the two identical strains, Nos. 30 and 31, are able to reduce nitrate, but the agreement is no longer maintained when we come to consider the two strains, Nos. 3 and 4, which are entirely alike save for the single fact that one of them reduces nitrate and the other not. It would be unnatural to count them as distinct species on that account..

The tetracocci usually liquefy *AG*, though as a rule but slowly, often, indeed, only after several weeks at 20°. The rapidly liquefying forms also liquefy *SG*, albeit somewhat more slowly. Nos. 30 and 31, which are otherwise slightly liquefying, liquefy *SG* a little faster than *AG*. Only strains which liquefy *SG* strongly (Nos. 9—13) attack the casein of milk to any considerable degree. Exceptions are, however, Nos. 3 and 4, but they are not able to break down the dissolved casein any further.

The pathogenic tetracocci (the two *Aureus*- and *Albus*-forms) are killed already at 65°; most of our other strains, however, can stand a considerable length of time at 70° or even 75°. The pathogenic forms grow at 45°; but the maximal temperature for the remaining forms is rarely much above 40°, and often only 37½°. The optimal temperature is 30°, and the minimal rarely much below 15°, though the growth may still be rapid at ordinary indoor temperature.

The tetracocci can stand high concentrations of sugar and salt, though as a rule they thrive better in weaker concentrations. No. 1, which was isolated from anchovy pickle with 15% *NaCl*, grows most rapidly with 5% *NaCl*. The power possessed by the tetracocci of forming acid in sugar solutions with 10—15% common salt (See Table XI b) can as a matter of fact be used as a specific character for them. As the tetracocci can stand both heat, and high concentrations in the nutritive substrate, it is not strange that they should

Table XXVII a.

No.	Tetracoccus isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % af Total N. S N	Milk: % af Total N. D N	Liquefying: A G	Liquefying: S G	Reduction of nitrate	Growth on the surface of C-Agar stab culture
1	Anchovy pickle	d	C	0,3	0,2	1,4	0	0,6	1,5	1,9	2,5	2,1	1,8	0,8	1,9	0,1	0,5	0,5	0,7	0,2	1,8		0,3			0	0	0	0
2	Condensed yeast extract	d	C	1,1	0,5	3,6	÷	0	3,2	5,6	5,1	5,2	3,4	4,7	4,5	4,3	1,4	0	1,1	0	3,6	5	5,4	5,2	0	0	0	0	0
3	Milk from women with mastitis	d	C	1,6	÷	÷	÷	÷	0	4,1	3,4	2,7	3,4	4,1	4,3	4,1	0,2	0	1,6	0	0	4	4,5	34	0	+	0	0	0
4	»	d	C	2,3	0	0	÷	0	0	4,5	3,6	3,2	4,3	4,3	3,8	5,0	0,2	0	2,3	0	0	10	3,4	34	1,9	+	0	+	0
5	Dairy cheese 8 P 1 week	d	W	0	1,6 0,3	1,9	0	0	0	2,1	2,5	1,6	1,8	1,8	1,4	2,5	1,7	0	0	0		5	4,1	1,3	1,3	0	0	+	white, yellowish green, light yellow
			C	1,1	1,8 0	2,7	0	0	0	5,2	5,2	3,5	3,6	4,3	2,7	5,2	4,3	0	0,5	0	3,8								
6	Dairy cheese 8 R 3 months	d	W	0	1,5 0	2,3	0	0	0	2,1	2,1	2,1	2,0	0 1,8	1,6	1,9	1,6	0	0	0		10	3,8 2,7	0,5	0,9	0	0	+	»
			C	1,4	0,7	2,7	0	0	0	6,1	5,4	4,5	4,5	4,3	5,0	5.2	3,8	0	0,5	0	4,1								
7	» 24 hours	d	W	0,2	1,0 0	1,4	0	0	0	2,0	2,0	1,8	2,0	0,7 0,1	1,1	2,0	0,3 1,4	0	0	0		14	3,4	0	0	0	0	+	»
			C	1,6	0	2,0	0	0	0	6,1	4,3	4,3	4,3	0,7	2,9	3,4	3,8	0	0	0	2,9								
8	Dairy cheese 8 P 1 week	?	W	0,2	0	0	0	0	0,2	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	0,2	0	0	0	0		2,9	19	10	+ 0	0	+	brownish thick and knotty.
			C	0,9	0,5	0	0	0,2	2,0	3,6	3,6	1,8	2,5	3,4	2,9	3,2	0,5	0,2	0,7	0,5	0,7								
9	*Micrococcus casei liquefaciens, Orla-Jensen*	d	W	0,5	0	0	0	0	0	1,0	1,4	0,7	0,9	0,2	1,4	1,4	0	0	0	0	0	3	3,8	75	12	+	+	+	white
			C	1,8	0	0	0	0 0,5	0 0,7	2,9	3,2	0,9	1,6	1,8	3,8	3,6	0,7	0,7	0,8	0,2	0,5	4	2,5						
10	Dairy cheese 8 R quite fresh.	d	W	0,1	0	0	0	0	0	0,8	0,8	0,5	0,7	0,5	1,0	1,0	0	0	0	0	0	3	3,8	71	16	+	+	+	white, light yellow, light brown.
			C	1,1	0	0	0	0	0	2,9	2,9	2,3	2,0	1,4	3,2	3,4	0	0	0,7	0	0								
11	Butter 8 cheesesour[1])	d	W	0	0	0	0	0	0	2,3	2,3	1,6 0	2,0	0,1	0,3 0,1	2,3 0	0,1	0	0	0	0	4	3,4	71	31	+	+	+	yellow (pink)
			C	1,4 0	0	0	0	0	0,7 0	4,7 2,7	3,6 2,7	0,7	3,6 2,0	1,1 0	0,9 0,2	0,7 0	0,7 0,2	0,9 0	0,5 0	0,2 0	÷	4	0,7						
12	Dairy cheese 8 R 24 hours	i	W	0	0	0	0	÷	1,1	2,3	2,3	1,7	1,6	2,3	1,9	1,8	0	÷	1,0	÷	0	3	4,1	48	16	+	+	+	orange
			C	3,8	0	1,4	0	÷	3,8	6,3	4,7	3,2	3,2	3,8	4,3	3,8	÷	÷	1,8	÷	0,2	8	2,3						
13	*Mc. pyogenes aureus, Kral*	l	C	2,0	÷	÷	÷	÷	2,0	4,5	4,1	2,9	1,6	4,5	4,1	4,5	÷	÷	2,5	÷	0	3	3,6	30	5	+	+	+	»
14	*Mc. pyogenes aureus. OlufThomsen*	i	C	2,0	÷	÷	÷	÷	1.8	4,3	3,4	2,3	2,5	3,8	4,3	3,6	÷	÷	2.3	÷	÷	7	2,5	13,4	0,5	+	0	+	orange

[1]) Cheesesour is a butterfault.

Table XXVII b.

No.	Tetracoccus isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % af Total N. S N	Milk: % af Total N. D N	Liquefying A G	Liquefying S G	Reduction of nitrate	Growth on the surface of C-Agar stab culture
15	Condensed Milk 1	l	C	0,2 1,6	0	0	0	0	0	3,6	2,5	0,9	1,6	3,4	2,7	2,9	0,7	0	0,2	0	0	3	2,5	16,7	5,3	+	0	0	orange, yellow, white.
16	Yellow spot in experiment cheese 15	i	C	2,9	1,1	÷	÷	÷	1,4 ÷	4,1	2,9	3,6	1,8	3,6	2,7	1,6	÷	÷	÷	÷	0 ÷	4	2,0	8,4	0,2	0	0	+	»
17	Fæces 3	?	C	0,2	0,5	0	0	0	0,5	1,6	6,1	1,6	0	0,5	1,4	0,9	0	0	0	0	0,5		2,0			0	0	+	orange
18	Calf fæces 2	?	C	1,4	÷	0,7	0	0,9	1,2	1,8	1,1	1,1	0,5	1,6	1,6	1,8	1,1	0	0	0	1,6		1,8			+	0	+	brownish
19	Bovine fæces 1	?	C	0,5	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	1,6	4,0	1,1	0,2	1,4	2,3	1,1	0,5	0	0,5	0	1,4		1,1			+	0	+	white
20	» » 1	?	C	0,7	0	0,2	0	0,2	0,2	1,4	1,4	1,4	0	1,8	1,1	0,9	0,5	0	0,2	0	0		0,9			+ 0	0	0	brownish, white
21	» » 3	?	C	1,1	0	0,2	0,2	0,7	0,7	1,8	1,4	1,6	0,2	0,7	1,4	1,6	1,4	÷	0	÷	1,1		1,8	2,6	0	+	0	+	white
22	» » 3	?	C	0,3	0,2	0,1	0,1	÷	0,9	1,3	1,3	0,9	0,8	0,8	1,1	1,2	0,1	0	0,1	0	1,1	13	2,5	3,1	0	0	0	+	»
23	Condensed Milk 2	i	C	1,4	÷	÷	÷	÷	2,5	2,7	3,2	2,5	1,1	0,2	2,5	2,3	0	÷	0,2	0	0		1,6	0	0	0	0	+	white, light brown.
24	Condensed Milk 2	i	C	1,8	0	0,7	÷	2,3	2,3	3,2	3,2	2,5	1,1	2,5	2,5	2,5	÷	÷	0,5	÷	1,8		1,6	0	0	0	0	+	yellow, light brown
25	Dairy cheese 9 R 4 weeks	i	W	0,7	0,5	0,6	0,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4 0,7	1,6	1,4	1,4	1,1	÷	0,2	0			1,4	3,9	0,9	+	0	+	white and very extending
			C	1,4	1,1	1,8	0,7	1,6	2,0	4,1	4,1	3,2	1,6	4,7	3,6	2,3	2,3	0	0,7	0	2,5								
26	Vegetable margarine not keeping	?	C	1,1	0,2	0	÷	1,8	1,6	1,3	1,3	1,4	0,9	1,8	1,8	1,3	0,7	0	0,2	0	0		1,8	0	0	÷	0	+	»
27	Surface of Cammembert cheese 2	?	C	0,2	0,5	0,8	0	1,4	1,6	2,3	1,8	1,4	0,9	2,0	1,8	÷	÷	÷	÷	÷	0,3		0	0	0	0	0	+	»
28	*Mc pyogenes albus Olaf Thomsen*	?	C	1,1	0,2	0,9	0	1,1	0,9	2,7	2,3	2,0	0,9	2,7	2,9	1,6	2,3	÷	1,1	0,7	0		2,0			+	0	+	»
29	*Mc pyogenes albus Kral*	?	C	2,0	0,9	1,1	2,7	3,4	3,2	3,2	2,5	2,5	1,4	3,6	2,7	2,5	2,5	0	÷	÷	2,5	6	4,1	9,6	1,6	+	0	+	»
30	Surface of Cammembert cheese	d	C	3,0	0,9	1,1	÷	2,0	1,1	1,9	3,2	1,4	0	1,8	1,1	0,9	÷	÷	÷	÷	÷		3,4	6,6	÷0,7	+	+	0	brownish yellow myco-derma like
31	Experiment cheese 27	d	C	3,2	1,1	1,8	÷	2,7	1,8	3,8	4,5	2,9	0,9	4,1	2,3	3,2	0,9	÷	÷	÷	0,7 0	10	2,7	3,7	0,1	+	+	0	»

frequently be met with in condensed milk[1]) and other extracts concentrated in vacuum (Nos. 15, 23, 24 and 2).

As seen from Table XXVII, the less aerobic, as also the mycoderma-like tetracocci form dextro-lactic acid, whereas the lactic acid in *Aureus*- and *Albus*-forms, as far as they produce any noticeable quantity at all, is inactive or lævorotatory. The by-products are as a rule acetic acid. Those bacteria which formed too small a quantity of lactic acid for identification will possibly burn a part of the sugar entirely, to carbonic acid and water. They are, at any rate, like so many other aerobic organisms, capable of burning a quantity of organic acids, as for instance that formed by sterilisation of the sugars, and the degree of acidity will therefore often decrease gradually in cultures with sugars which are not fermented; this is indicated in the tables by ÷. The decomposition of proteins, however, also contributed in some degree to this diminution of the acid.

As the limit between slight fermentation of sugar and none at all is somewhat vague in the case of the tetracocci, the relation of these bacteria to the different sugars has not quite the same value as in the case of the other lactic acid bacteria. Some points are, however, fairly characteristic. The two least aerobic strains, for instance (Nos. 1 and 2), ferment arabinose, mannite and salicin, whereas the two mastitis bacteria (Nos. 3 and 4) do not ferment any of these sugars. Nos. 5, 6 and 7, which do not liquefy gelatin, have all three shown a decrease, in the course of years, of their power to ferment xylose, but all still ferment arabinose, raffinose and salicin. Nos. 9, 10 and 11, which are powerful liquefiers of gelatin, do not, on the other hand, ferment the mentioned sugars to any considerable degree. The typical *Albus*-forms (Nos. 28 and 29) are distinguished from the typical *Aureus*-forms (Nos. 13 and 14) by fermenting sorbite, and often also pentoses, raffinose and salicin. The mycoderma forms (Nos. 30 and 31) likewise ferment pentoses and sorbite, and have a relatively high fermentation of glycerin. They therefore thrive well on the surface of cheese where a splitting up of fat takes place.

As regards the morphology of the tetracocci, we have little to add to what has already been said. Of the strains investigated by us, only No. 8 (Pl. XXVII) appeared throughout unaltered as a typical sarcina in all respects. And in accordance with this, it has a knotty, or at times even mesenteric surface growth, and forms in broth compact small clumps which at once sink to the bottom. No. 3 (Pl. XXVII) has, in broth, a slight tendency to sarcina form. No. 11 (Pl. XXVI), which in milk originally formed pachets, lost this quality through regular re-inoculation, and then appeared as a diplococcus. After long periods of rest (it could be preserved for three years in starch water without re-inoculation), it however regained the sarcina form for a time. This feature, together with the strong yellow (even at times orange or pink) markedly spreading surface growth, distinguishes No. 11 from the related strains Nos. 9 and 10. As I have previously called these important cheese bacteria *Micrococcus casei liquefaciens*[2]), they should, according to the altered nomenclature, be called *Tetracoccus casei liquefaciens*; I prefer, however, simply to call them *Tetracoccus liquefaciens*. Nos. 5, 6 and 7, which are also of frequent occurrence in cheese, can reasonably be called *Tetracoccus casei*. No. 5 is distinguished from the two

[1]) We are here concerned, of course, with sugared milk; the unsugared, it need hardly be said is sterilised.

[2]) Orla-Jensen, Doktordisputats 1904.

others by forming large capsules in milk (Pl. XXVI) which do not disappear again (turn into slime). Nos. 3 and 4 we can call *Tc. mastitidis*, with the reservation, however, that it may be found to be the same species which produces the so-called staphylococcus-mastitis in cows; a point which I have not myself had any opportunity of investigating. The table shows, as distinctly as could be wished, that there are many other points of difference between (*Tc.*) *Mc. pyogenes aureus* and (*Tc.*) *Mc. pyogenes albus* than the colour alone, and we are therefore perfectly justified in regarding them as two distinct species[1]). The tetracocci which we have isolated from condensed milk and dung appear to be intermediate links between these extreme forms. Nos. 30 and 31 can suitably be called *Tetracoccus mycodermatus*. The true lactic acid bacteria as a rule coagulate milk in the deeper layers first; this species, on the contrary, coagulates milk from the surface downwards.

[1]) The only pyogenic *Citreus*-form I have investigated is, as mentioned, non-sugar-fermenting, and Gram-negative, and thus belongs to quite another genus. It liquefies *AG* extremely slowly, and is not able to reduce nitrate to nitrite. A number of saprophytic yellow micrococci behaved in the same way.

Rod Forms.

The rod-shaped lactic acid bacteria are on the whole stronger acid-formers than the spherical, and this is most distinctly apparent when yeast extract is used as source of nitrogen. If they grow at all on gelatin plates, the colonies are as a rule not visible until after the lapse of 5—6 days. They fall into three well characterised genera; *Thermobacterium*, *Streptobacterium* and *Betabacterium*. Of these, the thermobacteria, which do not grow at ordinary temperature are more anaerobic than the other lactic acid bacteria, whereas the streptobacteria and the betabacteria behave towards the oxygen of the air — as indeed towards most other things — like the corresponding streptococci and betacocci. The streptobacteria do not develop gas, and always ferment salicin; the betabacteria, on the other hand, develop more or less gas, and never ferment salicin. Finally, to the rod-shaped lactic acid bacteria should be added some small rods, the genus *Microbacterium*, which, however, differs quite as much from the true lactic acid bacteria as the tetracocci. Among the microbacteria should possibly be reckoned the *Bacillus acidophilus* often mentioned in medical works. And in conclusion, we should mention *Bacillus bifidus*, as being — albeit without further justification — generally reckoned as belonging to the rod-shaped lactic acid bacteria.

Genus: Thermobacterium (Abbr. *Tbm.*).

The thermobacteria are as a rule not killed by heating until a temperature of over 75° has been reached, they also require, as their name implies, a high temperature for their development. With the exception of No. 8 (Table XVIII) which grows at 18°, none of the strains investigated develop at anything below 20°—22°, and even at 30° the growth is very slow. Therefore they will not grow in gelatin plates. The optimal temperature lies about 40°, and here the growth proceeds at a furious rate, as long as the strains are not weakened from any cause. The maximal temperature is as a rule 50°; *Tmb. bulgaricum* (No. 14) grows at $52^1/_2$°, and the mash bacteria at even higher temperatures, as is known from the distilleries. The method of enriching thermobacteria in milk or mash is therefore to let the liquids stand at temperatures between 47° and 54°. They may likewise be forced in fresh cheese mass which is strongly heated (cooked).

These bacteria are quite extraordinarily particular in respect of the nutritive substrate they require, and we have not succeeded in producing artificial substrates which

Table XXVIII.

No.	Thermobacterium isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. S N	Milk: % of Total N. D N
1	Sour mash 1	l	Y	0	0	0	0	0	0	6,5	6,3	0	0	0	8,1	0	0	0	0	0	0		0		
2	» » 1	l	Y	0	0	0	0	0	0	7,4	4,3	2,9	0	0	3,6	0	0	0	0	0	0		0		
3	» » 2	l	Y	0	0	0	0	0	0	14,4	14,4	10,1	0	11,0	10,6	0	0	0	3,4	0,2	0		0		
4	» » 2	l	Y	0	0	0	0	0	0	14,5	14,2	13,1	0	16,0	10,4	0	0	0	2,3	2,5	0		0		
5	» » 3	l	C	0	0,3	0	1,2	0	1,2	2,7	3,6	5,0	0,5		7,5	2,7		0	1,6	1,2	0,3		0		
			Y	0	0	0	0,9	0	1,1	12,4	13,1	12,4	0,9	14,9	13,1	7,4	10,8	0	3,8	2,0	0				
6	Milk left to stand 24 hours at 47°	l	W	0	0 0,5	0	0	0	0	3,2 0,9	3,2 1,6	2,2 1,6	1,1 0,2	0 0,5	0,2 0,7	2,6 1,1	0	0	0	0	0				
			C	0	0	0	0	0	0	7,0	7,0	6,1	0,2	0,7	8,3	5,0	5,2	0,7	1,5	0	2,0 6,8	1 4	14,0 10,4	8,4	10,4
			Y	0	0	0	0	0	6,8	11,3	9,7	9,2	0,7	10,8	12,4	7,2	10,1	1,6 4,1	5,2	1,1	9,5				
7	Milk (Mjölk I) *Chr. Barthel*	l	C	0	0	0	0	0	0	11,5	9,0	11,5	5,6	11,0	7,9	9,0	0,7	0	3,2	1,1	1,1	1	14,6	27,5	23,3
			Y	0	0	0	0	0	0	12,2	11,3	10,6	4,1	10,8	13,5	8,1	0,5	0	4,1	2,9	1,1				
8	Milk heated ½ hour at 70° and left to stand 24 hours at 45°	l	C	0	0	0	0	0	0	0,5	10,1	0,7	1,4	0	2,3	0	0	0			1,1	1	16,2	18,5	16,3
			Y	0	0	0	0	0	0	16,2	15,1	13,5	7,9	14,9	11,9	9,0	0,7	0	3,2	0,5	6,3	2	11,7		
9	Emmental cheese 1 *Burri*	l	C	0	0	0,5	0	0	0	6,3	11,3	11,0	9,5	0,5	5,2	2,5	0,9	0			1,1	1	14,4	19,6	21,8
			Y	0	0	0	0	0	0		12,2	11,3		11,7			3,4	0,2	3,4	1,1	10,1				
10	Emmental cheese 2 *Burri*	l	C	0	0	0	0	0	0	0,9	9,7	0,9	7,9	0	0,5	0,5					0,7	1	14,0	32,1	26,4
			Y	0	0	0	0	0	0	9,7	10,6	10,8		8,1	9,7	7,4	2,9	0,5	2,9	0,9	7,4			22,4	18,1
11	Emmental cheese 3 *Freudenreich*	l	W	0	0	0	0	0	0	5,4 2,4	3,8	5,2 0	2,3	4,1 0	1,1 3,2	4,5 2,9	0	0	0	0	0	1	13,3	18,8	18,9
			C	0	0	0	0	0	0	9,5	10,8	0	7,9	10,6	10,1	8,8	0,2	0	1,1	0	0				
12	Emmental cheese *Bacterium casei* ε	i	C	0	0	0	0	0	0	0,7	6,3	7,7	8,3	0	9,9	0,9	0	0	0,5	0	0	1	27,5	36,1	34,6
			Y	0	0	0	0	0	0	3,8	10,1	10,1	8,8	0	10,3	11,9	0	0	2,3	0	0	1	19,6	16,9	20,0
13	English Yoghourt (Lactigen)	i	C	0	0	0	0	0	0	1,1	5,4	2,5	4,7	0	0	6,8	0	0	0	0	0	1	27,0	34,6	36,7
			Y	0	0	0	0	0	0	0	10,6	5,2	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21,6		
14	True Bulgarian Yoghourt 1	l	W	0	0	0	0	0	0	1,7	1,4 2,7	0,1 1,0	1,0 0,2	0	0,1	0,1 1,1	0	0	0	0	0				
			C	0	0	0,7	0	0	0	4,7	6,5	2,5	1,1	0	0,1	7,9	0	0	0	0	0	1	16,4	27,0 19,9	27,3 16,7
			Y	0	0	0	0	0	0	2,7	3,2	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

can altogether replace the natural milk or (non-sterilised) mash. For the milk bacteria, whey-yeast-extract-agar was found best. With the exception of No. 6, (which in contrast to the other thermobacteria grows well with WITTE peptone as nitrogen food, and which we have also kept alive in casein peptone for a couple of years without re-inoculation) they cannot be transferred every time from agar to agar, but often require a passage of milk, or they will be weakened. Nos. 12, 13 and 14 should best be constantly transferred from milk to milk. If chalk be added to the milk and the mixture be shaken up now and again, the bacteria will retain their vitality unimpaired for several months, but when using milk without chalk, it will be best to re-inoculate each week. No. 12 will however, even under these conditions, keep unimpaired for several months at 15° and remain alive for up to two months at 20°, though it will after a time be perceptibly weakened. No. 13, which is probably identical with the yoghurt bacterium first described by BERTRAND and WEISSWEILER[1]), since it forms similar pennete colonies, I did not succeed at all in transferring from one artificial substrate to another. It only takes on artificial substrates when coming directly from the milk[2]). The lactose-fermenting thermobacteria of mash does not form acid in milk; the maltose-fermenting thermobacteria of milk, on the other hand, thrive well enough in mash. For mash bacteria, a sterilised malt extract solution is not nearly as good a nutritive substrate as might be supposed, owing to the fact that an essential quantity of the nitrogenous substances therein contained are precipitated on sterilisation. An addition of yeast extract renders it more suitable, and we have found that a solution of the trade malt extract (with abt. 50 % maltose and 0,5 % *N*) to 7 parts of yeast extract (with 0,5 % *N*) gives a good nutritive substrate, with the sugar concentration most favourable for these bacteria (see Table II d). Stab cultures in high layers of an agar thus prepared are a good form for preservation.

The lactic acid formed by thermobacteria is as a rule lævo-lactic, more rarely (Nos. 12 and 13) inactive. In addition to lactic acid, they form some acetic acid, and, as BARTHEL first showed, a trace of succinic acid[3]). In powerful milk cultures of the thermobacteria of milk, there is often so much gas produced that the curd exhibits fine stripes, and the quantity of lactic acid rises to 1½ %; for inactive acid indeed, even up to 2¾ %, which is far in excess of the amount of lactic acid formed by other lactic acid bacteria.

The thermobacteria of milk can under certain circumstances easily become slime-formers. BURRI and THÖNI have shown, for instance, that No. 12 as a rule becomes slimy when it has been cultivated for any length of time together with a certain mycoderma species[4]). The slimy varieties are just as powerful acid formers as the non-slimy ones. We have a slimy variety of No. 13 (presented by Mr. BLICHFELDT, manager of the laboratory of Mønsted's Margarine factory, in England), which, in contrast to the streptococci, so strongly retains its power of forming slime that even after long cultivation at high temperatures we did not succeed in transferring it to a non-slimy variety. The thermobac-

[1]) Annales de l'Institut Pasteur 1906, Bd. 20, p. 977.

[2]) We have not, however, tried the malt germ decoction suggested by BERTRAND and DUCHACEK (Biochemische Zeitschrift 1909, 20. Bd, p. 102).

[3]) Meddelande Nr. 69 från Centralanstalten för Jordbruksförsök. Stockholm 1912.

[4]) Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 1909, p. 271.

teria of milk attack all casein strongly, with direct formation of mono-amino-acids, and they are therefore of importance in the ripening of the cooked sorts of cheese, which are not till 24 hours after cooled below the temperatures most favourable for development of thermobacteria. No. 12 in particular is of the greatest importance in the ripening of Swiss cheese (Emmental cheese)[1]).

The thermobacteria do not as a rule care for pentoses and alcohols. Only No. 6, which is further distinguished by being able to ferment inulin, exhibits any considerable fermentation of mannite. Most of the mash bacteria do not ferment galactose and lactose, and the two yoghurt bacteria do not ferment maltose. Saccharose is not fermented by Nos. 1, 2, 12, 13 and 14. The maltose-fermenting thermobacteria as a rule also ferment some dextrin, and often also a small quantity of starch, besides raffinose and salicin. Yeast extract will at first retard the growth of the yoghurt bacteria, and can thereby prevent them altogether from attaining development in certain sugars (lactose, for instance). There is altogether something capricious in the attitude of the thermobacteria towards the sugars, due to the fact that our artificial substrates did not entirely satisfy their needs[2]).

The thermobacteria (Pl. XXVIII—XXXIV) are pronounced long-rod forms, with a tendency to grow out into threads, often strangely curling. They consist, however, of several segments, which is not to be seen in the water preparation, but is distinctly apparent when the preparation is laid in Canada balsam (See Pl. XXXII). In a young and vigourous state, they occur for the most part singly, or two and two. As they are seriously affected by the oxygen in the air, they assume irregular shapes in streak cultures. Here, they always form an extremely thin layer, and some few (as No. 14, for instance) do not grow on the surface at all. When stained with methylene blue, they generally prove to contain volutin grains. No. 13 does not appear to form grains, and No. 12 but rarely. The granular formation is most marked in No. 14 (Pl. XXXIII), which is also in German often called Körnchenbazillus. With some strains, most grains are found in the quite young rods (No. 14 for instance); in other strains, again, in rods 2—3 days old (as No. 6 Pl. XXIX) and the size and shape of the grains depends to a high degree upon the nutritive substrate. In the case of No. 14, the mere fact that the milk used had been heated some few degrees more or less is sufficient to alter the picture entirely. Normally, this yoghurt rod, when stained with methylene blue, has round, dark-blue grains, and no capsule; when cultivated in pasteurised milk, on the other hand (and especially in milk heated for half an hour to 80°) it has oblong red grains and distinct capsule (Pl. XXXIII). According to GRAM, Nos. 12 (Pl. XXXI) and 13 (Pl. XXXII) are not stained completely, but exhibit a quantity of irregular granules. Something similar may be observed in the case of other thermobacteria, if very old for instance, or if stained in a too acid state. As these bacteria are such strong acid-formers, it is altogether best first to neutralise the cultures to be used for colour preparations. The thermobacteria are often over 1 μ thick. In old cultures, they can develop greatly swollen or otherwise involved forms.

[1]) See further in my Dairy Bacteriology 1916, p. 112.

[2]) This explains certain points of difference with other writers. BARTHEL (l. c.), for instance, has found that the identical strain No. 12, which we have worked with, ferments mannite and a small quantity of saccharose, which we have never been able to observe.

The bacteria of mash are noted in the literature under the little characteristic names of *Bacillus Delbrücki* and *Bacillus acidificans longissimus*. As they are derived from the mashed grain, I propose to call them *Thermobacterium cereale*. There may possibly be several species (as for instance lactose-fermenting and non-lactose-fermenting), and I would in this connection refer to HENNEBERG[1]), who has made a very thorough study of the lactic acid bacteria of mash. The common thermobacteria of milk (Nos. 6—11) should of course be termed *Thermobacterium lactis*. Here also it is possible that there may be several species (the three first, for instance, which are isolated from milk, grow more strongly in agar than the three last, which were isolated from Emmental cheese). They have all, however, one point in common: like the mash bacteria, they form lævo-lactic acid. This is also the case with No. 14, which is an even more pronounced milk-rod than the foregoing, and therefore does not ferment maltose. As we have always found this rod in genuine Bulgarian yoghurt, whether obtained through Professor METSCHNIKOFF or directly from Professor PRANTSCHOFF of Sofia, I consider myself justified in calling it *Thermobacterium bulgaricum*. The bacterium of Swiss cheese, No. 12, which we have formerly called *Bacterium casei* ε, I now propose to call *Thermobacterium helveticum*. Related to this bacterium is No. 13, from the fact of its forming inactive lactic acid, from the strong acid formation in milk, and from its morphological features. It differs, however, in the fact that like No. 14, it does not ferment maltose, and in the far greater difficulty it finds in growing in artificial substrates, as also by its markedly radiating colonies. We consider therefore, that it should be established as a separate species, and as it is said to occur in yoghurt, we can call it *Thermobacterium Jugurt*[2]).

Appendix to Thermobacteria.

We may here mention an interesting lactic acid bacterium which we have come across during our controlling work with commercial starters for creamsouring. Even where these have proved pure by direct investigation they may nevertheless contain a trace of mould, yeast, or rod-shaped lactic acid bacteria, which can gradually develop in the dairy. We therefore always make the additional test of leaving an unopened jar of the culture to stand for a week at 25°, which is the highest temperature used in the souring of the dairy starter or the cream. The detrimental contamination will thus accumulate, while the good acid bacteria (*Sc. cremoris*) perish in their own acid. It may then chance, that the starter, instead of becoming sterile by this treatment, as it properly should, becomes transformed to a pure culture of a long-rod form, which in milk forms over 2 % inactive lactic acid, and which also attacks casein (12,3 % *SN* and 13,5 % *DN*). Even at the optimal temperature, 30°, it does not curdle milk until after 2—3 days, and is inclined to render it slimy. It is such a pronounced milk bacteria that in artificial substrates, it ferments practically no sugars at all. In older cultures, it is no longer so markedly a long-rod form, but breaks up into chains of short segments, which can be over 1 μ thick. It

---

[1]) W. HENNEBERG: Gärungsbakteriologisches Praktikum. Berlin 1900.

[2]) In Bulgarian, Yoghurt is called simply „sour milk" (kisselo mleko) but in Turkish, Jugurt, and it is this word which has passed over, under various forms, into the other languages.

(Pl. XXXIV) is incompletely stained by the GRAM process, in the same way as thermobacteria Nos. 12 and 13. It thrives well at ordinary temperature, but does not grow at over 38°. It is thus not a thermobacterium, but in spite of this, it appears most nearly related to those thermobacteria which form inactive lactic acid. As we are not quite certain as to the systematic position of this bacterium, we must refrain from giving it any name at present. On plate XXXIV it is designated as *Thermobacterium* No. 15.

Genus: **Streptobacterium** (Abbr. *Sbm.*).

These rod forms we have called streptobacteria, from their tendency to chain formation. As they grow, even at their optimal temperature, more slowly than the lactic acid cocci, they do not make themselves apparent in spontaneously souring milk until after the milk has curdled, but they will then, on the other hand, gradually supersede the lactic acid cocci, being able to stand, and capable of forming, up to twice as much acid as the latter. They therefore abound in butter and cheese after more or less time has elapsed. They are likewise always found where vegetable matter is left to sour. There are probably a great number of species, which are difficult to distingusih one from another, owing to the many gradual transitions between. I will here content myself with making distinction between the two extreme groups, the typical cheese bacterium, *Streptobacterium casei*, represented by the *Bacterium casei α* which I have formerly described, and the typical vegetable bacterium, *Streptobacterium plantarum*. The former we have never met with in vegetable matter, but the latter is of frequent occurrence in milk and dairy products; it cannot escape being introduced into the same from the food and bedding (grass or straw) of the cows.

The streptobacteria are always killed by heating to 75°, many strains already at 70°, and some few even at 65°. The optimal temperature is 30°, and the maximal as a rule from 37½°—40°. Only a few strains can grow more or less well at 45° (*Sbm. casei* Nos. 4, 26, 31, 32, 33 and 34, and *Sbm. plantarum* Nos. 28, 29, 30, 32 and 34). The minimal temperature lies probably in most cases at about 10°, but the growth here is, even with the most favourable source of nitrogen (*Y*), so slow that it will often be impossible to discern anything at all until after 14 days. The growth on gelatin plates, also, at ordinary temperature, is very slow, and the colonies are still considerably smaller than those of the cocci. They grow better, of course, on *SG* than on *AG*.

Streptobacterium casei (Table XXIX) forms either pure dextro-lactic acid or more or less considerable quantities of lævo-lactic acid in addition, so that we also find inactive lactic acid in the cultures. The power of forming dextro-lactic acid is, however, by far the most constant, and many strains which at first formed almost exclusively inactive lactic acid have yet in the course of years ended by forming pure dextro-lactic acid[1]). As men-

[1]) We have consequently been led to investigate considerably more strains than we otherwise should have done, for of course we could not know that two bacteria, otherwise alike — even though isolated from the same place — were identical, despite the fact of their forming different lactic acids. These parallel investigations of identical strains have, however, further increased our knowledge of the same, and it is interesting to see that they often exhibit exactly the same mutations at the same time. They may, however, also be found to differ suddenly in their relation to one or other of the sugars.

Table XXIX a.

No.	Streptobacterium casei isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Mazun *Düggeli*	d	W	0	0	0,2	0	0	0	2,5	2,5	2,6	1,8	0	1,1 0,2	2,0 1,0	0	0	0	0	0	7 10	7,2 4,3	9,2	8,8
			C	0	0,2	1,4	0	0	0	3,2	4,5	4,1	4,5	0	0,5	1,4	0	0	0	0	0,7				
			Y	0	0	0	0	0	2,7 0,9	7,7	7,9	7,4	4,5	0	3,6	5,6	0	0	0	0	0				
2	Butter 3 cheese sour	i (i) d	W	0	0,1	0,5	0	0	0,2	4,1	4,2	2,7	4,1	0,1	0,2	2,9	0	0	0	0		7 13	11,7 7,0	9,9	10,7
			C	0	0,5	1,4	0	0,2	1,1	10,1	11,9	9,2	9,2	0,9	0,9	7,0	0,5	0,5	0,2	0	1,6				
			Y	0					6,1		14,4			4,1			0	0	0	0	2,3				
3	»	i d	W	0	0	0,5	0	0	1,6 0,1	3,8	4,5	3,8	3,4	0,2	3,6	4,5	0	0	0	0		3 11	12,2 9,7	17,1	19,4
			C	0	0	0,9	0	0	0,2	11,5	12,4	13,7	10,4	0,2	6,5	10,8	0,5	0,2	0,2	0	7,0				
			Y	0					5,9		14,0			2,7			0	0	1,8	0	10,6				
4	Butter 5 cheese-sour	i (Galactose) d	W	0 0,5	0,2	0,5	0	0	1,9	5,0	5,4	5,2	4,6	0,2	3,2	4,1	0	0	0	0		4	12,2	19,8	20,5
			C	0,5	0,9	1,4	0,2	0,2	3,4	11,0	11,0	11,0	10,1	1,1	4,7	8,8	0,5	0,7	0,7	0	5,0				
			Y	0					6,3		14,0			0			0	0	2,0	0	9,2				
5	Dairy cheese 3 R 3 months	i i d d	W	0,4	0,2	0,5	0	0	2,5	5,6	6,1	2,9	4,1	0,5	6,1	3,8 0,5	0	0	0	0		3 10	9,9 7,4	12,8	9,8
			C	0,5	0	0,5	0	0	5,4	12,8	13,3	7,0	10,6	0,9	12,6	0,5	0	0	0,2	0	7,4				
			Y	1,8					5,6		12,6			4,7	12,6	0	0	0	1,6	0	8,3				
6	Dairy cheese 5 R 2 months	i i d d (i)	W	0,2	0	0,2	0	0	1,6	6,3	5,6	4,1	4,5	0,3	3,6	3,6 1,6	0	0	0	0		6 10	12,6 7,4	13,1	11,7
			C	0,5	0,2	2,5	0	0	2,3	11,7	10,4	8,6	10,4	0,7	5,9	2,3	0,7	0,7	0,2	0	6,5				
7	Dairy cheese 9 R 3 months	d	W	0	0	0	0	0	0,9 0	4,5	4,4	4,5	4,1	0,1	0,2	4,1	0	0	0	0		3	11,3	9,5	8,0
			C	0	0	0	0	0	1,8	10,1	12,8	10,1	10,1	0,7	0,9	9,2	0,2	0	0	0	6,1				
			Y	0	0	0	0	0	5,2		14,6			0,5	0,7		0	0	0	0	8,6				
8	»	d	W	0,2	0	0	0	0	1,8	4,3	4,3	4,3	3,8	0,5	2,2	4,3	0	0	0	0		11 3	7,4 12,2	11,7	13,0
			C	0	0	0	0	0	2,3	11,3	11,7	11,9	9,9	0,2	5,6	9,9	0,2	0,2	0,2	0,2	5,6				
9	Dairy cheese 9 P 3 months	d i d	W	0	0	0	0	0	2,1 0,7	5,9	5,6	6,1	5,0	1,5	4,7	4,3 6,3	0	0	0	0		7	10,4	8,4	3,4
			C	0,7	0,2	0,9	0,2	0,2	2,9	12,8	12,2	12,6	10,6	5,0	8,3	11,3	0,5	0,7	0,5	0	9,2				
10	Dairy cheese 6 P 4 months	d	W	0	0	0	0	0	2,0	6,1	6,3	5,2	4,7 3,2	0,2	3,4	5,9	0	0	0	0	1,6	5	11,5	11,3	14,5
			C	0,1	0	0	0	0	2,3	8,3	10,1	7,7	10,8	0,6	5,6	9,9	0	0	0	0	6,1				
			Y	0	0	0	0	0	5,9		14,6			0			0	0	0	0	6,1				
11	Emmental cheese (*Bacterium casei a*)	d	W	0,2	0	0,5 0	0	0	1,1	5,2	6,8	5,4	3,6	0,2	1,1	5,0	0	0	0	0		3 7	15,5 11,5	24,7	26,3
			C	0,8	0	0	0	0	2,5	11,7	13,7	13,5	12,2	10,1 2,5	12,4	12,5	0	0	0,2	0	10,8				
			Y	0,7					7,1	15,8	15,1	14,6	12,8	0,2	0,7	15,3	0	0	0	0	12,8				

Table XXIX b.

No.	Streptobacterium casei isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. S N	Milk: % of Total N. D N
12	Milk *Weigmann's* collection No. 32	d	W	0,1	0	0	0	0	1,0 0	6,3	6,2	7,0	5,9	0,2	3,9	5,4	0	0	0	0		5	11,3	11,2	10,5
			C	0,2	0	0	0	0	2,9	13,5	13,7	14,2	12,4	0,9	7,2	13,7	0	0	0	0	3,4				
			Y	0,2					6,8		15,1			4,5			0	0	0	0	11,0				
13	Dairy cheese 1 P 3 months	d	W	0	0,2	0,2	0	0	1,4 0	5,2	6,1	4,2	5,0	0	0,6	2,7 3,6	0	0	0,2	0	2,5	7	9,5	14,8	10,4
			C	0	0	0	0	0	0	7,9	10,6	9,0	7,9	0	0,5	2,9	0	0	0,2	0	8,0	4	11,7		
			Y	0					5,6		13,7			2	3,8	8,3	0	0	0,2	0	9,0				
14	»	d i d	W	0,1	0,1	0,2	0	0	2,3 1,1	5,2	5,6	4,7	4,3	1,4	4,5	4,5	0	0	0	0		3	11,3	9,8	10,2
			C	0,7	0,2	1,6	0,2	0	3,8	11,0	10,1	9,2	9,5	3,1	7,2	10,4	0	0,9	0,2	0	1,4	6	8,8		
15	Dairy cheese 8 R 1 week	i i d d	W	0	0	0,5 0	0	0	1,8 0,5	5,0	5,2	5,0	5,0	3,8 0,5	6,3 1,4	5,4	0,1	0	0	0		10	9,0	5,8	7,4
			C	0,7	0	0	0	0	3,6	11,3	11,7	9,2	9,9	3,8	3,6	9,2	0,2	0,2	0,5	0	8,3	4	13,1		
			Y	0,7					8,3		14,6			8,3	5,9		0	0	0	0	8,3				
16	»	i d i d	W	0	0	0,1	0	0	0,2	4,5	6,1	5,9	4,5	0,6	2,9	4,3	0,1	3,6 0,5	0	0	2,3	3	14,2	10,6	9,3
			C	0	0	0	0	0	3,6	11,0	11,5	10,4	11,9	9,5 0,9	8,3	11,5	0,2	6,8 0,5	0	0	5,9	5	11,3		
			Y	0	0	0	0	0	6,1		14,6			1,6			0	0	0	0	9,2				
17	Dairy cheese 8 R 3 months	i d i d	W	0,5	0,5	0	0	0	1,8	5,6	5,0	5,0	4,1	6,1 2,5	6,3	4,7	0	0	0	0		3	12,8	6,7	8,5
			C	0	0	0	0	0	2,9	14,4	13,1	14,2	11,9	1,4	8,3	9,2	0	0	0,2	0	7,4	5	9,7		
			Y	0	0	0	0,2	0	6,1		14,9			7,7			0	0,2	0	0	11,9				
18	»	d i d	W	0	0	0	0	0	0	3,8	3,6	4,1	3,6	0,6 0,1	5,2	3,4	0	0	0	0		6	11,3	6,4	7,9
			C	0	0	0	0,2	0	0,9	7,9	9,0	9,2	8,1	0,5	9,9	7,9	0	0	0	0	4,7				
			Y	0	0	0	0	0	5,9		11,9			7,4					0,2		8,6				
19	Dairy cheese 8 P 3 months	d	W	0,3	0	0	0	0	0,2	6,8	6,5	6,8	5,0	0,6	3,2	5,0	0	0	0	0		3	14,2	12,6	15,9
			C	0,5	0	0	0	0	3,4	12,4	13,5	13,5	11,3	0,9	6,8	11,7	0,5	0,5	0,2	0,2	7,4	5	9,7		
			Y	0,9	0	0	0	0	6,8		14			3,2			0	0	0,2	0	9,5				
20	»	d	W	0	0	0	0	0	1,4 0,5	4,1	3,8	4,3	4,3 1,9	0,5	4,5	2,9	0	0	0	0		3	12,8	15,6	19,4
			C	0	0	0	0	0	0,5	10,6	11,0	11,0	8,3	0,2	11,7	9,5	0,2	0,5	0,2	0	6,1	4	10,1		
21	Kefir 2	d	C	0,2	0	0,7	0,7	0,7	3,6	9,0	8,6	6,8	7,0	0,9	2,7	8,1	0,7	0,2	0,7	0	4,7	4	11,7	10,0	9,0
			Y	0					5,9		12,8			0	3,4	10,8	0	0	0	0	8,3	5	9,0		
22	Dairy cheese 5 P 2 months	d	W	0,2	0,2	0,2	0	0	2,3	7,0	6,3	6,8	5,2	1,2	4,3	4,7	0	0	0	0		4	12,2	13,6	17,5
			C	0,9	0,5	1,4	0,2	0,2	5,0	12,4	12,2	12,4	11,0	3,8	6,5	8,1	0,7	0,7	0,7	0	7,7				
23	»	d	W	0	0,2	0,3	0	0	2,0	4,7	5,4	5,4	3,6	4,7	4,1	5,2 0,5	0,2	0	0	0		6	11,0	12,2	9,7
			C	0,5	0	0	0	0	2,5	10,2	9,7	7,9	9,0	9,0	8,6	1,9	0,2	0,2	0	0	9,2	9	8,8		

Table XXIX c.

No.	Streptobacterium casei isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. S N	Milk: % of Total N. D N
24	Dairy cheese 7 R 4 months	d	W	0	0,2	0,3	0	0	2,0 0	5,4	5,4	5,4	5,0	0,9	5,4	4,3	0	0	0	0		3 6	15,1 10,1	10,7	13,8
			C	0,7	0	0	0	0	2,3	10,8	11,0	11,3	11,5	3,6	9,2	8,1	0,5	0,2	0	0	6,5				
25	»	d	W	0,7 0	0	0,5	0	0	1,4 0	5,2	5,9	5,2	4,1	1,6 0,5	3,6	4,6 1,6	0	0	0	0		2 4	14,4 12,2	5,4	6,5
			C	0,9	0,5	1,6	0,2	0,2	3,4	12,4	11,9	12,4	10,6	4,7	6,5	11,0	1,1	0,7	0,7	0	9,5				
26	Swedish manor-seat cheese *Bacterium curvatum*	d	C	0,9	0,7	0,7	0,5	0,5	4,3	10,4	11,0	12,2	8,1	3,4	3,2	10,6	0,5	0,9	0,7	0,2	3,4	5	10,4	5,1	3,2
			Y	1,8	0	0	0	0	7,0		14,9	14,9	13,1	8,8	4,5	12,6	0,2	0,2	0,2	0,2	3,8				
27	Dairy cheese 9 R 4 weeks	i d i d	W	0,5	0,7	0,2	0	1,6 0,2	1,8	5,9	5,9	5,0	4,1	5,6 3,4	5,6	4,5	0,1	0				4	12,2	7,2	6,7
			C	0,7	1,1	0	1,4	0,7	3,4	13,1	12,4	12,2	12,4	4,1	10,1	10,8	0,2	0	2,5	0	7,2				
28	» 3 months	d	W	0	0,7	0	0	2,3	2,3	5,0	4,8	5,2	5,0	1,8	5,0	3,4	0	0				2	12,4	14,6	18,6
			C	0,2	1,4	0	0	4,5	5,0	12,2	14,0	12,6	11,5	4,1	9,9	11,5	0,5	0,5	2,3	0,2	9,5	12	6,8		
			Y	0,2	1,1	0	0	5,9	5,9		15,3			5,0			0	0	2,0	0	11,0				
29	Milk left to stand at 30° with 1,4 % lactic acid	d	C	0,2	0,9	0	0	3,4	3,2	10,1	7,7	11,0	10,8	1,8	2,9	9,0	0,2	0	0	0	7,2	3	13,1	8,3	5,4
			Y					3,8	6,1		11,7			3,8	6,1		0	0	0,2	0,2	9,9				
30	Fæces 2	d	C	0,7	0,9	0,7	0,9	3,2	2,7	11,3	10,4	9,2	7,4	3,8	4,3	9,0	0,7	0,7	0,9	0,5	8,8	3	15,3	4,8	4,7
31	» 3	d	C	0,9	0,5	0,9	4,1	3,4	3,6	10,4	9,7	9,9	8,1	2,3	2,3	8,6	0,7	0,7	1,1	0,5	6,3	3	14,4	7,7	10,3
32	Butter 1 fine	d	W	0,5	0,5	1,6	1,4	2,0	2,5	7,0	7,0	7,0	6,1	2,3	0,3	6,5	0	0				2	16,0	22,7	23,5
			C	0,7	0,9	2,7	5,2	3,0	3,8	14,4	14,0	14,2	13,3	4,7	1,8	13,1	0,2	0,7	0,5	0	7,9	3	14,6		
33	Emmental cheese from „Alnarp“	d	W	0,5	0,1	0,5		2,3	2,3	6,8	7,2	7,0	6,3	2,7	3,6	6,3	0	0				5	15,3	18,7	22,0
			C	1,1	1,1	2,5	5,0	1,0 2,3	4,5	14,0	15,3	14,4	13,5	0,2 2,9	4,7	13,5	0,5	0,9	0,9	0	8,1				
34	Cheese culture from „Alnarp“ *Rosengren*	d	W					3,8									0,5								
			C	1,1	0,9	1,6	5,0	4,1	5,9	16,4	14,4	16,0	13,7	6,8	6,1	14,9	1,4	0,7	0,9	0	8,1	2	16,0	22,0	19,7
			Y	0,7	1,1	0,5	4,5	6,8	7,2		15,1			6,5	4,7	12,2	0	0	3	0	7,9				

tioned in the introduction, both the source of carbon and the source of nitrogen can, in this species, affect the relation between the different lactic acids. And we may note, as a curious fact, that Nos. 33 and 34, which only form dextro-lactic acid of lactose and all monosaccharides, also form inactive lactic acid from saccharose and maltose.

Streptobacterium casei thrives well in milk, and can, like *Thermobacterium lactis*, form abt. 1½ % lactic acid therein. In accordance with its slower growth, however, it takes

at least a couple of days, and as a rule from 3—5, or indeed often longer, to coagulate the milk. It always attacks casein, though with varying strength, in the same manner as the thermobacteria of milk, and is therefore of the greatest importance in the ripening of cheese. Some few strains can for a time, though for no perceptible reason, render the milk more or less slimy. One such slimy strain, of No. 34 (Pl. XL), lost the power of fermenting cane sugar, though its power remained quite unimpaired as regards all other sugars. Later, when its power of forming slime had disappeared, it at once regained the faculty of fermenting cane sugar.

Streptobacterium casei for the most part ferments galactose nearly as strongly as the other monosaccharides, and lactose more strongly than the other disaccharides. Nevertheless we may find some few strains altmost or entirely losing the power of fermenting lactose in artificial substrates (Nos. 5 and 23). Yeast extract will in many cases increase the power of fermenting saccharose (Nos. 2, 3, 5, 12, 15, 17, 18, 19 and 26). A similar effect is produced by this extract with regard to mannite, which is fermented — albeit often only to a slight degree — by all streptobacteria. Nos. 27—34 ferment sorbite and most of them also rhamnose, a little inosite and dulcite. As they, moreover, form only dextro-lactic acid, and exhibit lively growth at 45°, they resemble *Streptococcus glycerinaceus* in almost all respects. *Sbm. casei* has no marked power of fermenting pentoses or polysaccharides. Now and again we may discern a slight tendency to fermentation of arabinose, more rarely xylose. No. 16, in the first years, fermented some inulin, but lost this power after a time (its power of fermenting cane sugar decreasing at the same time).

Streptobacterium casei (Pl. XXXV—XL) forms, in broth, chains of short rods, with the ends as a rule cut off straight. The chains have often sharp breaks, are as a rule very long, and tangled, and then flake off, while the surrounding liquid is clear. The rods can be so short that if rounded, they may resemble streptococci (No. 9, Pl. XXXVII and No. 28, Pl. XXXVIII). They may, however, also grow out into longer rods, often curved. In milk, the chains are as a rule shorter than in broth, and on solid substrates as a rule even shorter still, but on the other hand, we often find longer rods here. On agar (No. 34, Pl. XL nethermost) and at times also in broth (No. 2, Pl. XXXV) screwed chains are often discerned; these arise by bending of the rods themselves. Even quite short rods can be curved (Nos. 33, Pl. XXXIX, as here the layer of indian ink is too thick the bacteria appear too thin) and unite two and two with the concave side inwards, forming rings or shapes of a deceptive likeness to that of the micrococci. These irregular shapes are most frequently met with in the rhamnose and sorbite-fermenting strains which, besides the qualities already mentioned (growth at 45° for instance) also differ from the remaining strains by exhibiting livelier growth with 2 % common salt than with only a trace of the same. There is thus much to advocate separation of these strains as a distinct species, which might suitably be called *Streptobacterium curvatum*[1]), if it were

[1]) Miss Troili Petersson (now Mrs. Almquist) has, in her "Studien über die Mikroorganismen des Schwedischen Güterkäses" (C. f. Bakt II. Abt. 1904, Bd. XI, p. 137) already established a certain species of lactic acid bacteria, *Bacterium curvatum*, distinguished by just these above-mentioned morphological qualities. One strain of this (No. 26) kindly furnished by the writer in question, exhibited lively growth at 45°, but did not otherwise agree with my typical strains of *Streptobacterium curvatum*. The extremely slight splitting up of casein (only 3.2 % *DN*) might, however, seem to suggest that it has degenerated on the whole during the long time of preservation.

Table XXX a.

No.	Streptobacterium plantarum isolated from:	Rotatory power of the lactic acid.	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid.	Milk: % of Total N. S N	Milk: % of Total N. D N
1	Butter 2, fine	d	W	0	0,1	2,5	0	0	0	3,8	5,2	4,7	3,8	5,4 0,5	5,6	5,0	5,0	0				7	5,9 3,4	0,0	0,1
			C	0,5	0	10,1 4,5	0,5	0,7	0,7	9,7	10,1	10,1	7,7	10,6	9,9	7,2	10,1	0,5	4,3	1,4	9,9				
			Y	0	0	3,8	0	0	0	15,5	13,5	14,2	10,1	15,8	14,6	14,9	15,8	0	4,3	1,4	9,9				
2	Milk *Weigmann's* collection No. 3	i	W	0	0,5	0	0	0	1,8 0	4,1	3,6	3,6	2,5	1,8 0	4,7	4,7 0	0	0	0	0		13	3,6 0,8	0,7	0,3
			C	0	1,8	2,3	0	0	2,3	11,0	10,6	12,2	7,9	7,2	10,6	7,7	0	0	0,2	0	8,8				
3	Butter 7 cheese-sour	i	W	0	0,5	1,6	0	0	0	4,1	5,2	4,1	2,3	0	4,5	4,1	0	0	0,2	0		13	3,4 2,5	÷4,8	÷1,5
			C	0,7	1,4	6,1	0	0	2,3	9,9	11,0	10,8	7,7	7,4	10,4	9,0	0,5	0,7	0,9	0	8,8				
4	Butter 4 cheese-sour	i	W	0	0,2	1,6	0	0	0	4,1	5,2	3,6	2,3	0	4,8	3,6	0	0	0,3	0		13	3,4 2,0	2,1	1,6
			C	0	0,2	6,1	0,2	0	1,1	9,5	11,7	11,5	8,1	9,9	10,8	9,5	0	0	1,1	0	8,3				
5	Dairy cheese 8 R 4 weeks	i	W	0,2	0,2	1,2	0	0	0,8	3,4	3,4	2,9	2 3	0,1	4,5	4,3	0	0,1	0,2	0		4	11,3 3,2	÷0,8	0,5
			C	0,9	1,6	7,4	0	0	3,4	10,6	9,7	10,6	9,5	0,7	10,1	10,8	0,2	0,7	0,9	0	8,8				
6	Dairy cheese 8 P 1 week	i	W	0,2	0	0,7	0	0	1,1	3,2	3,4	2,9	3,2	0,1	4,3	3,8	0	0	0,2	0		4	9,0	3,4	3,1
			C	0,7	0,5	8,3	0	0	1,8	12.2	12,8	12,2	10,1	0	11,7	11,0	0	0,2	0,9	0	8,3				
7	» 4 weeks	d	W	0	0,1	0,1	0	0	2,0 0	6,3	6,3	4,7	4,1	5,9 0	3,2	5,0	0	0				4	7,2 4,1	÷0,9	0,3
			C	0,9	0,2	0,9	0,2	3,6	4,1	11,9	11,7	10,8	8,8	11,9	10,4	9,5	0,9	10,6 7,9	0,9	0,2	9,9				
8	»	i d d i d	W	0	0	0,1	0	0	2,3 0	6,5	7,4	4,7	3,6	7,7 0	2,7	5,2	0,1	0						2,9	÷0,3	÷1,9
			C	0,9	0,9	1,4	0,2	2,5	3,8	12,2	11,5	11,7	7,7	11,7	4,5	9,7	0,5	10,4 0	0,7	0	9,2				
			Y	0,7	0	0	0	5,6	5,6		9,0			9,2				0	0	0	8,1				
9	»	i	W	0	0,2	0,2	0	0	1,4	5,0	5,2	4,1	3,6	4,1	5,9	4,1	0,2	0								
			C	0,7	1,1	1,4	0	0	2,9	11,3	11,0	11,0	9,7	9,9	11,0	10,8	8,6	0,5	0,7	0,5	9,0	4	9,0	2,2	0,3
			Y	0,9	0	0	0	0	7,2		12,2			10,8			10,4		1,1	1,1	9,7				
10	» 3 month	i	W	0,5	0,5	0	0	0	0,9	4,5	4,1	4,3	2,5	7,0 0,7	5,6	3,8	0,2	0	0,9	0	2,5	5	9,7 3,2	2,1	2,8
			C	0,9	1,8	0,9	0	0	3,4	10,8	11,5	11,9	8,8	10,1	11,0	10,4	0,5	0,7	1,1	0	9,0				
11	Dairy cheese 2 P 8 months	i	W	0,2	0	0	0	0	1,6	4,7	4,2	5,0	2,0	0,2 3,2	4,5	4,1	0,2	0				14	3,6 1,8	1,2	1,1
			C	0,7	0,9	1,1	0	0	2,9	10,8	11,0	11,3	7,3	8,6	10,6	8,8	2,3	0,7	0,9	0	8,6				
12	Milk *Weigmann's* collection No. a	i	W	0	0,7	0	0	0	0,3	3,6	3,6	3,8	2,5	1,6 0,2	3,4	3,8	0,2	0				10	6,0 4,1	1,2	0,8
			C	0,7	2,3	2,0	0	0	3,4	10,8	11,0	11,5	9,0	7,7	11,9	10,4	9,5	0,5	0,9	0	9,0				

Table XXX b.

No.	Streptobacterium plantarum isolated from:	Rotatory power of the lactic acid.	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
13	Whey, *Weigmann's* collection No. 27	i	W	0	0,7	0	0	0,2	1,1 0	5,0	4,7	3,8	2,0	4,3 0	6,5	2,9	2,5	0				4	11,3	3,9	1,0
			C	0,9	2,7	1,6	0	1,4	3,2	13,1	13,5	13,3	9,9	9,7	12,4	9,7	10,6	0,5	0,5	0	10,8	8	8,1		
			Y	0,5	0	0	0	6,5	7,2		13,1			9,9			11,7		1,1	0	10,8				
14	Dairy cheese 7 R 4 months	i	W	0	0,5	0,1		1,8	1,6 0,1	4,1	4,1	3,8	4,1	1,8 4,5	5,2	4,5	0,5	0				4	10,6	2,9	2,6
			C	1,1	1,4	1,1	2,9	1,8	3,2	11,9	11,5	12,4	9,9	11,0	11,7	10,6	10,4	0,5	0,9	0	8,8				
15	Dairy cheese 9 R 3 months	i	W	0,2	0,5	2,5	0,2	1,6 0	1,8 0,5	4,1	4,1	4,3	2,3	0,5	4,7	3,0	0,5	0	0,7	0	1,8	10	4,1	1,1	÷ 0,6
			C	1,1	1,8	10,6	3,4	1,1	2,9	11,7	10,4	11,9	7,9	7,4	11,3	5,3	6,3	0,7	0,9	0	9,0				
16	Kefir 6	i	C	0,9	0,9	8,8	3,4	2,9	3,4	10,4	8,3	8,6	6,1	6,8	9,1	7,5	8,6	0,9	2,7	0,7	7,4	2	10,4	1,0	2,4
17	Calf fæces 6	i	C	0,9	0,7	8,8	0,5	2,5	2,7	9,7	5,9	8,6	5,6	6,5	8,1	5,6	7,0	0,7	1,8	0,5	6,3	10	5,2	3,3	÷ 0,1
18	»	i	C	0,9	0,7	0,5	1,1	3,4	3,6	9,9	8,1	9,5	6,8	8,6	9,5	7,7	8,3	0,5	1,8	0,5	5,9	5	8,6	3,9	2,0
19	Camembert-cheese 1	i	W	0,1	0,1	1,1	0,1	0	0	2,5	0,7	0,5	0,5	0,2	2,9	1,3	0,1	0,1	0,4	0	0,6		2,9	÷ 1,0	÷ 1,0
			C	1,5	0,5	9,0	0,2	3,4	3,6	7,4	7,4	7,7	6,3	3,6	8,1	7,2	5,6	0,5	0,5	0,5	6,1				
20	Dairy cheese 6 P 4 months	d i	W	0,2	0,2	0,5		1,8	2,0	4,5	5,0	4,6	3,8	5,4	2,9	3,6	0,1	5,2				3	13,3	16,3	18,7
		d	C	0,9	0,5	1,1	5,0	3,8	3,8	11,5	11,9	13,1	10,6	12,6	5,9	9,0	4,1	12,6	0,5	0	6,8	6	9,5		
21	Dairy cheese 5 R 4 months	d	W	0,1	0	0,5		1,1	1,6	4,7	5,6	4,3	4,7	5,2	3,8	4,7	0	2,9 5,4				3 7	14,6 10,8	15,7	17,3
			C	0,5	0,5	1,1	0,2	2,7	3,4	12,8	12,8	11,9	11,9	13,3	7,7	11,3	0,5	13,7	0,7	0	7,7				
22	Soured potatoes 1 II	d i	W	0,1	0,2	0,5	0,1	1,4	1,5	5,3	6,0	5,5	3,6	0,7	5,6	1,8	0,1	5,5	2,0	0	3,5	3	15,3	4,4	5,9
			C	0,8	6,6	0,3	0,5	4,2	3,1	11,4	12,9	12,7	10,1	12,7	11,0	11,9	6,7	12,6	3,0	0,5	8,3				
23	» 1 II	d(i)	W	0,1	0,7	1,0	0,1	1,6	1,8	6,1	4,2	4,7	3,6	4,3	4,1	3,5	0,5	5,4	1,8	0	2,2	2	15,5	5,1	5,9
			C	0,8	6,8	10,5	0,4	3,6	7,1	12,5	12,2	12,1	10,9	9,8	9,9	10,9	9,9	13,5	2,5	0,2	7,7				
24	» 1 I	i	W	0,1	2,5	2,8	0,1	0	0,7	2,6	1,9	1,1	1,0	2,2	6,5	1,8	0,1	0	1,1	0	2,3		2,9	0	0
			C	0,5	15,1	8,3	0,2	0,2	2,9	8,9	7,8	6,9	5,6	6,2	7,4	6,5	6,4	0	1,9	0	5,1				
25	» 1 II	d(i)	W	0,4	0,5	0,7	0,1	1,7	1,7	5,4	4,2	5,2	1,8	1,5	2,9	3,8	2,7	0,1	1,6	0	0,9	3	13,3	2,3	2,4
			C	0,7	7,3	0,4	0,4	2,7	3,3	11,7	11,9	11,9	9,7	8,1	11,1	9,0	9,9	0,2	7,4	0,6	7,5				
26	» 2 II	d(i)	W	0,2	0,5	0,6	0,1	0	1,1	5,8	5,5	3,6	3,4	0,2	4,5	3,5	2,5	0,2	2,0	0	1,1	3	15,1	5,3	5,4
			C	0,7	6,4	0,3	0,2	0,3	2,7	9,6	12,2	11,6	9,0	7,0	10,1	9,0	6,3	0,5	2,7	0,4	6,5				
27	» 2 II	d(i)	C	0,3	6,1	0,3	0,3	0,3	4,3	10,6	9,8	10,4	8,2	9,2	8,3	7,4	1,0	0,7	2,5	0,3	6,0	3	13,3	2,8	1,1
28	» 2 II	d(i)	C	0,7	0,7	0,5	0,7	0,3	3,5	12,2	11,9	11,9	9,7	2,9	9,7	10,4	0,4	0,5	2,3	0,4	9,7	3	14,2	2,1	1,2
29	» 1 II	d i	C	0,7	0,9	0,7	0,7	4,2	3,5	10,8	11,1	10,6	10,5	3,6	9,3	7,0	0,6	0,5	2,0	0,4	3,6	5	10,8	3,0	4,0

Table XXX c.

No.	Streptobacterium plantarum isolated from:	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
30	Soured diffusion slices	i	W					1,1	1,4					0,2			0	5,4							
			C	0,7	2,0	1,8	0,2	1,1	3,4	11,3				13,3			0,7	13,7	0,5	0	6,8	3	12,2	5,6	4,8
			Y	0,9	1,1	0,5	0	6,1	6,8	13,1	14,0	14,0	11,9	14,6	5,2	9,2	0	15,8	0	0	9,0				
31	Soured beet slices I	d	W	0,4	0,6	0,5	0,2	1,3	1,5	5,6	4,5	5,2	3,4	3,6	5,4	3,2	0,1	5,1	2,2	0	4,6				
			C	0,6	1,0	0,5	0,6	1,6	2,9	10,1	9,0	8,8	9,5	9,3	7,7	8,8	0,5	9,7	2,5	0,5	4,5	2	13,3	5,0	4,4
32	» I	d	W	0,3	0,1	0,5	0,1	1,3	1,4	5,2	5,0	5,1	3,6	3,7	4,7	0	0,1	4,7	1,4	0	3,3				
			C	0,5	0,7	0,7	0,4	2,3	2,3	10,4	10,8	9,9	7,9	10,4	8,6	0,3	0,2	11,0	1,8	0,2	3,8		0,5		
33	» I	i	W	0,2	0,5	0,6	0,1	1,6	1,9	5,8	4,0	4,6	2,7	3,2	4,7	2,0	0,5	0,1	1,4	0	2,4				
			C	0,7	1,1	0,6	0,5	3,2	3,6	11,7	11,3	11,6	8,2	7,7	9,2	6,5	5,9	10,6	2,6	0,5	4,5	4	7,4		
34	» I	i	W	0,1	0,1	0,2	0	0,8	0,7	4,2	2,3	2,0	0,7	1,0	6,0	1,7	0,2	0,2	0,4	0	0,9				
			C	0,7	0,9	0,6	0,4	2,9	3,4	8,1	8,3	8,0	4,6	5,3	8,4	7,3	7,2	0,2	2,0	0,3	6,8		2,0		
35	» I	i	W	0,2	0,1	0,5	0	0	0,5	4,1	1,0		0,9	1,6	0,7	2,0	1,4	0	0,8	0	0,7				
			C	0,8	0,9	0,5	0,4	0,2	2,4	7,3	6,6	4,7	4,5	4,7	6,3	5,7	5,9	0,1	1,9	0,2	3,9		2,0		
36	» II		C	0,4	0,7	0,1	3,6	1,5	1.0	6,8	7,5	6,5	5,2	6,0	6,3	0,2	0,5	0,1	0,5	0	5,4		0,5		
37	Pickled cabbages 2	i	W	0	0,2	0,5	0	0,5	0,7	0,7	1,0	0,6	0,5	0,7	0,6	1,0	0,1	0,1	0,2	0	1,1				
			C	1,4	0,7	9,2	0,2	3,6	3,6	8,1	8,6	9,9	4,3	8,8	8,1	6,5	8,1	7,7	2,0	0,7	8,1		2,7		
38	» 2	i	W	0,1	0,4	1,3	0,1	1,4	1,1	0,7	1,6	0,8	0,7	1,6	0,7	1,5	0,5	0,1	0,2	0	1,1				
			C	1,1	0,5	8,6	0,2	3,2	3,4	9,2	7,9	8,6	1,1	8,3	8,6	7,0	8,3	8,1	1,6	0,5	7,9		2,0		
39	» 2	i	W	0,4	0,1	0,9	0,1	1,6	1,7	4,0	2,4	1,8	1,7	1,8	3,8	1,4	0,1	0,1	0,4	0	2,0				
			C	1,4	0,5	9,0	3,2	4,3	3,6	8,6	8,5	8,3	8,1	7,7	9,9	8,6	7,9	0,5	1,8	0,7	8,1		1,6		
40	» 2	i	W	0,1	0,5	0,3	0,4	0	1,1	4,2	1,4	1,8	0,6	0,9	4,6	1,8	0,1	0,1	0,4	0	2,3				
			C	1,1	0,5	0,7	3,3	0,7	3,4	8,3	7,7	8,3	6,1	7,9	8,8	8,6	5,5	0,5	2,0	0,5	6,8	14	4,0		
41	» 2	i	W	0,4	0,2	0	0	0	0,4	2,8	0,8	0,7	0,9	0,4	0,6	0,6	0,1	0,1	0,4	0	0,7				
			C	0,9	0,5	0	0,4	0,5	2,9	8,1	7,0	8,8	5,2	6,8	8,5	6,5	5,9	0,2	1,8	0,5	8,1	11	6,1		
42	Sour dough D	i	W	0,1	0,5	0,4	0	2,0	0,6	5,3	3,7	2,5	1,7	1,3	3,5	3,5	5,2	0,1	0,4	0	0,8				
			C	0,8	0,9	0,4	0,2	2,5	2,7	10,7	10,6	10,5	6,5	7,2	12,4	8,3	9,2	0,2	2,9	0,2	9,2	14	3,8		
43	» D	i	W	0,1	0,1	0,7	0,1	1,4	1,5	4,3	1,6	1,7	1,1	0,7	4,0	4,1	0,1	0,1	0,2	0	0,7				
			C	0,8	0,7	8,9	4,0	2,4	2,6	10,7	10,7	10,5	7,7	8,9	9,9	8,2	7,6	0,2	2,5	0,2	8,3	14	5,6		
44	» B	i(d)	C	0,1	0,2	0	0	0,1	2,0	9,5	10,1	9,6	0	7,4	9,7	0	0,1	0	1,9	0	9,5		0		

not that we find exactly similar curved rods in the species *Sbm. plantarum* (No. 1, *SG*-plate Pl. XLI). On *SG*, the cells of *Sbm. casei* are most frequently short, and on *AG*, they are always short, and even rounded, so their chains resemble streptococci (No. 4, Pl. XXXV, No. 9, Pl. XXXVII and No. 32, Pl. XXXIX). When stained with methylene blue, some few rods (especially in older milk cultures) can at times exhibit dark grains similar to those noted in the thermobacteria.

Streptobacterium plantarum (Table XXX a, b and c) most frequently forms pure inactive lactic acid, but can also form dextro-lactic acid; in some few cases, indeed (Nos. 1[1]), 21, 31 and 32) even exclusively dextro-lactic acid. Though, like most strains isolated from potatoes, it forms much acid in milk, a powerful splitting of casein is nevertheless exceptional, and has only been demonstrated in the two inulin-fermenting strains (Nos. 20 and 21) which were isolated from cheese[2]). Nos. 2, 3 and 4 are slimy (ropy) in sugar agar, but not in milk. Nos. 7 and 8 have at times shown some slime formation, especially in cane sugar agar. Radiations from the agar stab are now and then seen, always in the case of No. 11.

As regards its relation to the sugars, *Streptobacterium plantarum* is affected to an extremely high degree by the source of nitrogen employed. It is common, for instance to find the fermentation of raffinose and inulin — and even of saccharose, mannite and pentoses — fail with *W* as source of nitrogen. There are indeed some strains which can hardly ferment monosaccharides (Nos. 24, 35 and the sour cabbage bacteria) unless coaxed to a certain degree with their favourite dishes. With *C* as source of nitrogen it prefers as a rule maltose and cane sugar to lactose, and often ferments raffinose, some strains also inulin. The fermentation of sorbite and rhamnose is far more frequent than in *Sbm. casei*[3]). A number of strains show a comparatively powerful fermentation of arabinose, and a few (as for instance most of those isolated from potatoes) of xylose. No. 1 can ferment a little starch. Briefly then, these bacteria can on the whole — as was to be expected of plant bacteria — utilise a far greater number of carbon sources than bacteria living normally in milk, where there is no other source of carbon beyond lactose.

From a morphological point of view, it will hardly be possible in all cases to decide whether we are dealing with a strain of *Sbm. casei* or of *Sbm. plantarum* (Pl. XLI—XLV). In broth, *Sbm. plantarum* as a rule forms shorter chains, or even isolated long rods. If they exceptionally form chains of small segments, then these latter are rounded, and consequently much like streptococci in appearance (No. 44, Pl. XLV). On solid substrates, isolated rods, or a very few together will most frequently be found.

---

[1]) No. 1 has, however, formed a little inactive lactic acid from lævulose and saccharose.

[2]) We have therefore doubted, if we should reckon these two strains to *Sbm. casei* or to *Sbm. plantarum*, and only their powerful saccharose- and inulin-fermentation decided us for the latter.

[3]) Several sorbite-fermenting strains of *Sbm. plantarum* (as for instance Nos. 19, 20 and 33) also ferment some inosite, but only a trace of dulcite.

Genus: **Betabacterium** (Abbr. *Bbm.*).

The betabacteria (Table XXXI) are in most respects so closely allied to the betacocci that they may be regarded as the analogous rod forms, and they can, like the betacocci, be divided into those which ferment arabinose (Nos. 1—20) and those which do not (Nos. 21—33). The *Bacterium casei* γ and δ[1]) formerly described by me are typical representatives of these groups, and as they also differ in morphological respects, — the arabinose-fermenting rods being generally shorter than the others — we consider ourselves justified in establishing the species *Betabacterium breve* and *Betabacterium longum*. Besides occurring in vegetable matter, they are also found in cheese, fæces and kefir grains. The rods forming the tissue of the kefir grains (Nos. 1 and 2) are, however, so different from the remaining betabacteria that they must undoubtedly be reckoned as a distinct species which we will call *Betabacterium caucasicum*, as the kefir rods are now for the most part known under the name of *Bacterium caucasicum*. This last name is also erroneously used for streptobacteria, which are likewise also found in kefir (though not as a rule in the grains themselves), and which are considerably easier to obtain in pure cultures.

Most of the betabacteria are not altogether killed by heating until 75°. They form inactive lactic acid, at times with a surplus of dextro-lactic acid. The great majority of strains develop gas (carbonic acid and more or less hydrogen). When the development of gas is strong, succinic acid is also formed. The power to form any considerable quantity of gas, and thus succinic acid, is, however, soon lost in artificial nutritive substrates, and in most of our strains, gas development could only be observed by sowing out closely in sugar agar tubes. From lævulose, some few strains can form a small amount of mannite, and as the mannite-forming mash bacterium *Lactobacillus fermentatum*[2]), which has been closely studied by Jan Smit, has the greatest resemblance to the betabacterium (judging from its fermentation of sugar, with *Sbm. longum*) it should doubtless be reckoned under this head. Possibly the mannite bacteria[3]) so dreaded in the making of wine also belong here. Some of these form, like the betacocci, slime from cane sugar, which the betabacteria investigated by us never do.

The betabacteria grow poorly in milk, and do not as a rule attack casein at all. When cultivated at optimal temperature, however, some few strains, in a freshly isolated state, were able to curdle milk, and even with a slight development of gas, but this power was soon lost. The frequent occurrence of these bacteria in cheese is due to the fact that they are better able to utilise lactate of lime as a source of carbon than are most other lactic acid bacteria.

A characteristic feature in the betabacteria is their lack of ability to ferment salicin and alcohols, and, with the exception of the *Bbm. longum* forms, their preference for

[1]) Studien über die flüchtigen Fettsäuren im Käse etc. Centralblatt f. Bakteriologie II. Abt. 1904, XIII, p. 604.

[2]) Zeitschrift für Gärungsphysiologie 1915, Bd. V, p. 273.

[3]) In Müller-Thurgan and Osterwalder's big work: "Die Bakterien im Wein und Obstwein und die dadurch verursachten Veränderungen" (Centralblatt f. Bakt. II. Abt. 1913, Bd. 36) there is also a list of works on this subject.

Table XXXI a.

No.	Betabacterium isolated from	Rotatory power of the lactic acid	Production of gas	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
1	Kefir 5		0	C	0	0	4,2	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		
2	Kefir 3	i	0	C Y	0 0	0 0,2 0	11,7 10,4 14,2	0 0	0 0	0 0	0 2,0 3,8	0,7 5,0 7,0	0 0,5 0	0 5,0 7,7	0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0	0 0	0 0		0		
3	Dairy cheese 9 R 1 week	i	+	W C	0 0	0 0	7,9 13,7	0 0	0 0	0 0	6,1 5,9	4,3 4,5	0,2 0,2	4,3 3,8	0 0 3,4	0 2,3 3,8	0,7 3,4	0 0 2,5	0 0	0 0	0 0	0 0		0,7 1,4	0,8	÷0,5
4	Dairy cheese 7 R 4 months	i	+	W C	0 0,2	0 0	3,6 7,2 10,1	0 0	0 0	0 0	4,7 6,3	4,5 6,8	0 0,2	2,3 2,3	0,9 0 0,2	3,4 0,2 0,9	3,4 0,5 0,9	0 0,5	0 0,2	0 0	0 0	0 0		1,8 0,7		
5	Dairy cheese 5 P 4 months	i (d) i	+	W C Y	0 0,1 0	0 0 0	5,6 11,0 7,4	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1,1 3,2 4,1	4,1 5,9 4,5	0,3 0,1 0	4,1 5,9 4,7	0 0,2 0	5,0 2,7 1,6 5,2	4,7 0,2 0,5 1,1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0,7	6,3	0,1
6	Dairy cheese 5 R 4 months	i (d)	+	W C	0 0	0 0,5	2,5 8,3 16,4	0 0	0 0	0 0	2,0 3,4	4,3 6,5	4,1 0,2 0,5	3,2 7,4	0 0,5	4,1 3,2 2,5	3,6 1,8 1,1	0 0	0 0	0 0,2	0 0	0 0		3,6 0,7	2,4	0,6
7	Dairy cheese 6 P 4 months	i	+	W C	0 0	0 0,5	4,3 8,8 16,7	0 0	0 0	0 0,9	3,8 6,5	3,8 7,7	2,5 0 0,5	4,1 8,8	0 0,2	3,2 0,9 4,3	2,9 0,9 3,8	1,8 0 0,5	0 0	0 0	0 0	0 0		1,6 0,2	5,0	÷0,5
8	»	i (d)	+	W C Y	0 0 0	0,7 7,4 6,8	1,4 8,6 7,9	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0,5 0,9 1,6	1,6 5,0 4,7	0 2,0 1,1	1,4 3,4 3,8	0 0 0	1,4 0 3,6 5,2	1,4 0 0,5 3,2	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0,7 0,2		
9	Calf fæces 6	i	+	C	0,5	0,2	2,3	0,2	0,2	0	0,2	5,9	0	1,8	6,1	5,4	4,7	5,2	0,5	0,5	0,2	0,2		0,7		
10	Emmental cheese (*Bacterium casei γ*)	i	+	W C Y	0 0,2 0	3,4 13,5 6,8	2,9 16,2 9,0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1,6 7,9 6,8	3,6 8,6 6,1	0 1,1 0,2	2,5 7,4 6,1	0 0,2 0	2,7 5,9 6,3	2,3 0,9 1,4 8,6	0,5 0 3,6 0	0 0,2 0	0 0 0,5	0 0 0	0 0 0		1,8 0,5	÷3,8	0,3
11	Sour dough E		0	C	0,1	0,5	8,6	0,2	0,2	0,1	5,6	4,3	3,4	4,7	0,3	4,5	3,8	4,5	0,2	0,3	0	0		1,7		
12	» E	d	0	C	0,1	0.2	0,2	0,2	0,2	0,2	5,4	4,3	2,7	5,4	0,5	4,5	4,7	5,9	0,1	0,2	0	0,1		1,1		
13	Fæces 3		+	C	0,1	0,9	3,8	0,2	0,5	0,9	6,4	0,9	0,8	0,9	0	0,9	0,3	0,6	0	0,2	0	0				
14	» 3	i	0	C	0	0,2	2,0 5,0	0,5	0,2	0,7	6,8	0,7	0,6	0,8	0,5	0,9	0	0,2	0	0,2	0	0		0	1,5	÷0.6
15	» 3	i	0	C	0	1,1	1,8	0,5	0	0,5	5,2	1,1	0,5	0,9	0,5	1,6	0,2	0	0	0	0	0		0,5		
16	Soured potatoes 1 l	i	0	C	0	6,5	7,7	0,3	0,2	0,8	5,6	2,9	0,8	2,1	5,9	5,1	3,4	0,3	0	0,3	0,1	0,3		0,9		

Table XXXI b.

No.	Betabacterium isolated from	Rotatory power of the lactic acid	Production of gas	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. SN	Milk: % of Total N. DN
17	Soured potatoes 1 I	i	0	C	0	7,9	8,6	0,2	0,1	0,9	5,9	1,7	0,5	2,5	4,4	5,6	0,2	0,1	0	0,2	0,1	0,3		0,5		
18	Soured beet slices I		+	C	0,2	8,0	6,5	0,2	0,2	0,9	5,6	4,5	0,5	3,4	3,0	4,3	3,8	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5		1,6		
19	Soured potatoes 1 II		0	C	0	12,2	5,6	0,3	0	0,3	6,3	5,5	0,6	3,5	1,1	3,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0,1				
20	» 2 II		0	C	0,1	12,8	7,4	0,5	0	0,6	7,4	5,6	0,8	3,6	1,0	2,8	2,6	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1		2,3		
21	» 2 II	i	+	C	0	6,1	0,3	0,5	0,1	0	6,1	3,8	0,9	4,1	3,8	1,7	1,0	1,4	0,2	0,5	0,1	0,1		0,5		
22	» 2 I		+	C	0	4,1	0,3	0,1	0	0	7,4	5,4	2,9	3,4	7,2	7,2	6,5	7,3	0	1,6	1,4	0,7		2,3		
23	» 2 I	i	+	C	0	3,8	0,3	0,2	0,1	0,1	5,9	3,7	0,9	2,9	4,0	4,0	1,8	4,2	0,1	0,5	0,2	0,1		0		
24	» 1 II	i	0	C	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	5,4	4,3	2,0	4,7	5,4	4,3	4,4	5,2	0,2	0,8	0,2	0,1		2,2		
25	» 1 I	i	+	C	0	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	6,0	3,3	0,9	2,1	2,5	4,4	2,3	3,3	0,1	0,7	0,5	0,1		1,4		
26	Soured beet slices II		0	C	0,2	5,4	0,2	0,1	0,1	0,1	5,4	4,1	2,6	5,0	4,5	3,6	4,5	4,2	0,1	0,2	0,1	0		0,6		
27	» II		0	C	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	5,3	4,1	2,5	3,9	3,7	3,6	1,2	4,2	0,2	0,2	0	0		0,7		
28	» II		0	C	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	5,3	5,5	3,2	5,3	5,3	4,1	4,8	5,0	0,1	0,5	0,3	0		2,5		
29	Fæces 3	i	+	C	0,2	1,6	0,5	0,5	0,2	0,2	6,8	3,8	2,0	2,0	3,8	4,1	6,3	5,4	0,2	0,9	0,9	0		2,3		
30	» 3	i	+	C	0,1	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	5,0	3,8	2,3	4,1	3,8	4,7	4,5	4,1	0	0,9	0,7	0		1,1		
31	Emmental cheese 1 *Burri*	i	+	C	0	0	0,5	0	0	0	5,6	5,4	2,0	5,6	6,3	5,9	5,0	0,7	0	0	0	0		1,4		
32	» 2 (*Bacterium casei δ*)	i	+	W C Y	0 0 0	0 0 0	0 0,2 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1,6 5,2 7,4	1,8 5,2 6,5	0 2,5 3,2	1,1 5,6 5,4	0 5,4 9,0	1,1 5,6 6,3	0,7 5,4 6,5	1,6 4,3 7,7	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		 0,7 		
33	» 3	i	+	C Y	0 0	0 0	0,2 0	0 0	0 0	0 0	5,9 6,1	5,6 7,0	1,4 4,7	3,2 6,5	4,1 7,9	1,4 6,3	4,3 7,2	7,9 7,2	0,2 0	0,2 0	0,2 0	0 0		 0,5		

pentoses. The betabacteria have also always a slight fermentation of mannose. Some of the strains (as for instance Nos. 6 and 7) which in a freshly isolated state fermented mannose comparatively strongly, lost this power later on. As *Streptococcus thermophilus*, which likewise does not ferment salicin, has also a comparatively slight fermentation of mannose, there seems to be a certain relation between the power of fermenting salicin and that of fermenting mannose. As we shall see later on, this remarkable feature is repeated in *Bacillus bifidus*.

Betabacterium caucasicum has its optimal temperature at under 30°, and still grows well at 10°. In milk richly inoculated with kefir grains, it can even at less than 20° rapidly form 1.5 % inactive lactic acid. The sugar is not hydrolysed prior to fermentation, as some investigators have asserted. If the kefir grains be sifted off, however, the degree

of acidity will rise very slowly in the remaining kefir, and in pure cultures, the kefir rods form no acid in milk. *Bbm. caucasicum* grows altogether slowly as a pure culture. It thrives best in yeast extract, and its powerful growth in kefir grains must therefore be due to a symbiontic relation to the yeast cells therein. After cultivation for many years in casein peptone, however, it can become so accustomed to this source of nitrogen, that it will ferment the same sugars with this as with yeast extract (see No. 2). Of all the betabacteria, *Bbm. caucasicum* is the most pronounced *A*-form, as with less suitable nitrogen sources it will only ferment arabinose at all, and if tested therefore, under these circumstances, with all other sugars than arabinose in particular, one must necessarily conclude that it does not belong to the lactic acid bacteria.

Bbm. caucasicum forms shorter or longer rods, which are apt to clump together, in broth and milk, to miniature kefir grains (Pl. XLVI). Large kefir grains, however, I have never succeeded in producing with pure cultures. In the true grains, the rods are often very long and curved, and tangled together. In highly acid cultures the kefir rods can, after treatment with methylene blue, exhibit unstained parts, which have previously been regarded as spores (*Dispora*).

Betabacterium breve, has its optimal temperature at 30°. It thrives very badly below 15° and above 37½°. It grows somewhat better than the streptobacteria on sugar gelatin.

Bbm. breve has not only difficulty in fermenting mannose, but some few strains (Nos. 8 and 9, and with bad sources of nitrogen also Nos. 5, 6 and 10) have a relatively low fermentation of lævulose, and, which is still more remarkable, other strains (Nos. 13, 14, 15, 16 and 17) even find it difficult to utilise dextrose. The fermentation of galactose is as a rule on a level with that of dextrose, and we can therefore — in contrast to what we have otherwise seen in the case of the lactic acid bacteria — find strains which ferment galactose considerably more strongly than lævulose. Only few strains ferment saccharose or raffinose. As with the betacocci, the power of fermenting maltose and lactose has in many strains perceptibly decreased during the time we have had them under cultivation. We find altogether something of the same variability as in the betacocci, which renders the line of demarcation between *Bbm. breve* and *Bbm. longum* somewhat vague.

Bbm. breve (Pl. XLVI-XLVIII) occurs most frequently in the form of regular, isolated rods with rounded ends. The most common size is 0.7—1 × 2—4 μ. Chains of short segments are, however, found, especially in broth at the first stage of development (No. 3, Pl. XLVII). Later on, the segments become longer, and fall away from one another. Only a single strain (No. 8, Pl. XLVII) forms rings similar to those often seen in certain streptobacteria. When stained with methylene blue, several strains exhibit the granulation so characteristic of the thermobacteria.

Betabacterium longum grows most rapidly at a couple of degrees below its maximal temperature, which lies about 45°. It does not develop at anything under 18°. A number of strains ferment xylose, but none arabinose. As a rule, it ferments saccharose and raffinose. It often forms long rods (No. 33, Pl. XLVIII) which can resemble those of the thermobacteria. Generally, however, they exhibit no granulation, when stained with methylene blue. In a few strains (see photos of No. 22) the rods are inclined to develop irregular swellings.

Genus: **Microbacterium** (Abbr. *Mbm.*).

Of the other GRAM-positive, rod-shaped lactic acid bacteria (Table XXXII) which we have encountered in our investigations, the majority (Nos. 3—10) are considerably smaller than the rod forms hitherto described, and have so many peculiar qualities in common that it will be only natural to collect them in a genus, which may suitably be named *Microbacterium.*

The microbacteria do not, for the most part, curdle milk, and are on the whole weak acid formers, and produce dextro-lactic acid, with the single exception of No. 10, which forms inactive lactic acid. When sown out in high agar tubes, they grow only in the upper part, and in stab cultures, they exhibit more or less pronounced surface growth. No. 7 even forms a highly curled surface layer. Nos. 3—6 on the other hand, give only surface growth with favourable sources of nitrogen, and even then not always to any perceptible degree. The best nitrogen source for these bacteria is casein peptone; yeast extract, on the other hand, is as a rule very unfavourable. With the exception of No. 1, they split up hydrogen peroxide, and reduce nitrate to nitrite. In biological respects, the microbacteria thus greatly resemble the tetracocci, and there is also a gradual transition to forms which are no longer acid formers, but which liquefy gelatin to a slight degree, and can break down amino-acids. The true microbacteria never ferment pentoses, and of alcohols, at the outside a little mannite.

The microbacteria fall again into several well distinguished species. Nos. 3, 4, 5 and 6, for instance, are closely allied forms, and as they very often occur in milk, we will call them *Microbacterium lacticum.* No. 7 we will call *Microbacterium mesentericum*, from its very characteristic surface growth, and Nos. 8 and 9, which have constantly exhibited a powerful yellow surface growth, *Microbacterium flavum.* No. 10 probably also constitutes a distinct species.

Microbacterium lacticum can endure heating to 80°—85°. It can therefore be obtained — sometines as a pure culture — by sowing out freshly pasteurised milk. It grows extremely poorly at anything over 35°, and hardly under 10°. Some strains develop better on *AG* than on *SG.* Some few strains produce a fairly powerful solvent effect upon casein, without, however, splitting it up very deeply. *Mbm. lacticum* may lack the power of fermenting cane sugar; it never ferments raffinose and inulin, but often starch. It occurs mostly in the form of single small rods, 0,3—1 μ (Nr. 5, Pl. XLIX) but can also be swollen, having then a more coccus-like appearance (No. 4, Pl. XLIX). When stained with methy-

Table XXXII.

No.	*Remaining rod shaped lactic acid bacteria* isolated from	Rotatory power of the lactic acid	Source of nitrogen	Glycerin	Xylose	Arabinose	Rhamnose	Sorbite	Mannite	Lævulose	Dextrose	Mannose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Inulin	Dextrin	Starch	Salicin	Milk: Time of curdling	Milk: Amount of acid	Milk: % of Total N. S N	Milk: % of Total N. D N
1	Fæces 3		C	0,2	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	2,7	2,7	3,2	1,4	2,3	3,4	2,5	1,4	0,7	1,1	1,1	2,0	7	2,9	0,5	1,2
2	Milk *Weigmann*		W	0	0	1,4 0	0	0	0	1,6	1,4	1,7	0,9	0,1	0,5	0,6	0	0	0	0			1,4		
			C	0,7	0	2,3	0	0,9	0,7	3,8	3,6	3,4	2,0	1,4	2,0	2,5	2,3	2,3	2,3	1,8	1,8				
3	**Microbacterium** Dairy cheese 6 P 4 Months	d	W	0	0	0	0	0	0	1,8	2,0	2,0	1,5	1,1 0	1,6	1,4	0	0					1,8	20,0	5,6
			C	0	0	0	0	0	0,5	5,2	5,2	5,0	2,7	3,6	4,3	3,4	0	0	3,8	4,5	2,0				
4	Cheese-sour butter 6	d	W	0	0	0	0	0	0	2,0	2,0	1,9	1,5	0	1,1	1,8	0	0	1,4	0,5	1,1		4,1	5,6	1,3
			C	0	0	0	0	0	1,1	5,2	5,2	4,7	1,8	2,9	2,9	3,6	0	0	2,0	1,8	2,9		1,8		
5	Milk heated 1/2 hour to 80° in an agar tube		W	0	0	0	0	0	0,9	1,8	1,8	1,8	0	0	0,2	1,4	0	0	0	0	1,1				
			C	0	0	0	0	0	1,6	4,7	5,2	5,2	1,8	0	3,4	4,3	0	0	2,0	2,0	2,0	5	4,3	8,0	0,9
6	*Bac. acidophilus Kral*	d	W	0	0	0	0	0	0	1,8	1,8	1,8	1,5	0,1	1,6	0,5	0	0							
			C	0	0	0	0	0	0	4,5	4,7	4,7	1,8	2,9	2,9	0	0	0	3,4 1,4	0	2,9		0,7		
7	Rotten red beet 4		C	0,5	0	÷	÷	0	0,2	2,3	3,2	1,6	0	2,9	1,8	0,7	1,8	0	1,6	1,8	3,2		0		
8	Dairy cheese 6 P 4 months	d	W	0,1	0	÷	0	0	1,0 0	4,3 1,8	5,0 2,0	4,5 2,3	0,9 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0		0,7		
			C	0,8	0	0	0	0	0,5	10,4	8,3	7,0	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0				
9	Good butter 1		W	0	0	÷	0	0	0,8 0	4,5	3,4 2,0	4,1 1,1	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0		0,7		
			C	0,3	0	0	0	0	0,5	9,7	6,1	0	2,0	0	0	0	0	0	0	0	÷				
10	Calf fæces 6	i	C	÷	0	÷ 0	÷ 1,1	÷ 0	0 0,7	1,6	1,6	1,1	0	1,6	0	÷ 0	0	÷ 0,2	÷ 0,2	÷ 0	÷ 1,8		0		
11	**Bacterium bifidum** Infant fæces III	d	Y	0	6,1	7,9	0	0	0	5,2	14,6	1,1	11,5	0	11,3	16,2	0	0	0,9	0	0		0		
12	» » I		Y	0	0	0	0,7	0	7,0	8,6	13,5	0	9,5	11,0	10,6	11,7	15,1	4,1	2,0	0,9	0	10	7,0		
13	**Propionic acid bacteria** Swedish manor-seat cheese *Troili Petersson*		C	1,1	0,2	15,3	0	0	0,2	6,3	5,4	3,6	9,9	7,2	7,4	0,9	2,3	0	0	0		13	9,7	4,6	÷0,8
14	Emmental cheese *Bacterium acidi propionici x*		C	8,4	0	7,9	8,6	8,8	11,5	12,8	10,4	9,7	10,6	12,8	9,1	12,2	1,0	0	1,4	3,6		13	8,3	3,8	÷3,7

lene blue, it sometimes appears highly granulated, and thus resembles an extremely small streptococcus.

Closely related to *Mbm. lacticum* are apparently the rods Nos. 1 and 2, though they are about normal thickness, and altogether without surface growth[1]). In streak cultures, No. 1 (Pl. XLIX) is often swollen up to a club shape, and partly GRAM negative. They do not reduce nitrate to nitrite, but No. 2 splits up peroxide of hydrogen.

Of the strains of *Mbm. lacticum* above mentioned, No. 6 should be a typical representative of the acidophile intestinal bacterium *Bacillus acidophilus*, discovered by MORO[2]) and FINKELSTEIN[3]). None of the many writers who have studied this GRAM-positive rod have interested themselves in its biology, but have devoted all the more attention to its morphological features, and it has been described, now as a thin form, now as a thick one, now as isolated long rods and again as chains of short segments. As some investigators have observed that it can be very irregular (compare with our No. 1), they go so far as to declare it identical with *Bacillus bifidus*. This is an excellent instance of what can be attained by morphology alone in bacteriology. As it is quite impossible to determine, from extant literature, what GRAM-positive intestinal bacterium is really meant by *Bacillus acidophilus*, there is certainly no reason to retain the name. When endeavouring to discover the acidophile fæces bacteria, by enrichment prior to sowing, in sugar broth with ½—1 % acetic or lactic acid, we have either encountered betabacteria (strains 13, 14, 15, 29 and 30 were isolated in this way) or microbacteria most nearly approaching strain No. 1.

Microbacterium mesentericum. This form is, as mentioned, easily recognisable by its enormous mesentery. It is killed by heating to 70°. It is only a weak acid former, and in its relation to the sugars most resembles *Mbm. lacticum*. It forms long, thin, often highly granulated rods, which, as they lie in slime, appear much thicker in Indian ink preparations than in colour preparations. On *AG*, where it thrives better than on *SG*, it looks like a streptococcus (Pl. L).

Mibrobacterium flavum is nearly as resistant to heating as *Mbm. lacticum*, and like the latter, thrives poorly at anything over 35°. It also grows very slowly below 20°, and has thus only a slight temperature interval for its development. In contrast to the other microbacteria, it will still thrive in a sugar solution containing 10 % common salt. It can form up to 1 % lactic acid from lævulose, but it is only with monosaccharides that it forms any considerable quantity of acid at all. It forms a finely flaked precipitate in broth, and is even more aerobic than *Mbm. lacticum*. The yellow colour is more strongly apparent on *SG* than *AG*. *Mbm. flavum* (Pl. L) forms clumsy rods, measuring for the most part 0.5 × 1—2 μ, though they can also grow out into threads 10 μ long. When coloured with methylene blue, it is distinctly granulated.

Rods such as strain No. 10 (Pl. L) are frequent in calves' dung. Treatment with methylene blue will as a rule only stain the poles, and they are thus easily confused with small micrococci. Although the surface growth is more often white than yellow, and they are only weak acid formers, they are doubtless closely allied to *Mbm. flavum*.

---

[1]) No. 2, however, has now, after 10 years' cultivation, begun to exhibit a slight yellowish-green surface growth, like Nos. 3—6.

[2]) Wiener Klin. Wochenschrift 1900, No. 5.

[3]) Deutsche med. Wochenschr. 1900, p. 263.

In milk, and especially in cheese, we encounter some small GRAM-positive rods, which entirely resemble *Mbm. lacticum*, and can, like the latter, stand heating to 80°, and only grow in the upper part of the agar tube. In stab cultures, the surface growth is a faint yellowish-green, which it can also be, at times, in *Mbm. lacticum*. They form, however, too little acid to be included among the lactic acid bacteria. They curdle milk in the course of a week without altering the reaction to any considerable degree, and they dissolve the casein gradually. In milk to which chalk has been added, some few strains can form up to 80 % *SN*, 54 % *DN* and 6 % *AN*. They therefore also liquefy gelatin, especially that without sugar (*AG*). Dextrose gelatin on the other hand, will not liquefy if closely sown, as the acid formed will impede the action of the proteolytic enzymes. They split up hydrogen peroxide, but do not reduce nitrates. We will for the present call this bacterium *Microbacterium liquefaciens* (Pl. L). It is possible, however, that it may belong to quite another place in the system.

Bacterium bifidum *(Bacillus bifidus)*.

At the commencement of the century, TISSIER[1]) made the discovery that the overwhelming majority of the bacteria in the fæces of breast children did not consist, as with adults, of GRAM-negative coli bacteria, but of a GRAM-positive, irregular rod form, which could be club-shaped, or even forked, wherefore he termed it *Bacillus bifidus* (Pl. LI). As the bacterium does not form spores, it will be correct to alter the name to *Bacterium bifidum*. It is immotile, obligatorily anaerobic, and requires sugar for its development. It forms an acid not precisely defined, but no gas. Casein and gall appear, strangely enough, to impede its growth. It grows for the most part so slowly, that even at the optimal temperature, 37°, it may often take a whole week before the colonies become visible. It is killed by heating to 60°, can still grow at ordinary indoor temperature, and at 40°, albeit extremely slowly. According to TISSIER's investigations, it is said not to be quite so predominant in the fæces of infants reared from the bottle.

We have also investigated a great number of fæces samples both from healthy breast-reared children and healthy bottle-fed infants, the material being procured, partly from private acquaintances, partly through the courtesy of Professor LEOPOLD MEYER, from the Lying-in Hospital. The direct microscopic examination revealed, besides a quantity of more or less GRAM-positive cocci[2]), on the whole not more GRAM-positive than GRAM-negative rods. No constant difference in the flora of fæces from breast childern and fæces of bottle-fed children could be discerned.

It was very difficult to isolate the GRAM-positive rods, and when we finally succeeded, they perished so rapidly that as a rule we had not time to investigate them further. We were never able to keep a strain alive for more than a year. Strains which could be further inoculated from one anaerobic agar tube (high tubes, from which the oxygen of the air was excluded by means of pyrogallate of potassium, according to STRIBOLT's method) to another, often refused to grow in freshly sterilised liquids covered with fluid paraffin

[1]) Recherches sur la flore intestinale des nourrisons. Paris 1900.

[2]) In a single instance, we found only streptococci in the fæces of a breast child. It was stated that both nurse and child were healthy.

(as in the case of the club-shaped strain shown in the photo). Yeast extract is undoubtledly the best source of nitrogen, and with this, we were able, in the case of the two strains shown in the table, to study its relations to the different sugars. Of these strains, No. 11 (the strain from infant III, Pl. LI) is highly forked whereas No. 12 is only very slightly irregular. They behave towards the sugars (Table XXXII) as *Bbm. breve* and *Bbm. longum* respectively, and thus probably represent different species. *Bacterium bifidum* has, however, probably no connection with the betabacteria, and if it were not that we had previously met with strains which, at any rate in a freshly isolated state, formed great quantities of by-products, we should hardly have reckoned *Bact. bifidum* among the true lactic acid bacteria, as, though it does form some dextro-lactic acid, 30—40 % of the sugar fermented is turned into acetic acid. Unfortunately, we did not succeed in preserving any of the isolated strains long enough to enable us to observe whether the quantity of by-products gradually decreased.

The different species of *Bact. bifidum* doubtless constitute a separate genus, possibly forming a connecting link between the lactic acid bacteria and the propionic acid bacteria first isolated by FREUDENREICH and myself[1]). The rod forms coming under this head can, as will be seen from the accompanying photographs (Pl. LI), also be more or less forked. We cannot here enter further into the qualities of the propionic acid bacteria, and I must therefore refer to my Dairy Bacteriology. In Table XXXII will be found, by way of example, details of two strains in their relation to the sugars, I would merely add here, that these strains are also very strong fermenters of inosite.

---

[1]) Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz. 1906, p. 320.

Key to Identification of

The lactic acid bacteria ferment carbohydrates and higher alcohols to lactic acid. They do not grow with acids therein contained. They are Gram-positive, immotile, sporeless rod- or sphere-forms. We cannot here repeat all nearest related forms.

Rod Forms.

A. Without catalase, reduction

a. Produce only a trace of by-

GENUS: **Thermobacterium.** Form laevo- or inactive lactic acid. Except *Tbm. cereale* they strongly break down casein and thrive well in yeast extract. They never ferment pentoses and frequently not salicin. Long-rods, which grow at 50° or more, but do not on the other hand grow at lower than 22°.

Tbm. helveticum. Inactive lactic acid. Ferments maltose, but not saccharose. Able to form more than 2,7 % lactic acid in milk.

» *Jugurt.* Inactive lactic acid. Does not ferment either saccharose or maltose. Able to form more than 2,7 % lactic acid in milk.

» *bulgaricum.* Laevo-lactic acid. Does not ferment either saccharose or maltose. Forms at most 1,7 % lactic acid in milk.

» *lactis.* Laevo-lactic acid. Ferments both saccharose and maltose. Forms at most 1,7 % lactic acid in milk.

» *cereale.* Laevo-lactic acid. Ferments as a rule both saccharose and maltose. Does not curdle milk.

GENUS: **Streptobacterium.** Form inactive or dextro-lactic acid. Thrive well in yeast extract and as a rule also in milk. Always ferment maltose and salicin and only exceptionally not lactose. Shorter or longer chains of shorter or longer links. Maximum temperature as a rule 35°—40°.

Sbm. plantarum. Mostly inactive lactic acid and no breaking down of casein. As a rule prefers maltose and saccharose to lactose and frequently ferments raffinose, inulin and pentoses.

Sbm. casei. Mostly dextro-lactic acid and breaking down of casein. Prefers as a rule lactose (especially in milk) to saccharose and maltose and only exceptionally ferments raffinose, inulin and pentoses.

b. As a rule produce perceivable amounts of

GENUS: **Betabacterium.** Almost always form inactive lactic acid. Thrive well in yeast extract, but as a rule badly in milk. Never ferment considerable amounts of mannite, inulin, dextrin, starch or salicin. Have a comparatively small mannose fermentation.

Bbm. caucasicum. Prefers arabinose. Ferments no disaccharides out of the Kefir grain.

» *breve.* Ferments arabinose with predilection, frequently xylose too. Maximum temperature 38°.

» *longum.* Never ferments arabinose, but frequently xylose, and as a rule raffinose. Maximum temperature 45°.

B. As a rule catalase, reduction

GENUS: **Microbacterium.** The undermentioned strains form dextro-lactic acid. Thrive badly in yeast extract. Very small rods, only exceptionally more than 0,5 μ thick.

Mbm. lacticum. Ferments maltose and frequently some starch. Slight, often greenish yellow surface growth.

» *mesentericum.* Ferments maltose, raffinose and starch. Strongly curled, white surface growth.

» *flavum.* Does not ferment any di- or polysaccharides. Vigorous yellow surface growth.

the Lactic Acid Bacteria.

ammonia salts or single amino acids, but like the animals require complete proteins or the entire complex of amino that caracterises the separate species, but only note the qualities by which they are best distinguished from the

Sphere Forms.

of nitrate and surface growth.

products besides the lactic acid.

GENUS: **Streptococcus.** Always form dextro-lactic acid and thrive well in milk but not as well or even badly in yeast extract. *Sc. pyogenes,* some strains of which do not generally ferment lactose, however thrives badly in milk. As a rule they only divide in one plane.

α. Mostly shorter or longer chains. Never pentose fermentation.

Sc. thermophilus. Ferments saccharose, but not maltose, dextrin and salicin. Does not break down casein Maximum temperature 45°—50°.

» *cremoris.* Does not ferment saccharose, maltose or dextrin, frequently not salicin. As a rule it breaks down casein. Maximum temperature 35°—38°.

» *mastitidis.* Ferments saccharose, maltose, dextrin, starch and salicin. Does not break down casein.

» *pyogenes.* Ferments saccharose, maltose, dextrin and salicin, frequently starch too. Does not curdle milk.

β. Diplococci as well as longer chains. Mostly pentose fermentation. Always ferment maltose, dextrin and salicin, as a rule also saccharose. Maximum temperature 45°.

Sc. liquefaciens. Ferments sorbite and glycerin. Breaks down casein and liquefies gelatin.

» *glycerinaceus.* Ferments sorbite and glycerin. Does not break down casein nor liquefy gelatin.

» *inulinaceus.* Ferments raffinose and inulin, frequently starch and xylose. Does not break down casein.

» *bovis.* As a rule ferments raffinose, inulin, starch and arabinose. Breaks down casein. Does not grow at lower than 22°.

γ. Mostly diplococci. Always ferment maltose, dextrin and salicin, mostly pentoses too.

Sc. fœcium. Always ferments arabinose, as a rule saccharose too, and frequently raffinose and rhamnose. Does not break down casein. Maximum temperature 50°.

» *lactis.* Never ferments saccharose, raffinose nor rhamnose. Frequently breaks down casein. Maximum temperature as a rule 38°—40°.

gas and other by-products besides the lactic acid.

GENUS: **Betacoccus.** Form laevo-lactic acid or exceptionally inactive lactic acid. Mostly form slime from saccharose. Thrive well in yeast extract, but only now and then well in milk. Never ferment inulin and starch, exceptionally dextrin. On the other hand frequently ferment raffinose. If raffinose fermentation fails, salicin fermentation as a rule fails too. Low optimum temperature.

Bc. arabinosaceus. Ferments arabinose with predilection, frequently xylose too. Diplococci or chains.

» *bovis.* Never ferments arabinose, but frequently xylose. Often irregular forms dividing in two planes.

of nitrate and surface growth.

GENUS: **Tetracoccus.** The undermentioned strains form dextro-lactic acid. Division in two or three planes.

Tc. casei. Ferments arabinose, raffinose and salicin. Does not break down casein nor liquefy gelatin.

» *liquefaciens.* Does not ferment arabinose, raffinose and salicin. Breaks down casein and liquefies gelatin.

» *mycodermatus.* Ferments arabinose, glycerin, sorbite and mannite, but not raffinose and salicin. Does not break down casein, but liquefies gelatin. Mycoderma resembling surface growth.

The Lactic Acid Bacteria, Arranged According to Their Habitat.

The species are arranged after the frequency of their occurrence.

1. Mash, at temp. over 50°.

Tbm. cereale.

2. Sour Dough.

Sbm. plantarum, *Bbm. breve* and *Bc. bovis* (dividing in two directions).

3. Souring Potatoes.[1])

At first, chiefly *Bc. bovis*, *Bc. arabinosaceus*, *Sc. fæcium*, *Bbm. breve* and *Bbm. longum*.
Later, chiefly *Sbm. plantarum* (xylose-fermenting) and betabacteria.

4. Sour Cabbage.

At first, chiefly *Bc. arabinosaceus*, more rarely *Bc. bovis*.
Later, chiefly *Sbm. plantarum*.

5. Souring Beets and Diffusion Slices.

Bc. arabinosaceus, *Sbm. plantarum*, *Bbm. longum* (and *Mbm. mesentericum*).
(In rotten beets we find, besides mould fungi and pectin-fermenting plectridia, aerogenes bacteria and *Bc. arabinosaceus*).

6. Human Fæces.

Microbacteria, *Bact. bifidum*, *Sc. fæcium*, betabacteria, *Sc. glycerinaceus* (and *Sc. liquefaciens*).

The great bulk of the intestinal flora of sucking infants consists of true lactic acid bacteria, whereas in adult human beings, as in adult animals, it is, as we know, composed of coli and butyric acid bacteria.

---

[1]) The mass investigated was a mixture of raw and boiled potatoes which had been stored in cold (1) or warm (2) state. The investigation was made partly a couple of months after storage (I), and partly when it was taken out of the pits in March (II). The figures quoted are used in the tables under the finding place of the separate strains.

7. Cowdung.

Tetracocci, *Sc. bovis*, the streptococci not fully identified in Table XXIII, *Bc. bovis*, *Sc. inulinaceus*, microbacteria, *Bc. arabinosaceus* and betabacteria.

8. Calves' Dung.

Microbacteria, *Sbm. plantarum*, *Bc. bovis* and *Sc. fæcium.*

In cowdung, tetracocci of various colours predominate; in calves' dung, on the other hand, rod-shaped lactic acid bacteria predominate.

9. Cows' Milk.

Fresh: Tetracocci (besides cocci not fermenting sugar) and *Sc. liquefaciens.*

Standing at ordinary temperature:

At commencement of souring: *Sc. lactis*, *Sc. cremoris*, *Sc. inulinaceus* and *Bc. bovis.*

Later: *Sbm. casei* and *Sbm. plantarum.*

Standing at 40°—50°:

At commencement of souring: *Sc. thermophilus* and *Sc. fæcium.*

Later: *Tbm. lactis*, rarely other thermobacteria.

Pasteurised at low temperature: *Sc. thermophilus*, *Sc. fæcium* and *Mbm. lacticum.*

Pasteurised at 70°—85°: Chiefly *Mbm. lacticum* (besides spore-formers).

Yoghurt: *Tbm. bulgaricum*, *Sc. thermophilus*, *Sc. fæcium* and *Tbm. Jugurt.*

Kefir-Grains: *Bbm. caucasicum* (besides yeast).

In Kefir also *Sc. lactis*, *Bc. arabinosaceus*, *Sbm. casei* and *Sbm. plantarum.*

Condensed milk and sugar-containing salt pickle: Tetracocci.

10. Butter from Soured Cream.

Fresh: *Sc. cremoris* and *Sc. lactis.*

Later: *Sbm. casei*, *Sbm. plantarum*, Tetracocci (yeast and mould).

11. Hard Rennet Cheeses.

Not highly heated (as for instance Danish dairy cheese).

Fresh: *Sc. lactis*, *Sc. cremoris*, *Tc. liquefaciens*, betacocci and *Sc. liquefaciens.*

Later: *Sbm. casei*, *Sbm. plantarum*, *Bbm. breve*, *Sc. glycerinaceus*, *Tc. casei* and microbacteria also gelatin-liquefying forms), more rarely the species occuring in fresh cheese.

Highly heated cheese (e. g. Emmental cheese).

Fresh: *Sc. thermophilus*, *Tc. liquefaciens* and *Tbm. helveticum.*

Later: Thermobacteria, *Sbm. casei*, betabacteria, streptococci and tetracocci.

On surface of cheese: *Sc. glycerinaceus*, *Tc. mycodermatus*, besides other tetracocci and cocci not fermenting sugar (also *Bact. limburgensis*, mould, yeast, etc.).

In the case of Danish dairy cheese, no considerable difference was found between the flora in cheese from pasteurised and cheese from raw milk, which is simply explained by the fact that these cheeses are given so much buttermilk that it is the bacteria of the latter which chiefly dominate there.

Experiments with a view to utilising the isolated species.

It would be natural, of course, to test our lactic acid bacteria in practice at the places from where they were isolated. There is no doubt, for instance, that the loss of dry matter in souring of potatoes, beets and other fodder could be reduced considerably if the gas developing bacteria there abounding could be at once subdued by rich inoculation with such lactic acid bacteria as thrive well in the vegetable matter concerned. Experiments on a large scale in this direction were also planned by me in co-operation with the State Plant Cultivation Committee („Planteavlsudvalg") but were relinquished for the time being owing to scarcity of fodder.

We have attained some extremely favourable results with sour cabbage, at the *Ama* preserving factory. Cabbage inoculated with *Bc. arabinosaceus*. No. 19 and *Sbm. plantarum* No. 37 developed a much better aroma and was more tender than cabbage which had soured spontaneously.

Under the heading of *Sc. cremoris* I have given several hints which will be of value in the production of starters for souring of cream.

Particularly interesting are the cheese bacteria, and it was indeed the desire to study these further which led to the undertaking of the present work. Simultaneously with our bacteriological investigations therefore, we have carried out a great number of cheese-making experiments, in order to ascertain the effect produced in cheese by the bacteria found in cheese — and especially in Danish dairy cheese.

The experiments were carried out with sterile apparatus and with so called iced milk from "The Copenhagen Milk Supply". The milk was previously partly freed from germs, either by heating for half an hour at 70°, in the cheese vat itself, or by twentyfour hours' treatment with 1.5 % hydrogen peroxide at 50° in an acid demijohn. The surplus of hydrogen peroxide was removed, immediately before adding the rennet, by means of HEPIN, an extract of ox liver, containing catalase, placed on the market by the BEHRING works, at Marburg. By this latter method, previously employed by GERDA TROILI-PETERSSON[1]), the power of the milk to coagulate with rennet is less impaired, but the milk

[1]) Centralblatt f. Bakteriologie. II. Abt. 1909, Bd. 24, p. 343. According to our investigations, nearly 1 ‰ H_2O_2 must be added to the milk in order constantly to prevent the development of yeast and bacteria. The hydrogen peroxide does not, however, impede the action of the proteolytic enzymes in the milk, and milk to which hydrogen peroxide has been added will therefore curdle in the course of 2—3 weeks, and then again dissolve. After six months, milk with 2 ‰ H_2O_2 was found to contain 79 % *SN* and 10.5 % *DN*.

is not rendered more free from germs than by heating to 70°. The bacteria of putrefaction were subdued in the experimental cheeses inoculated with lactic acid bacteria; whereas in the control cheese not inoculated, they developed so abundantly that these latter often contained more *SN* than the former. We were therefore obliged to disregard the results of the chemical investigations, and be content with a purely practical estimate, from taste and structure alone. If an experimental dairy should ever be established in Denmark, we hope to be able to resume the experiments with milk containing fewer bacteria. For the rennet, we used HANSEN's tablets, these being practically free from germs, which is by no means the case with the usual rennet extracts.

As our experimental cheeses constantly proved better than our control cheeses, we can only say that all the lactic acid bacteria thus tested produce a favourable effect upon cheese, if only by subduing the putrefaction bacteria and furthering the proteolytic action of the rennet. An exception, however, is found in *Sc. liquefaciens*, which, as FREUDENREICH has already shown, renders the cheese bitter and makes it run. In cheeses with pure cultures of this streptococcus, we found up to 80 % *SN*. *Tc. liquefaciens* also can make the cheeses rather soft, but can also give them, as we have noted before, a flavour resembling that of "Danish Swiss cheese", or "Russian Steppe cheese". The best effects are obtained with *Sbm. casei*, which is a cheese ripening bacterium par excellence, but also the casein-splitting strains of *Sc. lactis* and *Sc. cremoris* gave an extremely good cheese, so that we can willingly agree with BARTHEL[1]) that a greater importance should be ascribed to such streptococci in the ripening of cheese than has hitherto been conceded. Even *Sc. glycerinaceus*, which does not break down casein, had a favourable effect on the ripening of the cheese. *Sc. fæcium*, *Sc. thermophilus*, *Sc. inulinaceus*, *Sbm. plantarum*, betacocci and betabacteria do not as a rule affect the flavour. Vigorous strains of the two last-mentioned groups can occasion some formation of holes. The great importance attaching to certain thermobacteria, especially *Tbm. helveticum*, in the ripening of strong heated cheeses, is a point we need not here discuss further. In non-cooked cheeses, where cooling takes place rapidly, they cannot of course produce any affect.

It will be seen then, that many different species of lactic acid bacteria contribute to the ripening of cheese, but there is hardly any doubt that a cheese — as has been proved in the case of Emmenthal cheese — only obtains the proper character when certain definite species are predominant. The bacteria to be used for the ripening of cheese must, like those used for souring of cream, be freshened up for a time in milk, and it will be necessary to make sure that the casein-splitting strains have not lost this power.

---

[1]) Meddelande Nr. 97 från Centralanstalten för försöksväsendet på Jordbruksområdet. 1914. do No. 171. 1918. As regards the ripening process of cheese otherwise, I can refer to my Dairy Bacteriology 1916.

Summary.

1. The present work is generally concerned with the true lactic acid bacteria, and more particularly with those which are of importance to the dairy industry. The strains described number 330 in all, most of these having been under observation for many years in order to ascertain the constancy of their qualities.

2. The true lactic acid bacteria form a great natural group of immotile, sporeless, Gram-positive cocci and rods, which in fermenting sugar form chiefly lactid acid. In a freshly isolated state however, some few species approach the pseudo lactic acid bacteria, the coli and aerogenes bacteria, by forming fairly considerable quantities of by-products. These latter consist principally of acetic acid and carbonic acid, at times also succinic acid; more rarely, mannite and hydrogen. That we nevertheless reckon such species among the lactic acid bacteria is due to the fact that they resemble them in all other respects, and gradually lose, partially or entirely, the power of forming by-products, thus ending by becoming true lactic acid bacteria.

3. As the sources of energy are utilised more completely where the quantity of by-products formed increases, the formation of these is a sign of vitality. An exception, however, is the formation of acetic acid, which is proportionately greatest under unfavourable conditions, as for instance where air and acid abound, and at too high temperatures.

4. The lactic acid formed can be either dextro-rotary or lævo-rotary. Where equal quantities of these two acids are formed, we obtain pure inactive lactic acid. Strains of bacteria which in milk form pure dextro-, or pure lævo-lactic acid, will also in any nutritive broth likewise form respectively dextro- and lævo-lactic acid, whether the source of energy be alcohols, aldoses, ketoses, pentoses, hexoses or polysaccharides. Strains which in milk form equal quantities of dextro- and lævo-lactic acid will as a rule also under other conditions maintain the equilibrium between the two acids, whereas strains which in milk form more of the one than of the other will under unfavourable conditions generally form only the one which they more easily produce. Even in milk, indeed, such bacteria may end by forming only the one acid, and it may happen without reducing their total production of acid.

5. As the modification of the lactic acid is entirely independent of the stereochemical structure of the sugars, and determined solely by the species of bacteria, we must suppose that dextro- and lævo-lactic acid are formed each by their own particular enzyme.

6. In the pure lactic acid fermentation, the hexoses are simply split up into two molecules of lactic acid; the pentoses, on the other hand, are not, as might be expected, split up into one molecule of lactic acid and one molecule of acetic acid, but as a rule according to the formula:

$$6\ C_5H_{10}O_5 = 8\ C_3H_6O_3 + 3\ C_2H_4O_2$$
$$6 \text{ pentoses} = 8 \text{ lactic acid} + 3 \text{ acetic acid.}$$

which thus gives proportionately more lactic acid.

7. The enzymes which hydrolyse the disaccharides appear to be endo-enzymes, and we must therefore suppose that these sugars are taken in as such. There is consequently nothing to prevent the disaccharides from being better nutriment than the monosaccharides of which they are composed, and as regards the betacocci in particular, they can form slime from cane sugar, but neither from dextrose nor from lævulose, just as various other lactic acid bacteria likewise form slime from lactose but neither from dextrose nor from galactose. In the latter case, however, the nitrogenous nourishment is also of importance, as the slime formation only occurs in milk.

8. Of the four hexoses: lævulose, glucose, mannose and galactose, the last is as a rule that which the lactic acid bacteria find most difficulty in fermenting. Some few species however are altogether incapable of fermenting mannose, and will then often not attack salicin either. In the case of some few species, the power of fermenting mannose and that of fermenting arabinose are inversely proportional.

9. Only saccharose-fermenting bacteria are able to ferment raffinose. Bacteria which ferment starch can also ferment glycogen, and vice versa. The same enzymes therefore, are required to affect vegetable and animal starch.

10. The true lactic acid bacteria never ferment gum arabic, erythrite and adonite, and only rarely dulcite and inosite. The fermentation of the two last is in any case only slight.

11. In studying a bacteria, it is not sufficient merely to investigate which sugars it ferments at all, but the quantity of acid formed must be estimated accurately in order to determine in what order the different sugars are preferred. The order of preference of the sources of energy is our most important means of identification but may however, like any other character, lead to serious errors if employed alone.

12. Only few lactic acid bacteria can thrive altogether without sugar, but all of them grow as long as there is only a trace of sugar present. In the case of the streptococci, and the tetracocci, the sugar optimum lies between ½—2 %. An exception, however, is formed by *Streptococcus cremoris*, which, like the betacocci, prefers 5—10 % sugar. The sugar optimum of the rod forms lies between 2—5 %. A sugar concentration of 2 % is, however in all cases extremely favourable.

13. The lactic acid bacteria are as a rule but poorly supplied with proteolytic enzymes. Some strains have no effect at all worth mentioning either upon peptones or casein (the majority of betacocci, betabacteria and partly also of the species *Streptobacterium plantarum*); others affect peptones, but not casein (most of the streptococci, and all strains of the species *Tetracoccus casei*); others again both peptones and casein (most of the tetracocci and of the species *Sc. lactis*, *Sc. cremoris*, *Sc. bovis* and *Sbm. casei*). The active enzymes are in all these cases endo-enzymes (probably erepsin), which act only in nearly

neutral liquid. Only *Sc. liquefaciens* and some few tetracocci give off proteolytic enzymes in a living state. These liquefy gelatin and can act in a slightly acid liquid, but are most powerful, however, with neutral reaction.

14. The cocci which split up casein decompose it gradually through peptones to amino-acids; the casein-splitting rod forms, however, peel off the mono-amino-acids from the casein molecule without previous formation of peptone. From the peptones, the lactic acid bacteria appear to form a quantity of polypeptides, which are not precipitated by phosphotungstic acid.

15. The true lactic acid bacteria are incapable of breaking down amino-acids, and they, therefore, in splitting up proteins, do not form more ammonia than is present in the protein molecule as such.

16. In accordance with this, the true lactic acid bacteria are, in contrast to the pseudo lactic acid bacteria, unable to thrive with single amino-acids or ammonia salts as source of nitrogen, but demand a nitrogenous nourishment as complicated as do the animals, viz. genuine proteins or the entire complex of amino-acids therein contained.

17. As the lactic acid bacteria are as a rule not provided with ectoenzymes, the proteins must be given in a state of solution or in colloid form. Casein is particularly suitable in the finely divided form in which it occurs in milk. The digestion is, however, rendered easier as a rule by the addition of rennet. Among other genuine proteins, gluten and legumin (dissolved in sodium phosphate) can be used. Gelatin, on the other hand, is a very bad source of nitrogen. Many lactic acid bacteria will comparatively rapidly lose the power of utilising casein, just as on the other hand they can gradually accustom themselves to other sources of nitrogen.

18. Inactivised blood serum is, even with the addition of potassium phosphate, a poor source of nitrogen even for pathogenic streptococci. LIEBIG's extract of meat, and casein pepton, on the other hand, are excellent sources of nitrogen for all lactic acid bacteria. The microbacteria, however, do not thrive so well with the meat extract. Yeast extract had a very specific action, being an extremely bad source of nitrogen for pathogenic streptococci, but by far the best nitrogen source for the thermobacteria and streptobacteria. Nevertheless, casein peptone is generally to be preferred, on account of its light colour. WITTE peptone is a far poorer source of nitrogen than casein peptone, and as it gives abundant deposits with acid, it is ill-suited to solid substrates intended for cultivation of strong acid formers. In agar stab cultures, for instance, the stab is rendered altogether invisible.

19. Many lactic acid bacteria do not grow at all with only ½ % *Witte* peptone, answering to 0.07 % *N*. All thrive the better, the greater the quantity of assimilable nitrogen at their disposal. The betacocci and betabacteria, however, are impeded by concentrations of 2 % *N*. In the case of casein peptone or yeast extract, the effect is not as a rule increased to any essential degree by using more than corresponds to 0.5 % *N*. For our nutritive substrates therefore, we always use the last mentioned sources of nitrogen at these concentrations.

20. That the lactic acid bacteria thrive better with increasing concentration of nitrogen, is essentially due to the fact that the organic nitrogenous nourishment acts as a buffer, and the fermentation of sugar is therefore increased with increasing quantity of

nitrogen in the nutritive substrate. That *Witte* peptone is inferior as a source of nitrogen to casein peptone and this latter — in the case of the strongest acid-formers — again poorer than yeast extract, lies to some extent in the fact that the buffer action of these sources of nitrogen rises in the order given.

21. That the difference between the mentioned sources of nitrogen is not exclusively due to their different buffer action, however, is distinctly evident from the relation of the lactic acid bacteria to the sugars. Only a nitrogenous nourishment absolutely sufficient in all respects will enable the lactic acid bacteria to produce the many heterogeneous enzymes (invertase, maltase, lactase, inulinase, etc.) which are required to hydrolyse di- and polysaccharides. It is therefore necessary to know which are the best sources of nitrogen for the different bacteria before we can judge which sugars they are able to ferment at all.

22. Sugar fermentation should not, however, be tested only with a good source of nitrogen, but also with a poorer one; this will give a more complete impression as to which sugars are preferred.

23. The lactic acid fermentation is impeded not only by the hydrogen ions, but also by the lactate ions. The better the buffer action of the nutritive substrate, the more will these latter make themselves felt. As, however, the lactate ions are not nearly so dangerous to the life of the lactic acid bacteria as the hydrogen ions, nutritive substrates with good buffer action should be used for preservation cultures. In agar with only ¼ % dextrose and ½% nitrogen in the form of casein peptone, we have succeeded in preserving lactic acid bacteria unweakened for over three years, and this, be it noted, without re-inoculation.

24. As the aerogenes bacteria will, with a good nitrogenous nourishment, turn all the sugar into gas, and render the substrate alkaline, they are better preserved in substrates with less abundant nitrogenous food. The same applies to the fluorescent bacteria, strong alkali formers, and the more aerobic micrococci. Many of these can be well preserved in water with 2 % soluble starch.

25. Like most other bacteria, the lactic acid bacteria are also able to grow with hardly perceptible quantities of inorganic salts. Potassium phosphate is the most important nutritive salt, and furthers the development of the lactic acid bacteria in increasing quantities up to 2 ‰ or even more (this, however, with a single exception). The favourable effect of this salt, however, depends like that of the nutritive substrate, partly upon buffer action. This is very distinctly seen in the case of the aerogenes bacteria, which turn all the sugar into gas, with great quantities of potassium phosphate.

26. There is considerable difference in the amounts of common salt which the different species of lactic acid bacteria can stand. As a rule, 2.5 % will produce no detrimental effect; certain species are slightly impeded, others advanced in their development thereby. With 5.5 %, all are impeded, and 10.5 % will in most cases stop the growth entirely. An exception, however, is formed by the tetracocci, which can as a rule stand 15.5 % commom salt.

27. Important characters in a bacterium are the minimal, optimal and maximal temperatures for its vital activity, as also the maximal temperature at which it can live at all.

28. The optimal temperature for the acid formation, as also for the proteolytic action often lies slightly below the optimal temperatures for growth.

29. The optimal temperature is not affected by the conditions of nourishment, or by the vitality of the bacteria. The minimal and maximal temperatures, on the other hand, are to a certain degree affected, and weakened strains therefore exhibit far steeper temperature curves than those whose vitality is unimpaired.

30. Some few strains of *Sc. cremoris* and of the betacocci can grow already at 3°, whereas *Sc. bovis* and the thermobacteria do not as a rule develop until past 20°. *Sc. fæcium* and the thermobacteria thrive well at 47½—50°; some thermobacteria, indeed, can even grow at over 50°. *Sc. glycerinaceus*, *Sc. liquefaciens*, and *Sc. thermophilus*, as well as the coli and aerogenes bacteria, grow well at 45°. The majority of the true lactic acid bacteria on the other hand exhibit poor growth already at 37½—40°, and their optimal temperature lies at 30° or below this. The pathogenic streptococci and *Bacterium bifidum* thrive best at 35—37°, and *Sc. thermophilus*, the thermobacteria and *Betabacterium longum* at 40° or over.

31. In determining the maximal temperature for life (the death temperature), the number of cells which can stand the temperatures used should be noted, as it is of far greater practical importance to know how the majority of cells behave than what the few specially resistant individuals can stand. It is only an extremely insignificant number of cells in a bacteria species which can stand the so-called death temperature.

32. The death temperature lies, for the pathogenic forms, below 60°. The betacocci are killed, when not protected by slime, at 65°, and the most common lactic acid bacteria of milk, *Sc. lactis* and *Sc. cremoris* at 70°, while most of the other lactic acid bacteria can often stand 70—75°. The greatest power of resistance to heat is shown by *Microbacterium lacticum*, which does not always perish even at 85°. The duration of the heating in these experiments was a quarter of an hour.

33. The true lactic acid bacteria — in contrast to most other bacteria — lack catalase entirely. An exception is formed by the more aerobic forms; the tetracocci and most of the microbacteria, but these two groups of bacteria cannot be reckoned entirely to the true lactic acid bacteria.

34. The true lactic acid bacteria are, in contrast to the pseudo lactic acid bacteria, unable to reduce nitrate to nitrite. The tetracocci and microbacteria are here again exceptions. It is, however, by no means all the hydrogen-peroxide-splitting lactic acid bacteria which reduce nitrate to nitrite, in closely related strains, one may reduce, and the other not.

35. The lactic acid bacteria have as a rule a great aversion to air. They form small colonies on plates, and only an extremely thin veil in streak cultures, and they grow evenly throughout the whole of the stab without any considerable surface growth. Some few thermobacteria even grow better deeper down, and *Bacterium bifidum* is obligatorily anaerobic. Exceptions are the microbacteria, which with good nitrogenous nourishment will as a rule exhibit some surface growth, and the tetracocci, which most frequently have a strong surface growth.

36. The true lactic acid bacteria are as a rule not chromogenic. Some few pathogenic streptococci can on casein peptone agar form a red colouring matter in the stab, and *Streptococcus mastitidis* forms an orange colour in casein peptone broth with soluble starch. *Mi-*

crobacterium flavum develops an orange colour on the surface, and many tetracocci form yellow, brown, orange or even red colours on the surface.

37. The magnitude and appearance of the surface growth, as well as the formation of colouring matter, are among the most variable qualities in the bacteria.

38. When lactic acid bacteria are cultivated in milk, they are at their first stage of development surrounded by a more or less distinct capsule. This can, under certain conditions (in the case of the cocci only at lower temperatures) swell up and turn into slime. The power of forming slime in milk is, however, very variable, and even though it may occur more frequently in strains of one species than in those of another, it cannot be used as species character. We have often encountered this power in *Streptococcus cremoris* and in the thermobacteria which form inactive lactic acid, and, in these cases, it was always in strains of particularly strong vitality. When, on the other hand, a strain of one of the other species has temporarily proved slimy, it has generally been defective in one respect or another.

39. The variations we have encountered in the lactic acid bacteria can as a rule be explained as a further development of already existing tendencies, or more frequently, as the result of weakness or degeneration.

40. The manner in which a bacterium is inclined to vary is often one of the most characteristic of all its qualities.

41. In a bacteria culture, most of the individuals are but slightly resistant, and as a rule weakened in one or another respect, and it is therefore necessary to inoculate abundantly in order to make sure of transferring some of the individuals of unimpaired vitality, which mark the culture as a whole.

42. Consequently, next to unsuitable composition of the nutritive substrate, and too high preservation temperature, the chief cause of the frequent degeneration met with in laboratory cultures is the slight amount of the inoculating material generally used.

43. As shown in my paper "The Main Lines in the Natural Bacteria System", out of the three morphological qualities of bacteria: shape of the cells, formation of spores, and arrangement of the flagella, the last is the one which should primarily be used. For we find that all bacteria which are able to live exclusively upon inorganic nourishment, and derive their energy chiefly through simple oxygen processes, have the flagella terminally set, whereas those requiring more complex organic food, and producing the more typical fermentation processes, have the flagella distributed throughout the whole of the cell. On this basis, therefore, I have divided the bacteria into two orders: *Cephalotrichinæ* and *Peritrichinæ*. As the true lactic acid bacteria have no flagella, we cannot determine their position in the system from their morphological qualities, but as they require as complicated food as do the animals, there is no doubt that their place is in the order of *Peritrichinæ*.

44. By taking the arrangement of the flagella together with the biological characters as the first principle of division, we obtain within the same family of bacteria both spherical and rod forms, as well as screw forms, and the old generic names, which only express the shape of the cells, are therefore no longer sufficient, but require to be supplemented by various prefixes. If, in any exceptional instance, we use the old terms, then it will at

any rate be necessary to restrict their meaning. By streptococci, for instance, we understand cocci which divide in one direction and form dextro-lactic acid. Cocci which divide chiefly in one direction, and form lævo-lactic acid, we have called betacocci, from their being most frequently found on beets. In the older bacteriology the generic name *Diplococcus* for streptococci, which fall away at once after division has already been relinquished; similarly also, the generic name *Micrococcus* should be discarded for sarcinæ without coherence. The cocci which divide in several directions, and form lactic acid, we have given the generic name *Tetracoccus*. Micrococci and sarcinæ which do not form lactic acid lie, of course, outside the scope of the present work.

45. On the basis of the present investigations, we have succeeded in dividing the true lactic acid bacteria into 5 genera and 22 species. To these should further be added *Bacterium bifidum*, which from the true ramification of the cells occupies an exceptional position. Our system of division will be seen from the table on p. 106—107. Here is also put down the group B (with 2 genera and 8 species) of related bacteria, which cannot, however, be reckoned among the true lactic acid bacteria; they only mark the boundary on the one side, as the coli and aerogenes bacteria mark the boundary on the other side.

46. Simultaneously with these investigations, we have made experiments with a view to utilisation of the isolated species. It was found that by inoculating of cabbage with *Bc. arabinosaceus* and *Sbm. plantarum*, an excellent sour cabbage was obtained, and it was also found that most important bacteria in the ripening of the not strongly heated cheeses are *Sbm. casei* together with *Sc. lactis* and *Sc. cremoris*. In the case of some few varieties of cheese, *Tc. liquefaciens* is doubtless also of importance. It has been shown in previous works that *Tbm. helveticum* ranks first in importance for the cooked hard cheeses.

INDEX

	Page
Bacterium acidi propionici	49, 105
— *aerogenes*	20, 29
— *bifidum*	105
— *coli*	20, 42
Betabacteria	97
Betabacterium breve	100
— *caucasicum*	99
— *longum*	100
Betacocci	68
Betacoccus arabinosaceus	74
— *bovis*	74
Catalase	48
Common salt	36
Cultural features	10
Habitat	108
Key to identification	106
Methodes of cultivation	5
— - investigation	9
— - preservation	5
Microbacteria	101
Microbacterium flavum	103
— *lacticum*	101
— *liquefaciens*	104
— *mesentericum*	103
Micrococci	73
Morphological features	9
Practical experiments	110
Reduction power	47
Remaining pathogenic streptococci	66
— saprophytic streptococci	65
Rod forms	82
Sources of carbon	11
— - — concentration	16
— - — manner of utilising	16
Sources of nitrogen	23
— - — concentration	28
— - — manner of utilising	32
Streptobacteria	88
Streptobacterium casei	88
— *plantarum*	96
Streptococci	51
Streptococcus bovis	59
— *cremoris*	54
— *fœcium*	61
— *glycerinaceus*	62
— *inulinaceus*	60
— *lactis*	52
— *liquefaciens*	64
— *mastitidis*	57
— *pyogenes*	67
— *thermophilus*	58
Summary	112
Systematism	106
Taurocholate of sodium	47
Temperature, death	43
— maximal	39
— minimal	39
— optimal	39
Tetracocci	76
Tetracoccus casei	80
— *liquefaciens*	80
— *mycodermatus*	81
Thermobacteria	82
Thermobacterium bulgaricum	86
— *cereale*	86
— *helveticum*	86
— *Jugurt*	86
— *lactis*	86
Variability	49

THE LACTIC ACID BACTERIA

PLATES

INDEX

	Plan
Bacterium acidi propionici	LI
« *bifidum*	LI
Betabacterium breve	XLVI—XLVIII
« *caucasicum*	XLVI
« *longum*	XLVIII
Betacoccus arabinosaceus	XXI—XXII
« *bovis*	XXIII—XXIV
Microbacterium flavum	L
« *lacticum*	XLIX
« *liquefaciens*	L
« *mesentericum*	L
Remaining pathogenic streptococci	XX
Remaining saprophytic streptococci	XIX
Streptobacterium casei	XXXV—XL
— *plantarum*	XLI—XLV
Streptococcus bovis	XIII—XIV
— *cremoris*	IV—IX
Streptococcus fœcium	XV—XVI
— *glycerinaceus*	XVI—XVIII
— *inulinaceus*	XIV
— *lactis*	I—IV
— *liquefaciens*	XVIII
— *mastitidis*	X
— *pyogenes*	XX
— *thermophilus*	X—XII
Tetracoccus casei (Nr. 5)	XXVI
— *liquefaciens* (Nr. 9—11)	XXVI
— *mycodermatus* (Nr. 31)	XXVII
Thermobacterium bulgaricum	XXXIII
— *cereale*	XXVIII
— *helveticum*	XXXI
— *Jugurt*	XXXII
— *lactis*	XXVIII—XXX
— *?*	XXXIV

All the microphotographs are magnified 1000 times.
The preparations are, where not otherwise stated, made with indian ink according to the method of *Burri*.

W = *Witte* Peptone, C = Casein Peptone, Y = Yeast Extract.

AG = Alkaline sugar-free C-Gelatin.

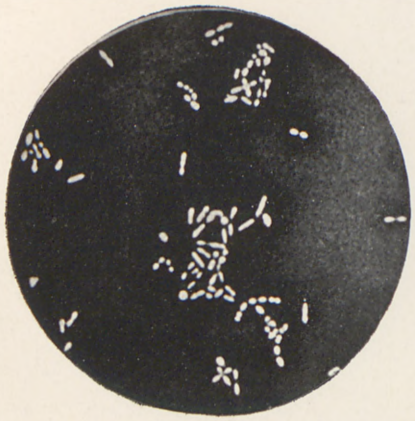
SG = Neutral Dextrose C-Gelatin.

Agar = Neutral Dextrose C-Agar.

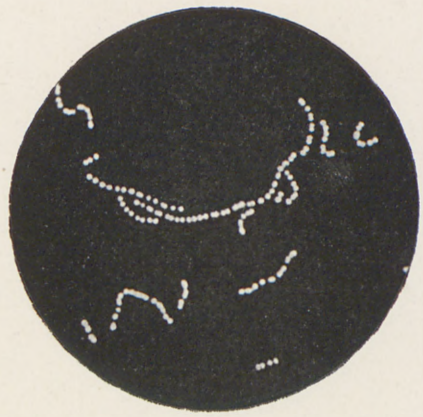
Streptococcus lactis.

No. 4 C-Bouillon, 4 Days, 30 °.

No. 4 Agar Streak, 1 Day, 30 °.



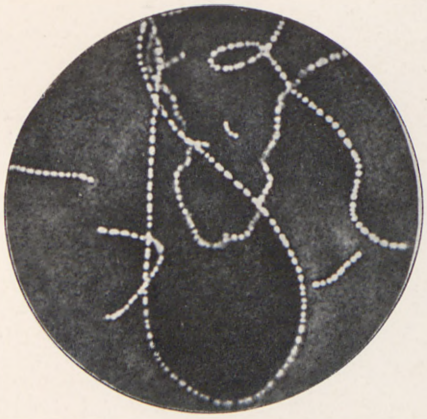
No. 4 Agar Streak, 1 Day, 37,5 °.



Nr. 4 Agar Streak, 10 Days, 10 °.

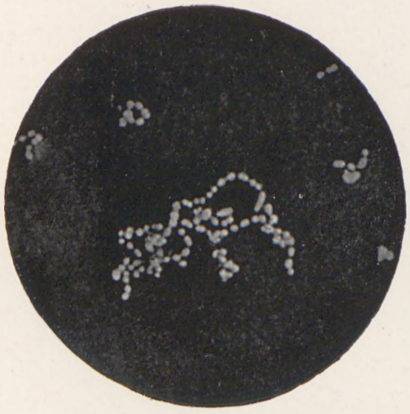
No. 4 S. G. - Plate, 4 Days, 20 °.

Streptococcus lactis.



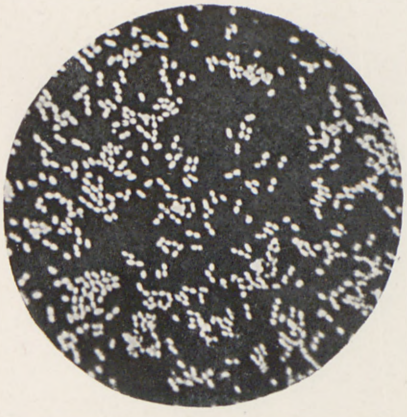
No. 7, C-Bouillon, 3 Days, 10 °.

Nr. 7, Agar Streak, 10 Days, 10 °.



No. 7, Agar Streak, 3 Days, 37,5 °.

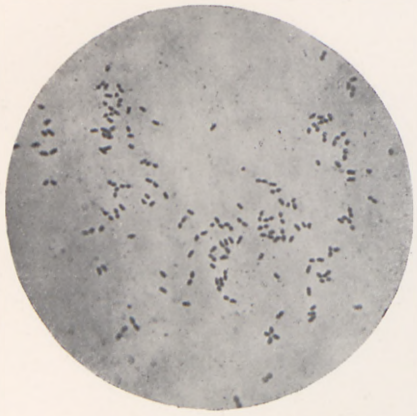
No. 7, A. G. - Plate, 5 Days, 20 °.



No. 17, C-Bouillon, 1 Day, 30 °.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptococcus lactis.

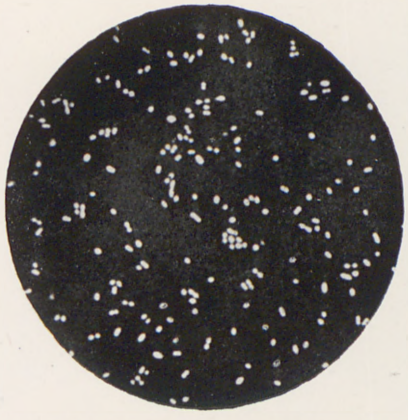


No. 13, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

No. 13, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 13, Agar Streak, 6 Days, 30°.

No. 13, Agar Stab, 6 Days, 45°.



No. 13, AG-Stab, 6 Days, 20°.

Streptococcus lactis.

No. 14, Milk, 2 Days, 30°, *Gram* stained.

No. 14, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 14, Agar Streak, 10 Days, 10°.

Streptococcus cremoris.

No. 1, C-Bouillon, 3 Days, 30°.

No. 1, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 1, Agar Streak, 10 Days, 10°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptococcus cremoris.

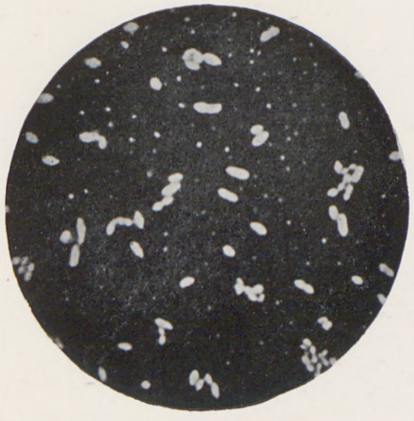
No. 5, Milk, 1 Day, 30°, Methylene Blue.

No. 5, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

No. 5, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 5, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 5, Agar Stab, 2 Days, 30°.



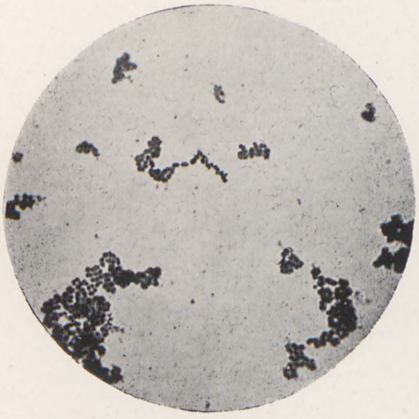
No. 5, S G-Plate, 8 Days, 20°,

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptococcus cremoris.

Nr. 7, Agar Streak, 2 Days, 30°.

No. 18, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.



No. 18, C-Bouillon, 1 Day, 30°, Fuchsin.

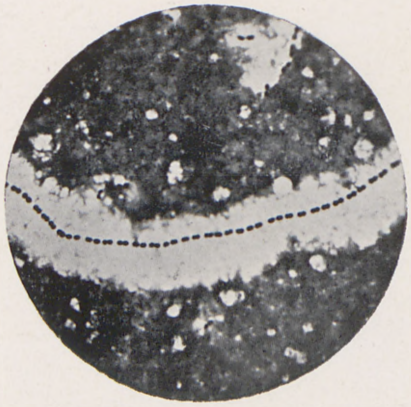
No. 18, Agar Streak, 19 Days, 10°.

No. 18, S G - Plate, 4 Days, 20°.

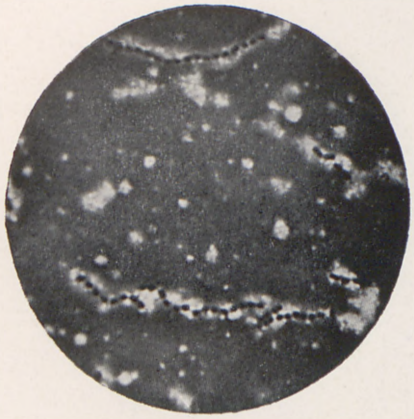
No. 18, A G - Plate, 7 Days, 20°.

Streptococcus cremoris.

No. 19, Milk, 1/2 Day, 20°, Fuchsin.



No. 19, Milk, 1 1/2 Days, 20°, Fuchsin.



No. 19, Milk, 3 Days, 20°, Fuchsin.

No. 19, Milk, 5 Days, 20°, *Gram* stained.

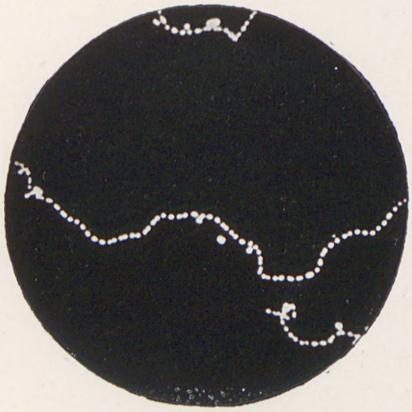
No. 19, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 19, Agar Streak, 30 Days, 5°.

Streptococcus cremoris.

No. 19, S G - Plate, 6 Days, 20 °.

No. 20, Milk, 1 Day, 30 °, *Gram* stained.



No. 20, C-Bouillon, 2 Days, 30 °.

No. 20, Agar Streak, 27 Days, 5 °.

No. 20, Agar Streak, 1 Day, 30 °.

No. 20, Agar Streak, 1 Day, 30 °, Fuchsin.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftfg.

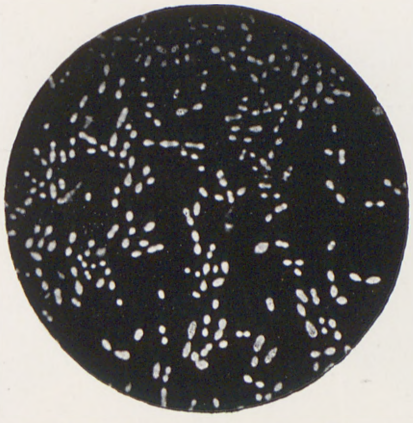
Streptococcus cremoris.

No. 20, S G - Stab, 6 Days, 20°.

No. 20, A G - Stab, 6 Days, 20°.

No. 2, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 2, Agar Streak, 1 Day, 30°.



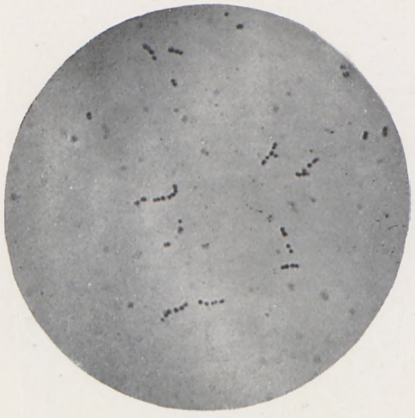
No. 2, Agar Streak, 2 Days, 37,5°.

Streptococcus mastitidis.

No. 2, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

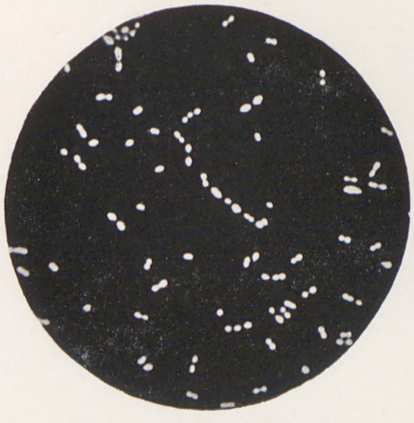
No. 2, S G - Stab, 8 Days, 20°.

No. 2, A G - Stab, 8 Days, 20°.



No. 3, Milk, 2 Days, 30°, *Gram* stained.

Streptococcus thermophilus.



No. 5, Agar Streak, 2 Days, 30°.

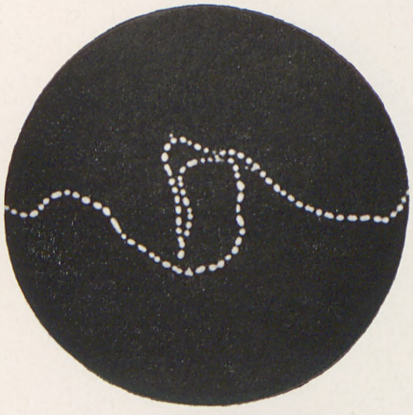
No. 5, Agar Streak, 2 Days, 45°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

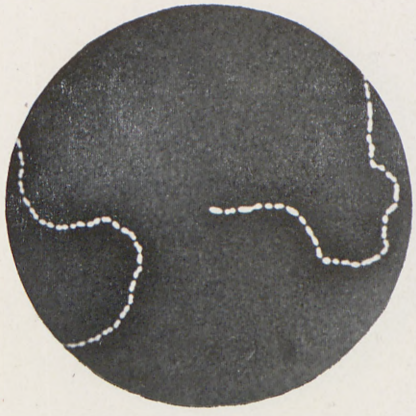
Streptococcus thermophilus.

No. 3, Agar Streak, 10 Days, 30°.

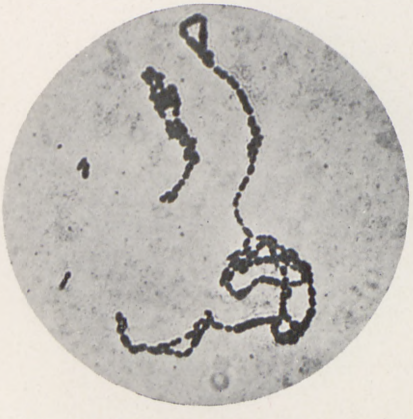
No. 3, Agar Streak, 10 Days, 45°.



No. 3, C-Bouillon, 4 Days, 45°.



No. 4, C-Bouillon, 4 Days, 45°.

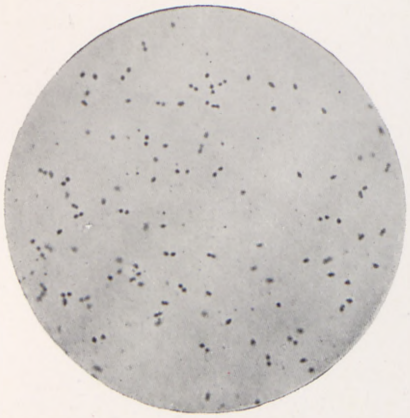


No. 4, Agar Streak, 4 Days, 45°, Fuchsin.

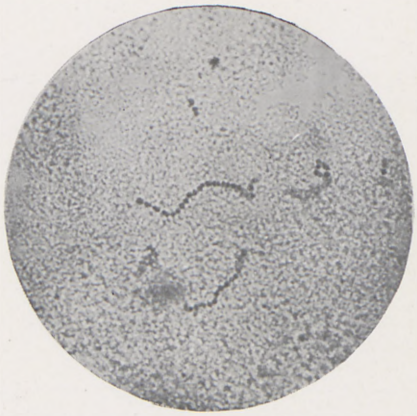
No. 4, Agar Streak, 4 Days, 45°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

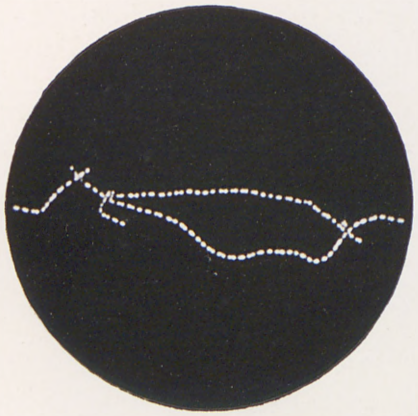
Streptococcus thermophilus.



No. 2, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.



No. 2, Milk, 1 Day, 45°, *Gram* stained.



No. 2, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

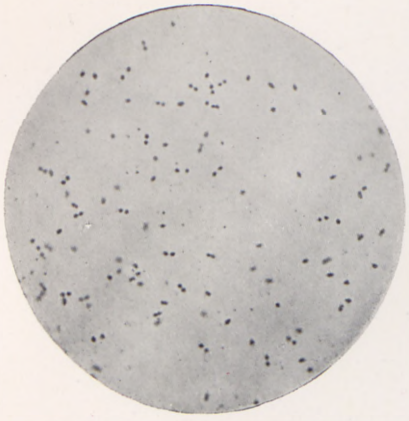
No. 2, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 2, S G-Plate, 31 Days, 20°.

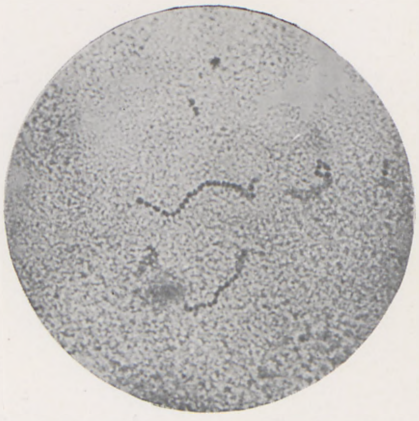
No. 2, Agar Streak, 1 Day, 45°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

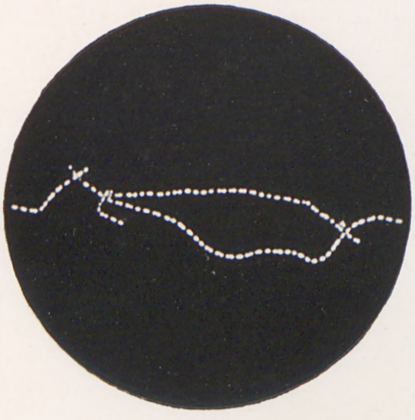
Streptococcus thermophilus.



No. 2, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.



No. 2, Milk, 1 Day, 45°, *Gram* stained.



No. 2, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

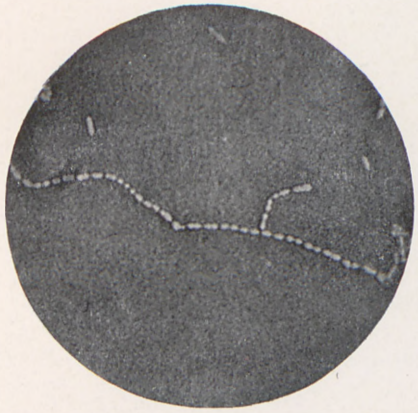
No. 2, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 2, S G-Plate, 31 Days, 20°.

No. 2, Agar Streak, 1 Day, 45°.

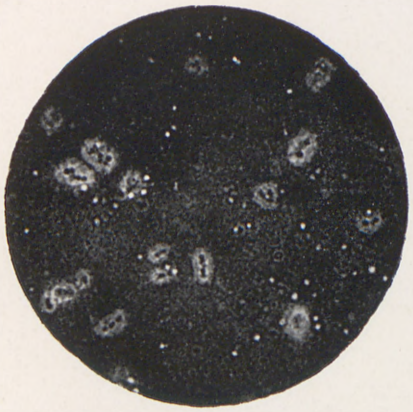
Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptococcus bovis.



No. 1, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 1, Agar Streak, 2 Days, 30°.



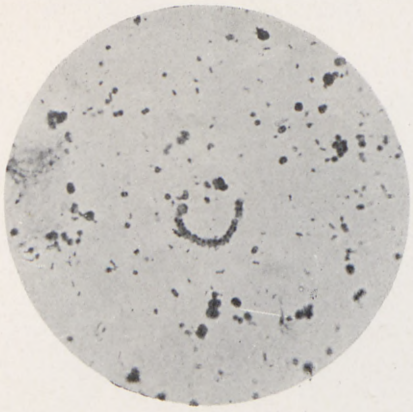
No. 3, Milk, 2 Days, 30°, Methylene Blue.

No. 3, Agar Stab, 2 Days, 30°.

No. 5, Milk, 2 Days, 30°, Methylene Blue.

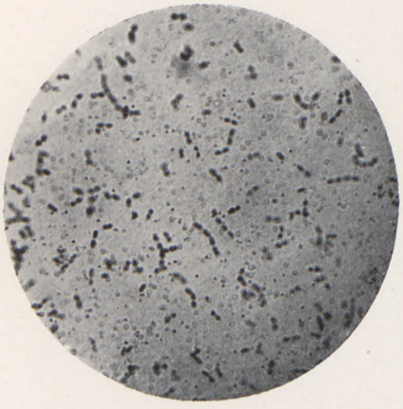
No. 5, Agar Streak, 2 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.



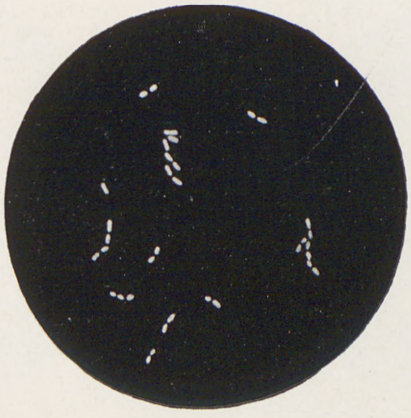
Streptococcus bovis and Micrococci in Cowdung, *Gram* stained.

Streptococcus inulinaceus.



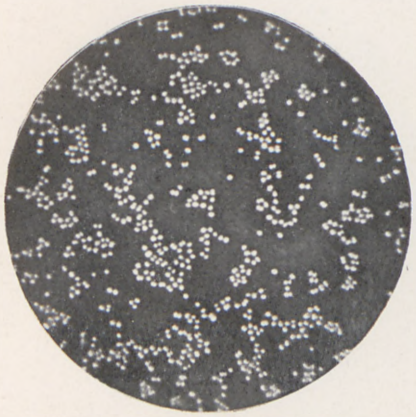
No. 5, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

No. 5, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

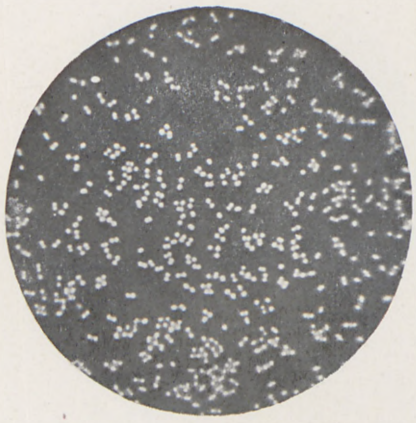


No. 5, Agar Streak, 1 Day, 30°.

Streptococcus faecium.



No. 2, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 3, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 6, A G-Plate, 7 Days, 20°.

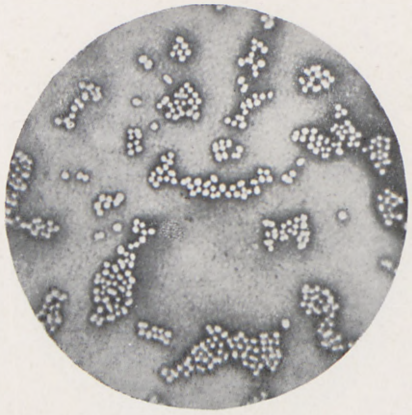
No. 8, Milk, 2 Days, 30°, *Gram* stained.

No. 8, Agar Streak, 1 Day, 45°.

No. 8, Agar Stab, 2 Days, 30°.

Streptococcus faecium.

No. 11, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 16, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 12, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

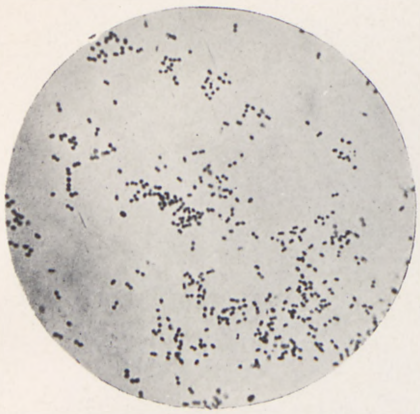
No. 12, C-Bouillon, 7 Days, 45°.

Streptococcus glycerinaceus.

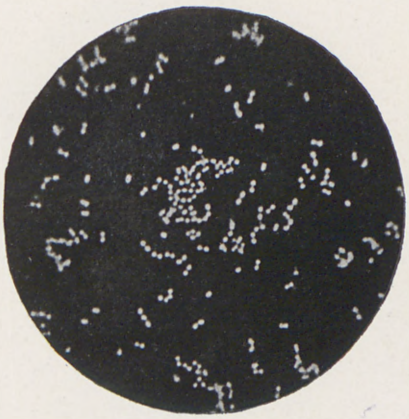
No. 1, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 1, Agar Streak, 1 Day, 30°.

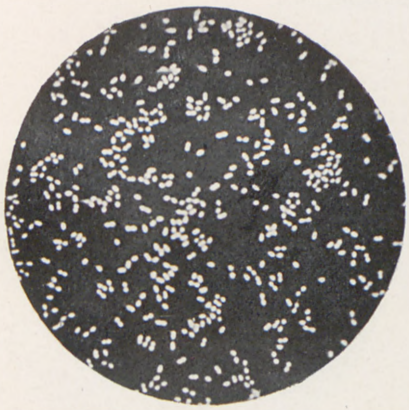
Streptococcus glycerinaceus.



No. 4, Milk, 2 Days, 30°, *Gram* stained.



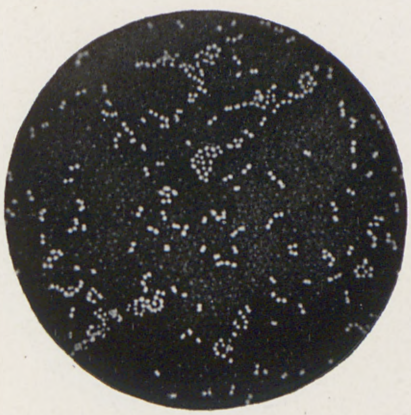
No. 4, C-Bouillon, 1 Day, 30°.



No. 4, Agar Streak, 1 Day, 30°.

No. 4, Agar Streak, 4 Days, 45°.

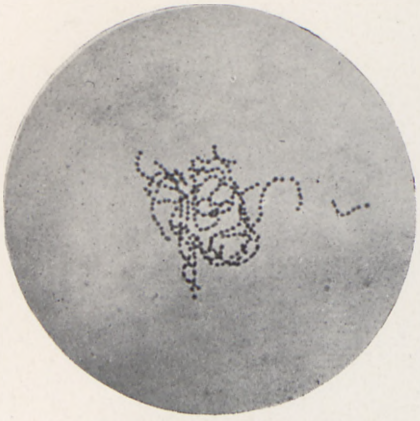
No. 5, C-Bouillon, 1 Day, 30°.



No. 5, Agar Streak, 1 Day, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptococcus glycerinaceus.

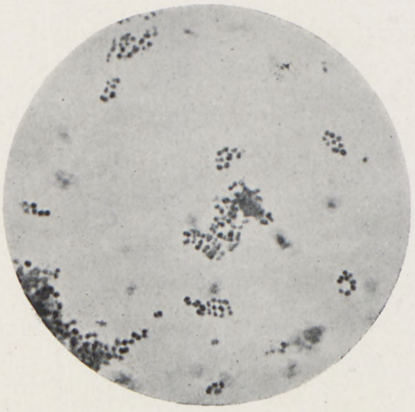


No. 6, Milk, 2 Days, 30°, *Gram* stained.

No. 6, W-Bouillon, 2 Days, 30°.

Streptococcus liquefacieus.

No. 1, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

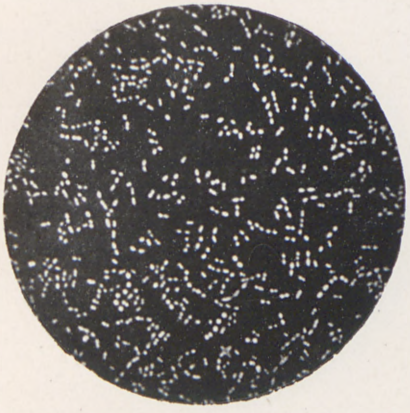


No. 1, Agar Streak, 4 Days, 30°, Fuchsin.

No. 3, Agar Streak, 4 Days, 45°.

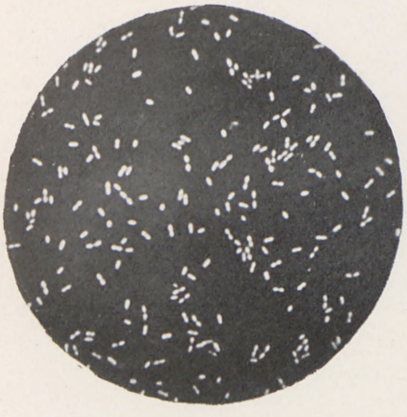
No. 5, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

Remaining Saprophytic Streptococci.

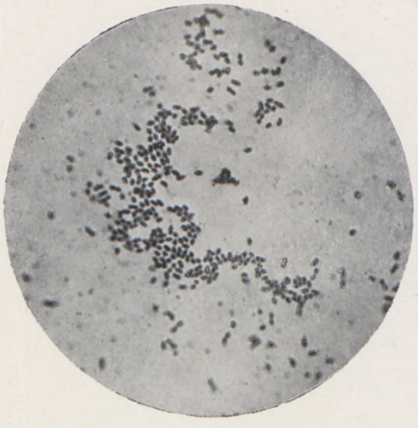


No. 1. Agar Streak, 1 Day, 30°.

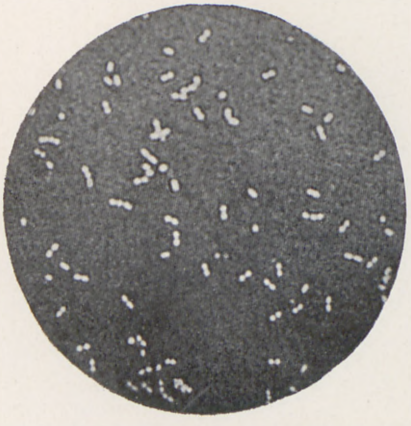
Nr. 3, Agar Streak, 1 Day, 30°.



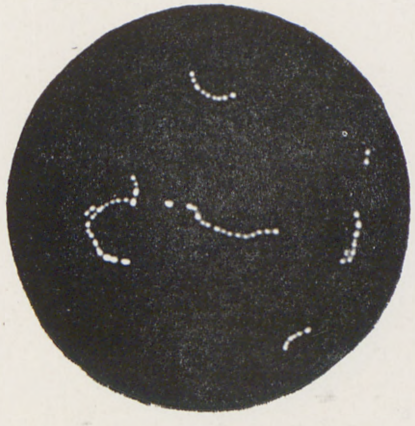
Nr. 5, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 7, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.



No. 7, C-Bouillon, 1 Day, 30°.



No. 7, Agar Streak, 7 Days, 10°.

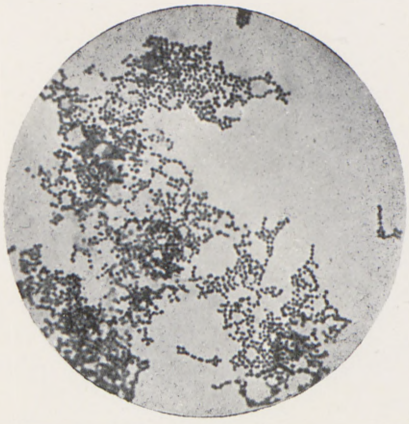
Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Remaining Pathogenic Streptococci.

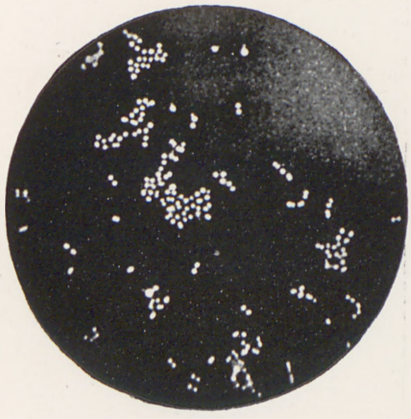
No. 2, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 6, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

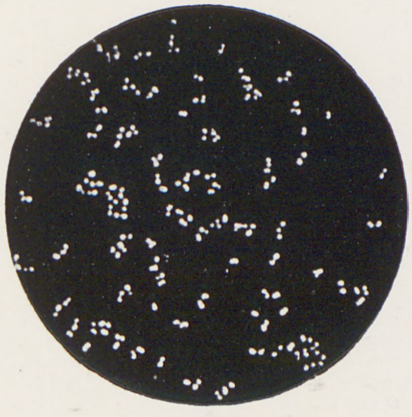
No. 6, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 8, C-Bouillon, 2 Days, 30°, *Gram* stained.



No. 10, C-Bouillon, 2 Days, 30°.



No. 10, Agar Streak, 1 Day, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

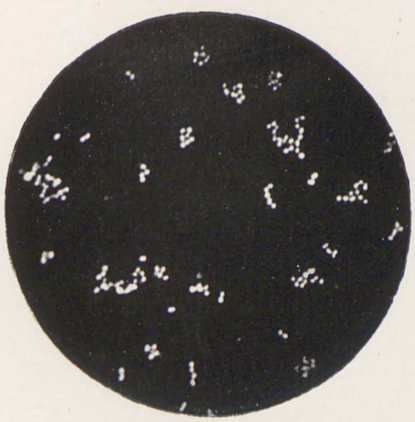
Betacoccus arabinosaceus.

No. 4, Agar Streak, 4 Days, 10°.

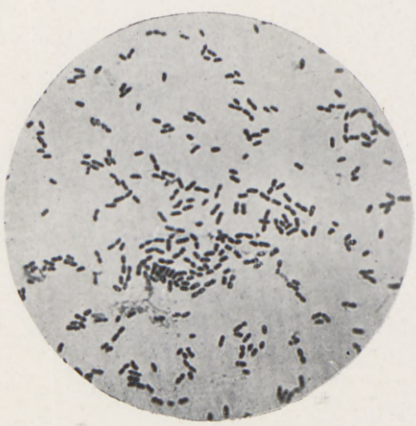
No. 4, Agar Streak, 3 Days, 30°.

No. 9, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 9, Agar Streak, 1 Day, 30°.



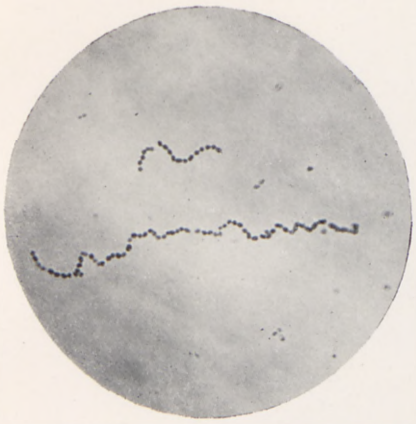
No. 12, C-Bouillon, 3 Days, 30°.



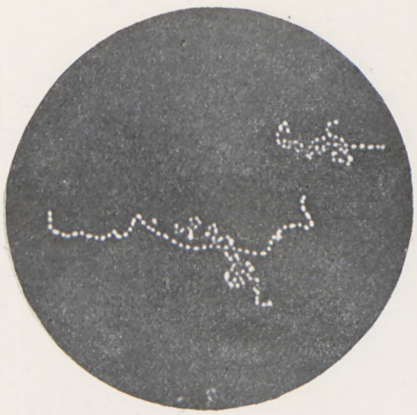
No. 12, Beet Gelatin Stab, 1 Day, 20°, Fuchsin.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Belacoccus arabinosaceus.



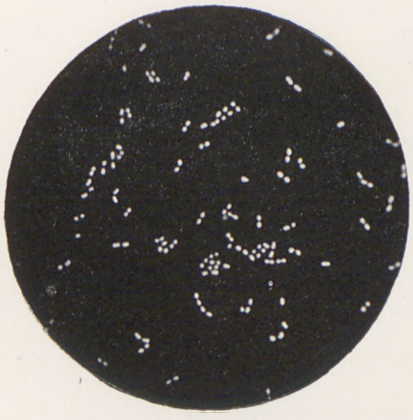
No. 11, Milk, 3 Days, 30°, *Gram* stained.



No. 11, C-Bouillon, 3 Days, 30°.

No. 11, Beet Galatine Stab, 1 Day, 20°, Fuchsin.

No. 7, Milk, 2 Days, 30°, *Gram* stained.



No. 7, Agar Streak, 1 Day, 30°.

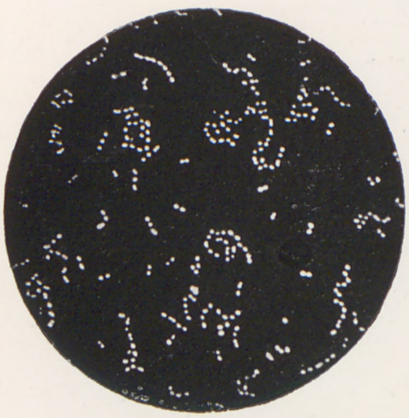
No. 7, Agar Stab, 2 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

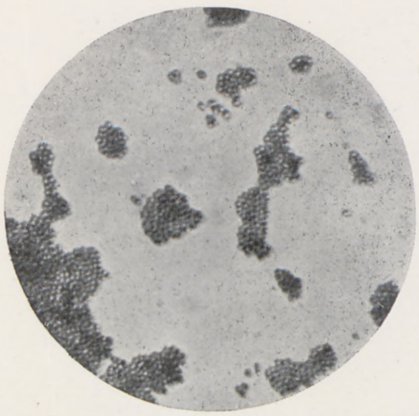
Betacoccus bovis.

No. 33, C-Bouillon, 3 Days, 30°.

No. 33, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 35, Agar Streak, 1 Day, 30°.



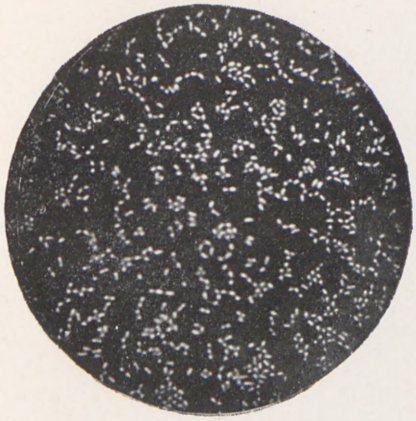
No. 35, Agar Streak, 10 Days, 35°, Fuchsin.

No. 36, Agar Stab, 2 Days, 30°.

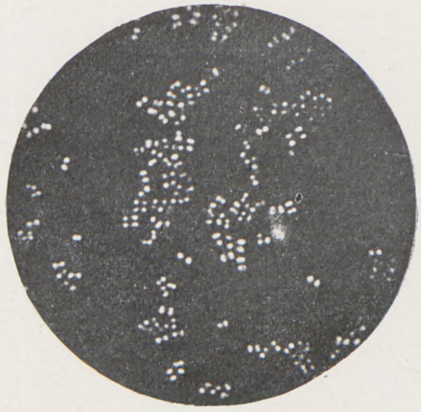
No. 42, C-Bouillon, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

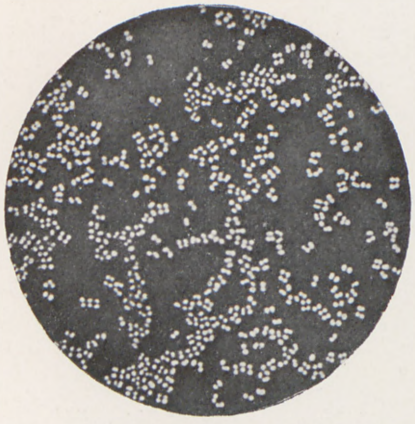
Betacoccus bovis.



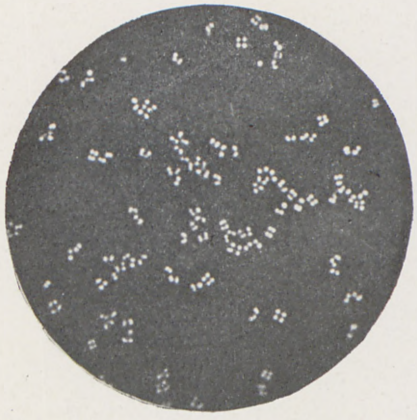
No. 44, A G-Plate, 8 Days, 20°.



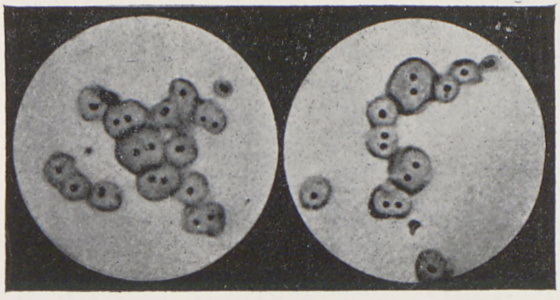
No. 46, C-Bouillon, 2 Days, 45°.



No. 46, Agar Streak, 2 Days, 30°.



No. 46, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

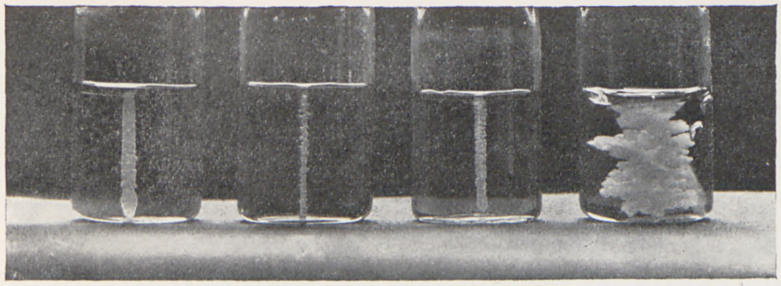


„Aller broat", Saccharose Bouillon, 1 Day, Antimony Mordant and Fuchsin. From *Zettnow*.

Saccharose Gelatin Stab Culturs of Betacocci.

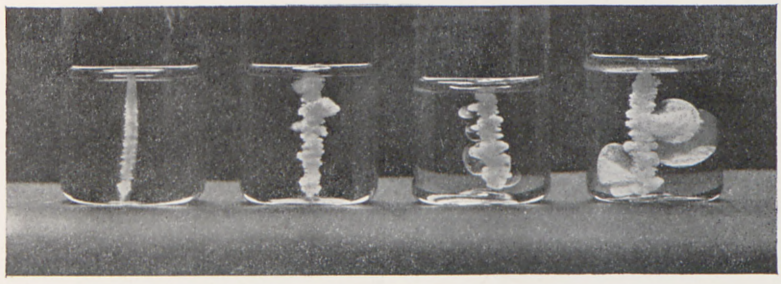
25 Days, 20°, Natural Size.

Beet Gelatin.

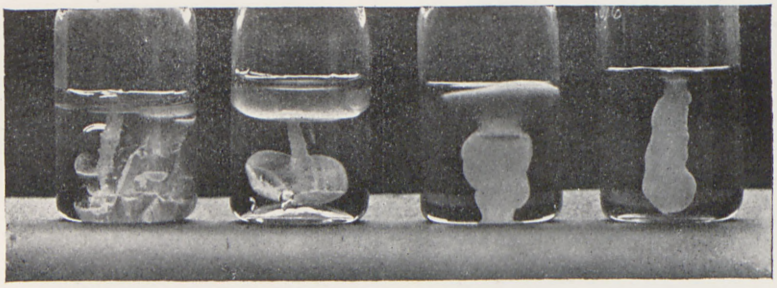


No. 35. No. 4. No. 5. No. 12.

C-Gelatin.

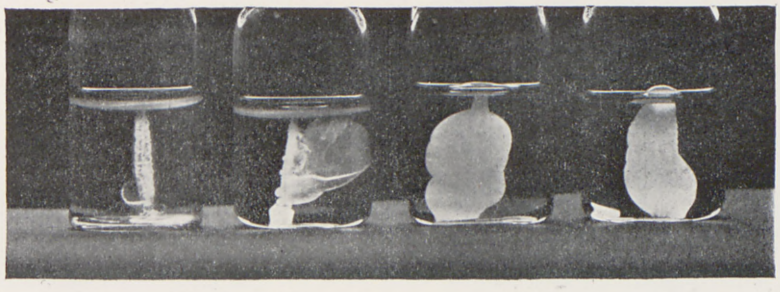


Beet Gelatin.



No. 11. No. 6. No. 42. No. 41.

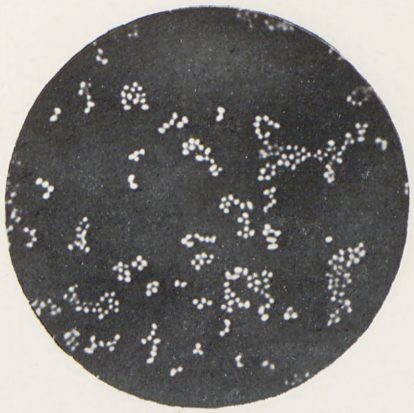
C-Gelatin.



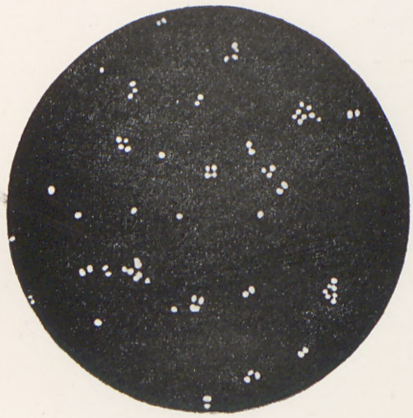
Nos. 11 and 12 prefer the Beet Gelatin.
Nos. 6 and 11 liquefy the Beet- and C-Gelatin with Saccharose.

Tetracocci.

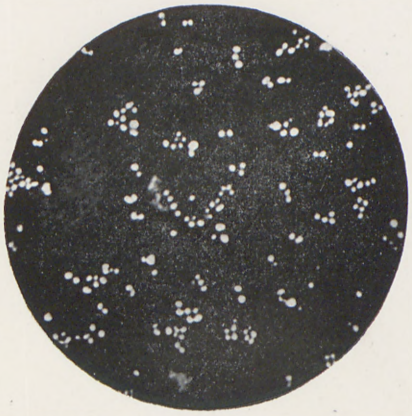
No. 5, Milk, 4 Days, 30°, Fuchsin.



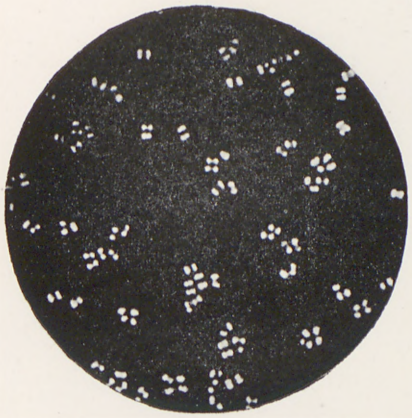
No. 5, Agar Streak, 3 Days, 30°.



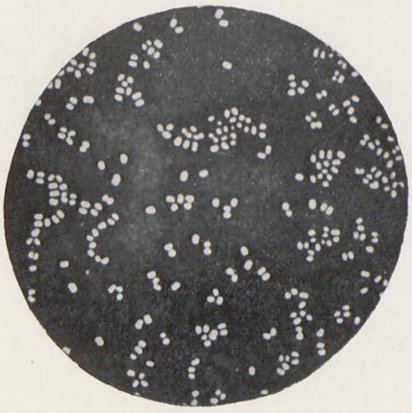
No. 9, Agar Plate, 5 Days, 30°.



No. 10, Agar Streak, 3 Days, 30°.



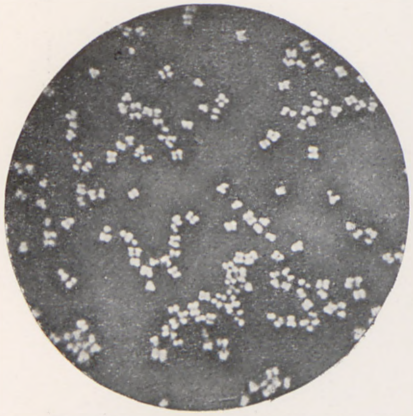
No. 11, C-Bouillon, 2 Days, 30°.



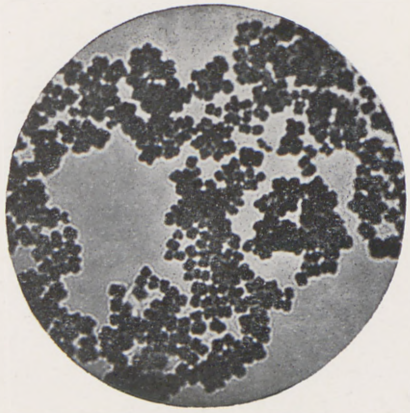
No. 11. Agar Plate, 5 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

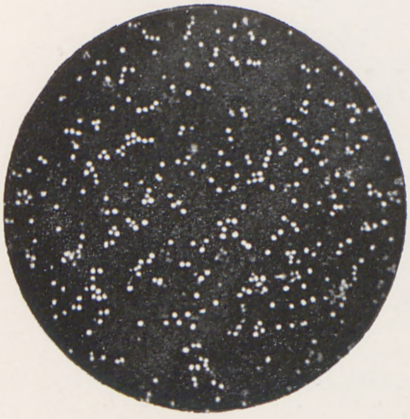
Tetracocci.



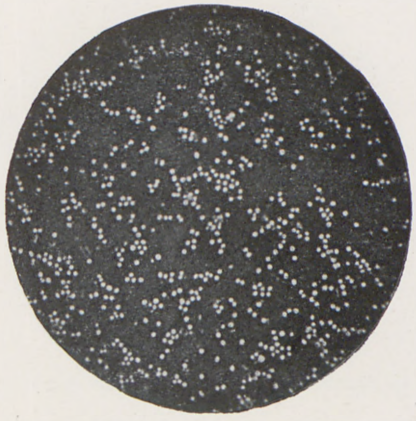
No. 3, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 8, C-Bouillon, 3 Days, 30°, Methylene Blue.

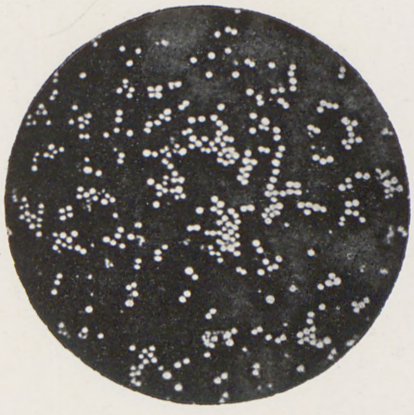


No. 13, Agar Stab, 28 Days, 20°.



No. 14, Agar Stab, 30 Days, 20°.

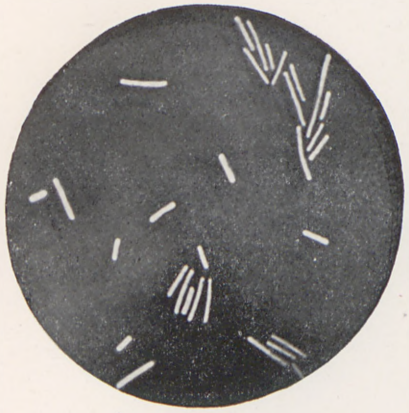
No. 29, Agar Streak, 1 Day, 30°.



No. 31, Agar Stab, 28 Days, 20°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Thermobacterium cereale.



No. 3, Y-Malt Bouillon, 2 Days, 40°.

No. 4, Y-Malt Bouillon, 2 Days, 40°.

No. 5, Agar Stab, 2 Days, 40°, Methylene Blue.

No. 5, Y-Malt Agar Stab, 2 Days, 40°, Methylene Blue.

Thermobacterium lactis.

No. 7, Milk, 4 Days, 40°, *Gram* stained.

No. 7, Agar Streak, 1 Day, 40°, Methylene Blue.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Thermobacterium lactis.

No. 6, Milk, 1 Day, 40°, Methylene Blue

No. 6, Milk, 3 Days, 40°, Methylene Blue.

No. 6, Agar Streak, 1 Day, 40°, Methylene Blue.

No. 6, Agar Stab, 2 Days, 40°.

No. 10, Milk, 2 Days, 40°, *Gram* stained.

No. 10, Agar Stab, 1 Day, 40°.

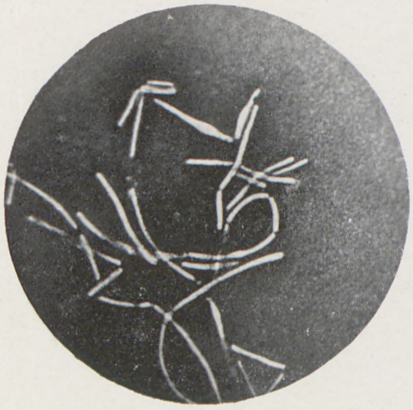
Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Thermobacterium lactis.

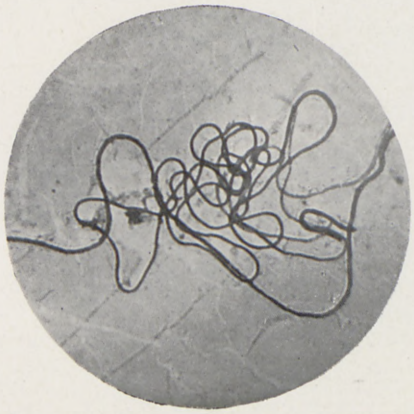
No. 9. Agar Stab, 1 Day, 40°, Methylene Blue.

No. 11, Milk, 2 Days, 40°, Methylene Blue.

No. 8, Milk, 3 Days, 30°, Methylene Blue



No. 8, Agar Streak, 1 Day, 40°.



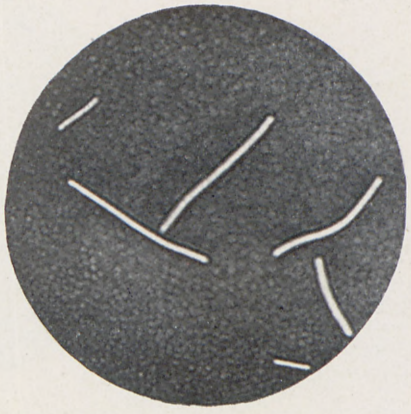
No. 8, Y-Agar Plate, 3 Days, 40°, Fuchsin.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

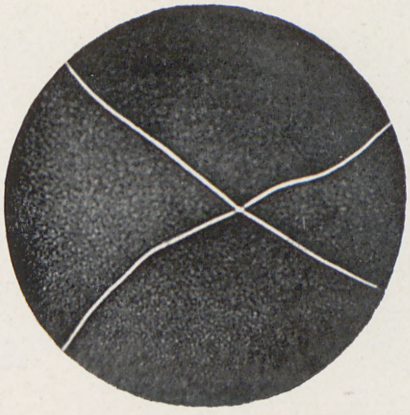
Thermobacterium helveticum.

No. 12, Milk, 1 Day, 40°, *Gram* stained.

No. 12, W-Whey, 2 Days, 40°.



No. 12, Agar Stab, 4 Days, 40°.

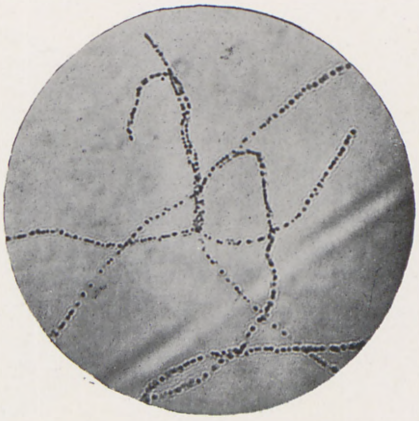


No. 12, Agar Tube, 3 Days, 40°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

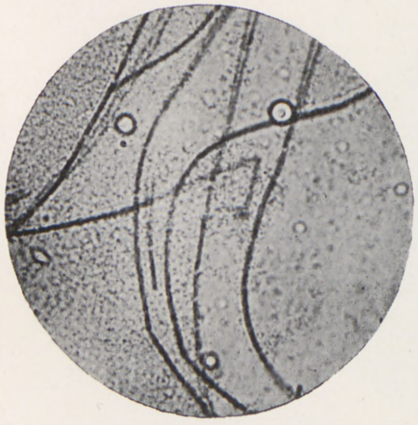
Thermobacterium Jugurt.

No. 13, Milk, 1 Day, 40°, *Gram* stained.

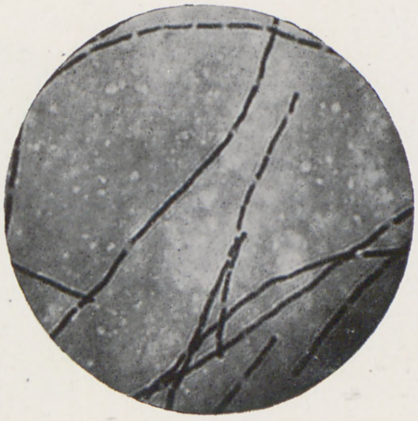


No. 13, Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

No. 13, Milk, 1 Day, 40°, Fuchsin.



Nr. 13, Milk, 2 Days, 30°, Methylene Blue.
Preparation in Water.



Nr. 13, Milk, 2 Days, 30°, Methylene Blue.
Preparation in Canada Balsam.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Thermobacterium bulgaricum.

No. 14, Milk, 2 Days, 40°, *Gram* stained.

No. 14, Milk sterilised, 1 Day, 40°, Methylene Blue.

No. 14, Milk, pasteurised at 80°, 1 Day, 40°, Methylene Blue.

No. 14, Agar Tube, 4 Days, 40°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Thermobacterium ?.

No. 15. Milk, 1 Day, 30°, Fuchsin.

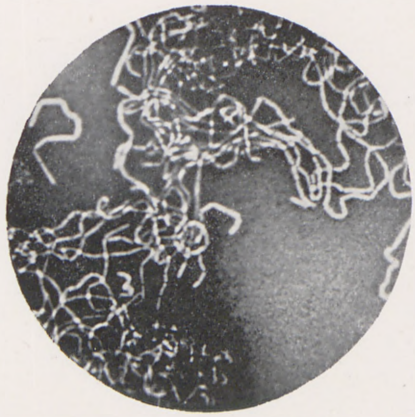
No. 15. Milk, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

Nr. 15. Milk, 5 Days. 30°, *Gram* stained.

Nr. 15. Milk, 5 Days, 30°, Methylene Blue.

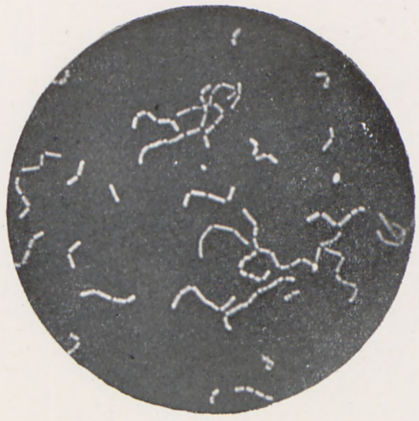
Streptobacterium casei.

No. 1, C-Bouillon, 2 Days, 30°.



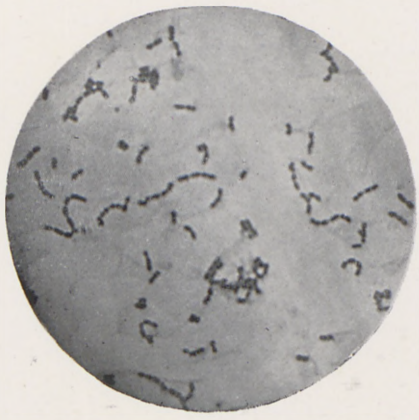
No. 5, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 2, C-Bouillon, 2 Days, 30°.



No. 2, Agar Tube, 4 Days, 30°.

No. 4, Agar Streak, 2 Days, 30°.



No. 4, A G-Plate, 8 Days, 20°, Fuchsin.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

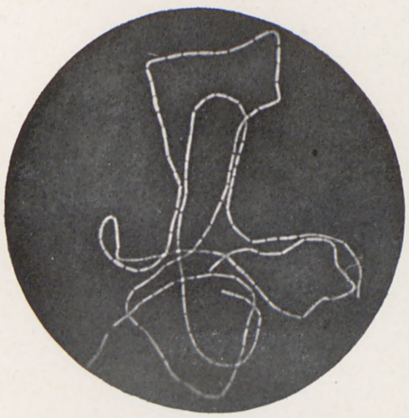
Streptobacterium casei.

No. 7, Agar Streak, 2 Days, 30°.

No. 7, S G - Plate, 8 Days, 20°.

No. 8, Milk, 4 Days, 30°, *Gram* stained.

Nr. 8, C-Bouillon, 2 Days, 30°.



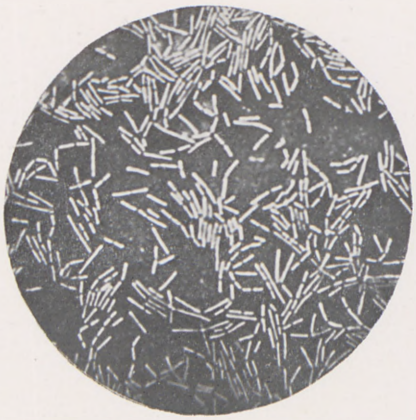
No. 10, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 10, Agar Streak, 4 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptobacterium casei.

No. 9, C-Bouillon, 2 Days. 30°.



No. 9, Agar Tube, 4 Days, 30°.

No. 9, A G-Plate, 10 Days, 20°.

No. 15, Agar Streak, 2 Days, 30°.

No. 16, C-Bouillon, 3 Days, 30°.

No. 16, S G-Plate, 11 Days, 20°.

Streptobacterium casei.

No. 18, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 18, A G - Stab, 8 Days, 20°, Methylene Blue.

No. 28, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 29, Agar Tube, 3 Days, 30°.

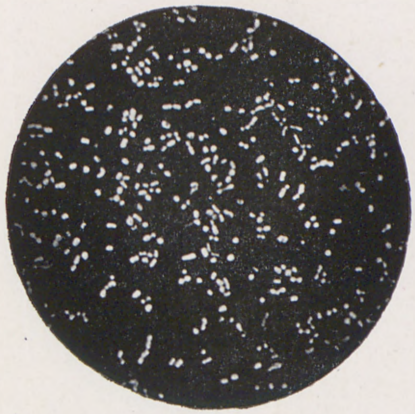
No. 31, Agar Streak, 2 Days, 30°.

Streptobacterium casei.

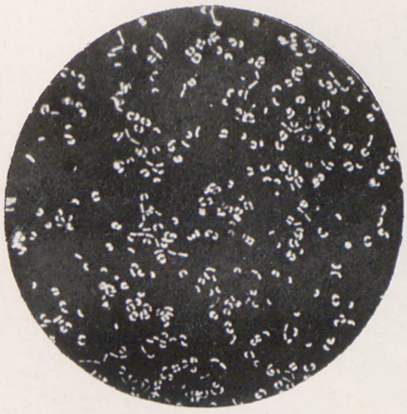
No. 32, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 32, C-Bouillon, 3 Days, 45°.

No. 32, S G - Stab, 15 Days, 20°.



No. 32, A G - Stab, 30 Days, 20°.

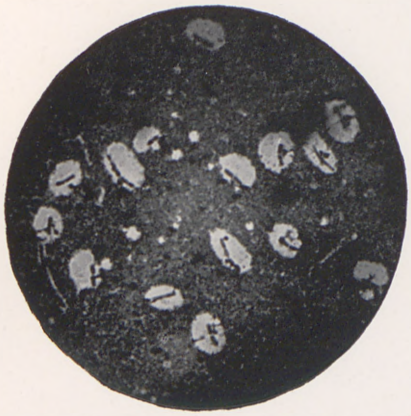


Nr. 33, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

Nr. 33, A G - Stab, 30 Days, 20°.

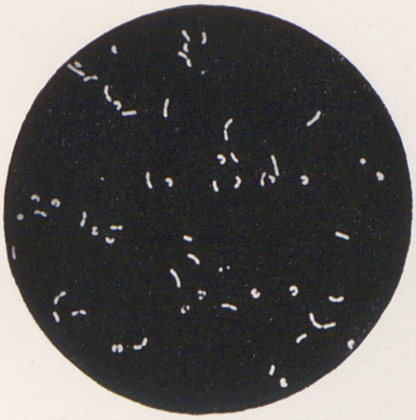
Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptobacterium casei.

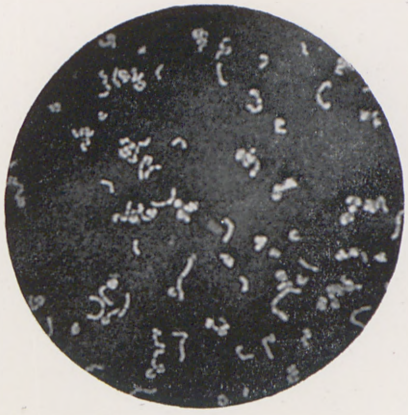


No. 31, Ropy Variety, Milk, 2 Days, 30°, Fuchsin.

No. 34, Ropy Variety, C-Bouillon, 2 Days, 30°.



No. 34, Agar Streak, 2 Days, 30°.

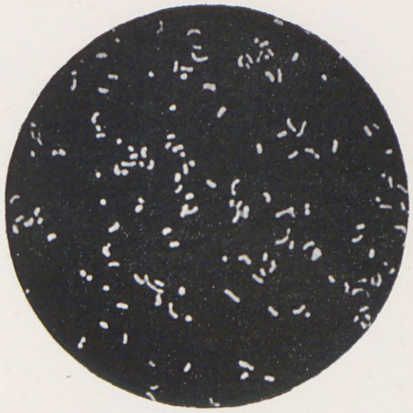


No. 34, Agar Streak, 19 Days, 30°.

No. 34. Agar Streak, 1 Day, 45°, Fuchsin.

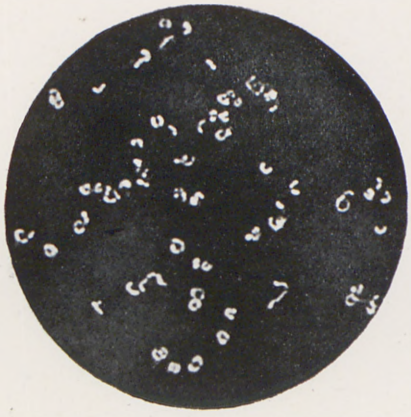
Streptobacterium plantarum.

No. 1, C-Bouillon, 3 Days, 30°.



No. 1, C-Bouillon, 14 Days, 30°.

No. 1, Agar Streak, 14 Days, 30°.



No. 1, S G - Plate, 14 Days, 20°.

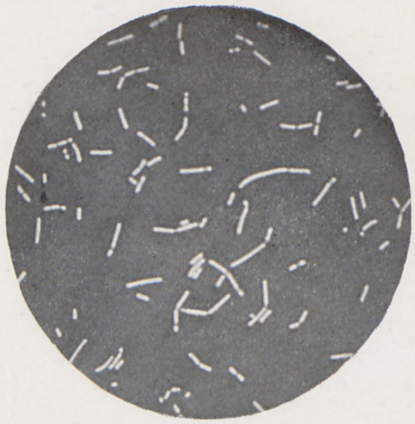
No. 20, Agar Streak, 3 Days, 30°.

No. 20, Agar Tube, 2 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

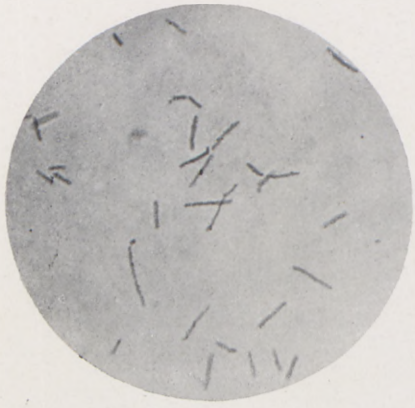
Streptobacterium plantarum.

No. 2, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

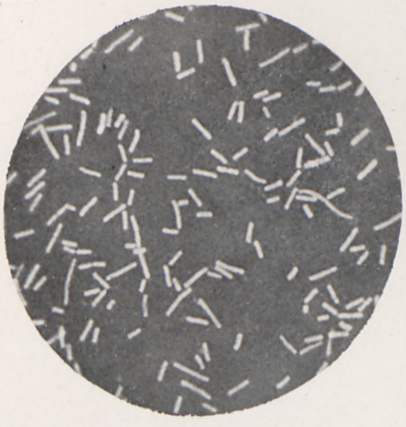


No. 2, Agar Streak, 2 Days, 30°.

No. 2 S G · Plate, 11 Days, 20°.



No. 18, Milk, 6 Days, 30° *Gram* stained.



No. 18, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 18, Agar Streak, 1 Day, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptobacterium plantarum.

No. 5, Milk, 5 Days, 30°, *Gram* stained.

No. 5, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 5, Agar Streak, 3 Days, 30°.

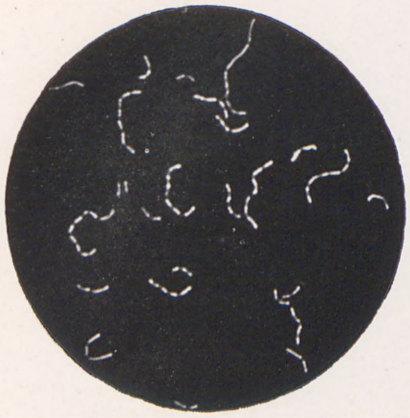
No. 5, Agar Tube, 3 Days, 30°.

No. 21, Agar Streak, 2 Days, 30°.

No. 21, Agar Streak, 2 Days, 37,5°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Streptobacterium plantarum.



No. 30, Agar Streak, 3 Days, 30°.

No. 30, Agar Streak, 3 Days, 37,5°.

No. 42, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 42, S G - Stab, 8 Days, 20°.

No. 43, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

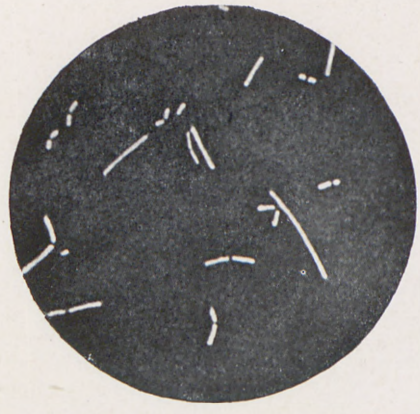
No. 43, Agar Streak, 2 Days, 30°.

Streptobacterium plantarum.

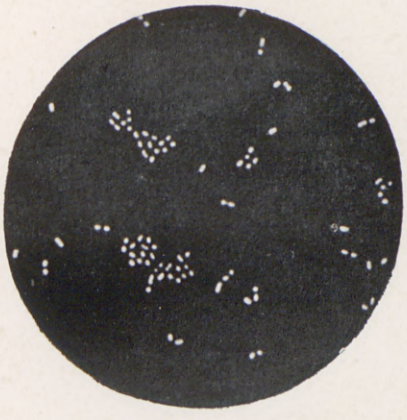
No. 44, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 44, Agar Tube, 3 Days, 30°.

No. 44, S G - Stab, 10 Days, 20°.



No. 44, S G - Plate, 10 Days, 20°.

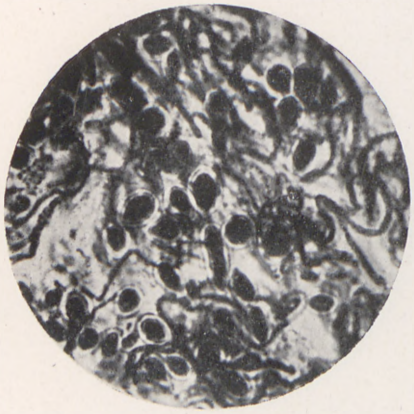


No. 44, A G - Stab, 10 Days, 20°.

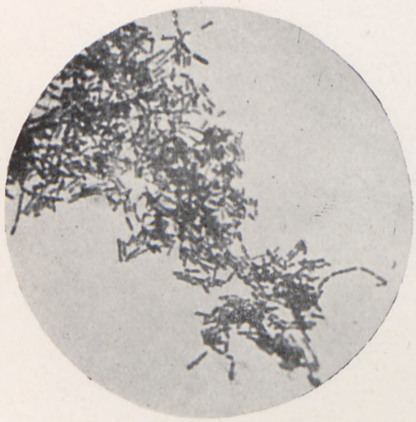
No. 8, Agar Streak, 2 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Betabacterium caucasicum.



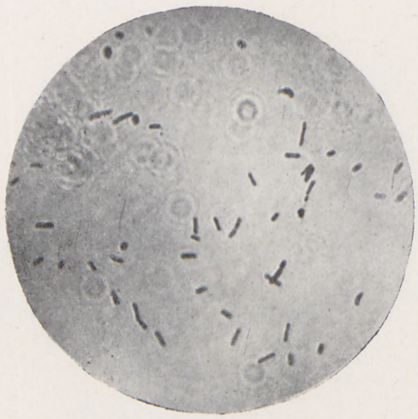
Cut through a Kefir Grain, Methylene Blue.



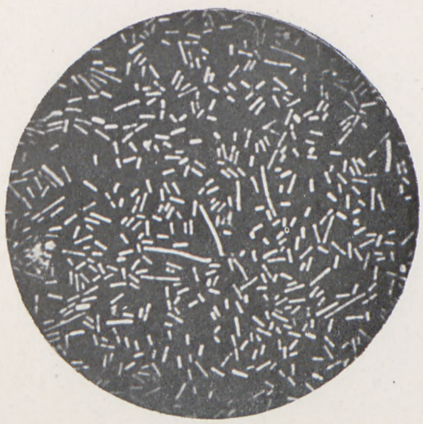
No. 2, Y-Bouillon, 4 Days, 30°, Methylene Blue.

No. 2, Y-Agar Tube, 10 Days, 30°.

Betabacterium breve.



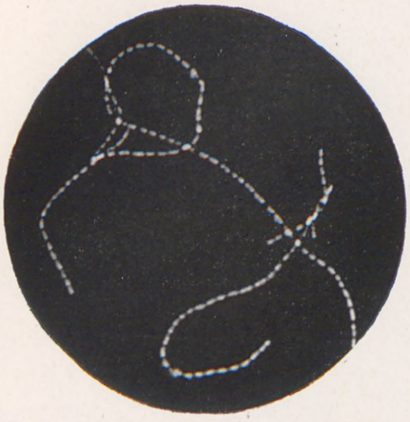
No. 5, Milk, 14 Days, 30°, *Gram* stained.



No. 5, Agar Streak, 4 Days, 30°.

No. 5, S G-Plate, 8 Days, 20°.

Betabacterium breve.



No. 3, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 8, Agar Streak, 4 Days, 30°.

No. 9, Agar Streak, 3 Days, 30°.

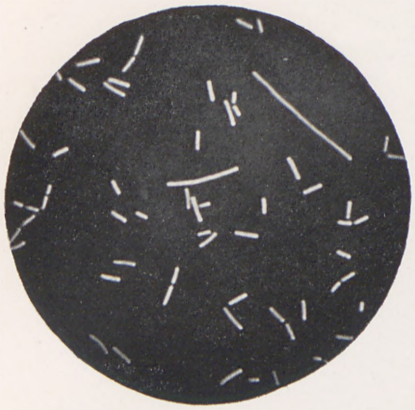
No. 10, Agar Streak, 4 Days, 30°.

No. 10, Agar Streak, 5 Days, 30°.

No. 10, S G-Plate, 10 Days, 20°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Betabacterium breve.



No. 11, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 11, Agar Streak, 3 Days, 30°.

Betabacterium longum.

No. 22, C-Bouillon, 1 Day, 30°.

No. 22, C-Bouillon, 2 Days, 30°.

No. 30, Agar Streak, 2 Days, 40°.

Nr. 33. Agar Streak, 1 Day, 40°.

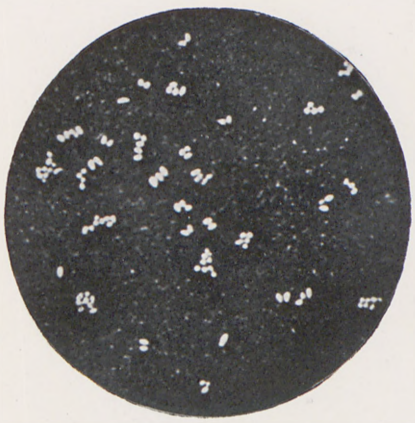
Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Microbacterium lacticum.

No. 1. Agar Streak, 4 Days, 30°.

No. 1. Agar Plate, 4 Days, 30°.

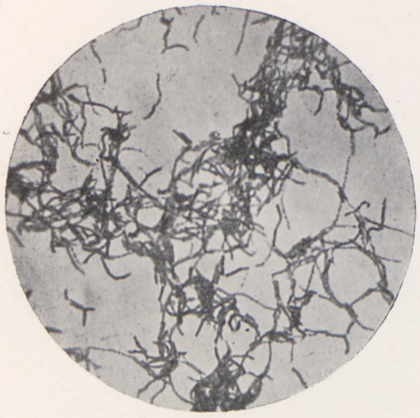
No. 1. A G - Plate, 10 Days, 20°.



No. 4. Agar Plate, 4 Days, 30°.

No. 5. Agar Plate, 4 Days, 30°.

Microbacterium mesentericum.

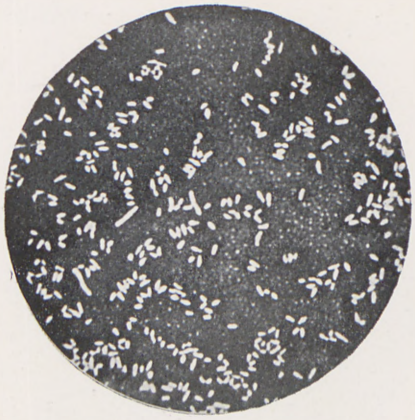


No. 7, Agar Streak, 1 Day, 30°, *Gram* stained.

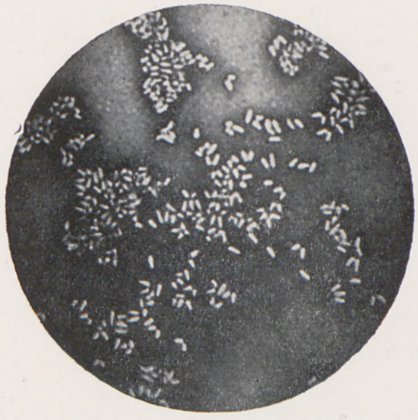
Nr. 7, Agar Plate, 3 Days, 30°.

Nr. 7, A G-Plate, 10 Days, 20°.

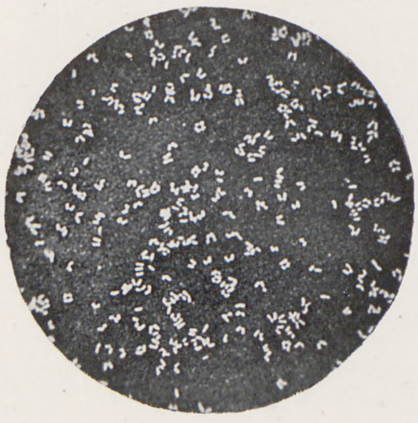
Microbacterium flavum.



No. 9, Agar Plate, 3 Days, 30°.



No. 10, Agar Streak, 2 Days, 30°.



Microbacterium liquefaciens.
Agar Plate, 3 Days, 30°.

Autotypi. Pacht & Crone's Eftflg.

Bacterium bifidum.

From Infant II, Agar Stab, 7 Days, 37,5°.

From Infant III, Agar Stab, 7 Days, 37,5°.

Bacterium acidi propionici.

x, Agar Stab, 2 Days, 30°.

b, Agar Stab, 2 Days, 39°.

ZOANTHARIA

FROM SENONE AND PALEOCENE DEPOSITS IN DENMARK AND SKAANE

BY

K. BRÜNNICH NIELSEN

WITH 4 PLATES

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, NATURV. OG MATHEMATISK AFD., 8. RÆKKE, V. 3.

KØBENHAVN
HOVEDKOMMISSIONÆR: ANDR. FRED. HØST & SØN, KGL. HOF-BOGHANDEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1922

PREFACE

If, in this paper, I have succeeded in presenting many new species of corals to the public, the credit is largely due to the fact that a foundation for my work has been laid by others. Both of our own museums have possessed for a long time a large material, classified and determined. I owe warm thanks to Professor A. JENSEN and Inspector, Dr. phil. MORTENSEN of the Zoological Museum, and no less to Professor BØGGILD and Docent RAVN of the Mineralogical Museum for their permission to make use of this. My thanks are also due to Professor, Dr. phil. GRÖNWALL of the University of Lund for the great interest he has shown in my work and for the direct help he has given me. Without his valuable assistance it would have been impossible for me to account for several of our single corals.

I. Introduction.

Although *Zoantharia* belong to those fossils which were among the first to attract the attention of collectors in Denmark, both on account of the frequency of their occurrence in our chalk and tertiary deposits, and because of their striking appearance, yet not until very recently has any attempt been made to classify and describe these animal remains.

FORCHHAMMER[1])—[2]) mentions in nearly all his fossil series the appearance of one or two species of *Turbinolia* from Katholm, Møen, Faxe and the Cerithium chalk from Stevns Cliff, but he makes no attempt to determine these fossils more exactly.

That it seemed desirable to classify them is proved by the fact that the Zoological Museum contains remains of corals, for the most part the stone kernel of single corals, partly classified and named as follows:

Turbinolia faxoensis,
— *brevis*,
— *ponderosa*,
— *biseriata*,
— *pusilla*,
— *crassa*,
— *ambigua*.

No small amount of work had been done with the corals as may be seen from a table, preserved in the archives of the Museum, in which is printed a list of Danish fossil corals. This was prepared as table III of a contemplated large work on *Gaea danica*. The two first tables, (tables I and II) dealt with octocorals, and were published in my paper: Moltkia Isis, Stp. og andre Octocorallia (Vid. Selskabs Skrifter. Mindeskrift for Japetus Steenstrup XVIII).

As it proved possible to find the originals of all the cuts shown in table III, this table is now being published in its original form as table III of this paper.

---

[1]) FORCHHAMMER: Om de geognostiske Forhold i en Del af Sjælland og Naboøerne. Vid. Selskabs Skr. II. Del (Naturv. Skr.) 1825.

[2]) FORCHHAMMER: Danmarks geognostiske Forhold. Indbydelsesskrift til Reformationsfesten. København 1835.

No text to the tables was found, but I have endeavored to retain the old specific names, used, in so far as is possible, in their original meaning, and by publishing the work to give a visible proof of the interest in paleontology shown by an earlier generation.

Some of the specific names were commonly known to the earlier paleontologists. FISCHER BENZON[1]), for instance, cites the following series from Faxe:

Turbinolia sp. (*faxeensis*), also found at Stevns Cliff.
Monomyces pusillus, Steenst. and Forch.
— *brevis*, — —
Astraea.
Caryophyllia faxeensis Bech.
(*Calamophyllia fax.* d'Orb. L. and Br. Jahrb. 1851, p. 102.)
Cladocora.

PUGGAARD[2]) mentions as the only coral from Møen

Turbinolia excavata V. Hag.

LUNDGREN[3]) gives the following list of corals in his fauna.

Monomyces faxeensis M. U. H.
— *pusillus* M. U. H.
Oculina sp.
Caryophyllia faxeensis M. U. H.

A. v. KOENEN[4]) describes two species of corals found at Vestre Gasværk, Copenhagen:

Trochocyathus calcitrapa,
Sphenotrochus latus.

and finally there is a far more detailed description of corals given by HENNIG[5]). Of *Zoantharia* he mentions:

Dendrophyllia candelabrum Hng.
Lobopsammia faxensis Bech.

Both these species were known earlier, the first as *Cladocora* sp., the second as *Caryophyllia faxensis* Beck. Among the single corals he mentions:

Parasmilia Lindstrømi Hng.

---

[1]) v. FISCHER BENZON: Ueber das relative Alter des Faxekalkes. Kiel, 1866, p. 19.
[2]) PUGGAARD: Møens Geologi, Copenhagen, 1851, p. 66.
[3]) LUNDGREN: List of fossil Fauna of Sweden. III. Mesosoic. Stockholm. 1888.
[4]) A. v. KOENEN: Ueber eine paleocene Fauna von Kopenhagen. Göttingen, 1885.
[5]) Faunan i Skaanes yngre Krita. III. Korallerne: Bihang til K. Svenska Vet. Akad. Handl. Bd. 24. Afd. IV, No. 8. 1894.

This he says is likewise found at Faxe.

Parasmilia scanica Hng.
Ceratotrochus supracretacea Hng.

Of the species we find again quoted in RAVN's[1]) list of fauna:

Dendrophyllia candelabrum,
Lobopsammia faxensis,
Parasmilia Lindstrømi,
— *excavata.*

If we make a tabular comparison of these facts about Danish Zoantharia, we find that until the present time only ten forms were known; of these only the six following have been described:

Parasmilia excavata, v. Hag.
Sphenotrochus latus v. Koenen,
Trochocyathus calcitrapa v. Koenen,
Parasmilia Lindstrømi Hng.,
Lobopsammia faxensis Beck.,
Dendrophyllia candelabrum Hng.

(See list, p. 7.)

As may be seen, our knowledge of these Zoantharia is not very great. Only the species which are underscored have been described and pictured,while the others are merely known as names in a museum, and in a single case even this is doubtful. There is, for instance, nothing in the collection to support FISCHER BENZON's *Astraea* sp., for there is no coral from Faxe of asteroid form. However, as HENNIG too, claims to have observed "two imprints of an asteroid form", we are forced to believe that there is some ground for the assumption. It seems reasonable to suppose that specimens of *Heliopora incrustans* were meant, for when the colony is well-covered with calcite this species readily resembles an asteroid coral. All the other forms given in the list have been found to tally with the species in question.

II. Anatomical Conditions.

Great are the difficulties encountered in determining fossil corals from Danish deposits. As a rule the coral is filled with mud or coated with calcite crystals both of which efface and hide the details by which it is possible to determine the family, genus and species. It often becomes necessary to cut through the coral, and only in more fortunate instances in which the mud may be removed do all the characteristics become visible.

[1]) MILTHERS: Kortbladet Faxe og Stevns. D. G. U. I Række, Kbhvn., 1908.

Puggaard 1851	Gæa danica Tb. III. 1863	Fischer Benzon 1866	von Koenen 1885	Lundgren 1888	Hennig 1899	Ravn 1908	1920
Turbinolia excavata	Monomyces excavata	....	....	.. .	....	Parasmilia excavata	Coelosmilia excavata
	Monomyces ponderosa	....	....	....	....	....	Coelosmilia ponderosa
	Monomyces faxensis	Turbinolia faxensis	....	Monomyces faxensis	....	....	Smilotrochus faxensis
	Monomyces pusilla	Monomyces pusilla	....	Monomyces pusilla	....	....	Epitrochus pusillus
	Monomyces brevis	Monomyces brevis	....	....	....	....	Coelosmilia brevis
	Monomyces biseriata	....	....	....	....	....	Parasmilia biseriata
	Monomyces crassa	....	....	....	....	....	Rhizotrochus crassus
	Monomyces ambigua	....	....	....	....	....	Ceratotrochus ambiguus
		Astraea	....	....	....	....	(Heliopora incrustans?)
		Caryophyllia faxensis	....	....	*Lobopsammia faxensis*	Lobopsammia faxensis	Haplophyllia faxensis
		Cladocora	....	....	*Dendrophyllia candelabrum*	Dendrophyllia candelabrum	Dendrophyllia candelabrum
			Trochocyathus calcitrapa	....	....	....	Flabellum calcitrapa
			Sphenotrochus latus	....	....	....	Sphenotrochus latus
				Oculina sp.	....	....	Amphihelia Beckii
					Parasmilia Lindstrømi	Parasmilia Lindstrømi	Parasmilia Lindstrømi
					Parasmilia scanica	....	Parasmilia scanica
					Ceratotrochus supracretacea	....	Epitrochus supracretacea

In the main I follow ZITTEL[1]) and VAUGHAN[2]) for the skeleton and anatomy of the corals. Only at a very few points does the material at hand differ from the customary. The determination of *Columella*, however, is worthy of note. This formation is classified by various scientists as Columella proper and pseudo-Columella. Columella proper is supposed to originate from a formation deposited in the kernel of the coral at the earliest stages of the latter's development, and to have developed parallel with this in the direction of the calyx. Columella proper may be divided according to its appearance into: 1) Styliform C. formed by a massive column of lime; 2) lamella-like C. formed from a lamella-like lime plate on which the costae find support, and 3) fasciculata C. formed by a group of twisted or foliaceous columns of lime.

Pseudo-columella is the name given to those formed by the inner edges of the septa, which in some way or other unite in the center of the coral. This junction of the septal edges might lead to the formation of spongiose or tortile columella.

VAUGHAN makes a distinction between lamella-like columella and columella proper. demonstrating that the first is formed by a single septum which sends a leaf-like extension towards the center on which the other septal edges find their support.

The Danish material which shows such a septum, (*Sphenotrochus granulatus*, tab. 1, figs. 24—25) wholly supports this view. Cutting shows that columella is a continuation of a septal edge, and as the lowest portion of the coral has no columella, it cannot be an independent formation branching out of the base of the coral.

Styliform C. is found nowhere in the Danish material.

Fasciculate C. is supposed to be found in certain of the species described: *Caryophyllia danica*, *Brachycyathus parvus* and others, but the material is so small that it was impossible to sacrifice any of it to cutting.

In all the other species among which columella is found, and where, according to the theories of the earlier authors, there should be a fasciculate C., i. e. an independent formation projecting from the base of the coral, a pseudo-columella only seems to exist. This is not located at the base of the coral, but is formed during the growth of the animal by the inner edges of the septa curving from side to side in many folds. The curves of the adjacent septa overlap and grow together forming a spongy mass with very regular folds and channels of communication. This columella increases in thickness towards the top. It can attain very considerable dimensions and projects from the bottom of the calyx.

Forms like *Coelosmilia* and *Smilotrochus*, which authorities claim are entirely devoid of columella, have a growth on their lower portions, though not the very lowest, resembling a columella formation, indistinguishable from the calyx and only visible when the coral is cut. It appears then, that all the forms of *Parasmilia*, *Ceratotrochus*, and *Epitrochus* possess a spongy pseudo-columella, and not, as was determined earlier, a true fasciculate columella.

---

[1]) ZITTEL: Grundzüge der Paleontologie I. Abtl. München u. Berlin. 1915.

[2]) VAUGHAN: Eocene and lower oligocene Coral Faunas of the U. S. Washington. D. C. 1900.

III. Stone Kernels.

The determination of those remains of corals in which the skeleton proper is disintegrated, leaving only hardened deposits from the inter-septal compartments and occasionally the impression of the outer surface of the coral, presents many difficulties. These remains, too, are the very ones which are found most frequently in our deposits from Danien and senone. They are very common in coral chalk from Faxe and by no means unusual in chalk from Saltholm and Aggersborggaard. Numbers of them have been found in Cerithium chalk from Stevns Cliff.

These stone kernels from the white chalk are only preserved when they are deposited in flint which prevents their destruction.

The few species of ramifying corals to be found at Faxe produce stone kernels that are easily recognized by their mode of ramification. It is only necessary then to substantiate this characteristic in orders to determine them. They may, however, be determined even without this. Stone kernels of *Dendrophyllia* reveal the porous nature of that coral, for all the pores in the theca and its lacunous border are filled with mud in such a way that the upper surface of the stone kernel is covered with an entire layer of a closely lined web of chalk which anastomoses frequently and greatly resembles the tissue of hydro-corals.

Haplophyllia faxensis has elongated stone kernels with the fillings of the interseptal compartments sharply defined.

Amfihelia Becki, which like all *Oculinae* has a tendency to form compact endothecal fillings immediately under the calyces, yields thin, elongated, slightly crooked stone kernels, resembling single corals.

The stone kernels of single corals present many more difficulties. Stone kernels are formed when mud fills the interseptal compartments. The fillings of the calyces are, therefore, very intimately connected with the stony mass surrounding the coral, and it becomes almost impossible to analyse these conditions more exactly. Cutting the axis of the coral crosswise gives some information about the inner parts of the septum and the upper parts of the pali and columella; on the other hand cutting destroys part of the stone kernel, so it is advisable to have a large material on hand before resorting to this measure.

Cutting lengthwise gives information about the lateral surfaces of the septum, about the upper edge of the septum and about columella.

Among the endothecal formations the dissepiments are recognized by the fact that they hinder the further development of the stone kernel in the interseptal compartments in question, preventing, indeed, the mud from penetrating into the said compartments. If there are many dissepiments present, the stone kernel is short in comparison with the length of the coral, which may be measured by the impression of the theca. If, however, mud succeeds in penetrating beneath the dissepiments, the stone kernel is divided into several sections which lie one over the other.

Other endothecal formations are difficult to locate, for they disintegrate together with the skeleton proper, leaving no trace. A central formation in the very depth of the coral may occasionally be determined, as for instance incipient columella formation.

The same is true of the exothecal formations. These disappear and the impression left in the chalk is the only clue as to whether the epithecum was present or not. Costa, on the other hand, leave visible traces.

The matter may be summed up thus:

The impression determines the outer surface of the theca.
— — — costae.
— — — epithecum.
— form of the coral.

The stone-kernel determines the number and proportionate size of the septa.
— presence of dissepiments.
— central formation in the depth of the coral.

Cutting the stone kernel lengthwise determines the upper septal edge.
— lateral surface of the septa.
— columella.

Cutting the stone kernel crosswise determines the conditions of the calyx.
— the pali.
— columella.

IV. Taxonomy.

In this paper the arrangement adopted by Zittel: Grundzüge der Paleontologie, I. Abth. 4 Udg. 1915, is followed. It must be noted that the determination often rests on a very loose foundation due to the insufficiency of the material. In a few cases certain characteristics are supposed to be present even though the material at hand has been unable to furnish the proof.

Possibly future collections will modify the determinations made in regard to the position taken by the species here described.

The chemical condition of the lime skeleton seems to be one of the important points to be observed in systematizing the specimens. In some cases this seems to consist of calcareous spar, in others of arragonite, as Johnstrup has shown in his paper on the formation of Faxe chalk. One species which seems to have a calcareous spar skeleton is *Epitrochus pusillus*, found everywhere with its skeleton in a good state of preservation, whereas other corals from the same locality only appear as stone kernels. The skeleton of this species must therefore be formed of calcareous spar, while the species which have disappeared were of arragonite.

V. The species grouped according to localities.

From white chalk at
Stevns Cliff:

Coelosmilia excavata,
Parasmilia cylindrica.

Møen:

Coelosmilia excavata.

Aalborg:

Coelosmilia excavata,
— *ponderosa.*

From Cerithium chalk at
Stevns Cliff:

Trochocyathus hemisphaericus,
Parasmilia biseriata,
— *cincta,*
Coelosmilia excavata.

Besides these single corals there have also been found some remains of ramifying corals. However, these remains are few and small, and do not yet justify closer determination.

Of fossils of older Danien we know from
Stevns Cliff:

Epitrochus vermiformis,
Parasmilia parva.

Kagstrup:

Parasmilia parva.

Vixö:

Epitrochus vermiformis

Bulbjerg:

Epitrochus vermiformis.

Of fossils of younger Danien we know from
Rejstrup:

Parasmilia parva.

Frederiksholm:

Ceratotrochus Saltholmensis.

Saltholm:

Flabellum calcitrapa;
Ceratotrochus Saltholmensis,
Coelosmilia brevis.

Aggersborggaard[1]):

Epitrochus pusillus,
Smilotrochus faxöensis.

Bryozo chalk at Faxe:

Ceratotrochus Saltholmensis.
Epitrochus pusillus,
Parasmilia danica.

Coral chalk at Faxe:

Haplophyllia faxensis,
Dendrophyllia candelabrum,
Sphenotrochus granulatus.
Ceratotrochus ambiguus.
Epitrochus pusillus.
Brachycyathus parvus.
Caryophyllia danica.
Coelosmilia brevis,
Parasmilia Lindstrømi.
Smilotrochus faxoensis,
Rhizotrochus crassus,
Amfihelia Becki.

Coccolith chalk from Limhamn:

Parasmilia scanica.

[1]) Chalk from Aggersborggaard which contains a fauna with countless typical "Faxe" fossils is doubtless a coral chalk formed in the same way as the coral chalk at Faxe but at a different stage of development, for here not only the corals themselves but their stone kernels as well have desintegrated and vanished. The corals can then only be determined by their impressions made on the surfaces to which they were attached in the case of Ostreae, serpulae and others. In this manner *Dendrophyllia candelabrum* and some hydrocorals are found again.

Hydro-coral chalk from Limhamn:

Haplophyllia faxensis.
Dendrophyllia candelabrum;
Ceratotrochus ambiguus,
Ceratotrochus Milthersii.
Epitrochus pusillus,
Epitrochus supracretacea,
Coelosmilia brevis,
Parasmilia Lindstrømi,
Smilotrochus faxøensis,
Amfihelia Beckii.

Herfölge gravel chalk:

Ceratotrochus Saltholmensis.

Copenhagen harbour:

Ceratotrochus Saltholmensis,
Flabellum calcitrapa,
Sphenotrochus latus.

Ravnstrup[1]):

Ceratotrochus Saltholmensis.

"Vestre Gasværk", Copenhagen:

Flabellum calcitrapa,
Sphenotrochus latus.

As these lists show, a sharp distinction exists between the senone and the Danien species. The distinction between older and younger Danien is quite clear, only one species being common to both, *Parasmilia parva.* Most of the forms are common to the three divisions, the chalk formation, the tertiary formation and the present time; two, *Dendrophyllia* and *Amfihelia* are only known from the tertiary formation and the present time.

[1]) The chalk from Ravnstrup is a gravel chalk of the same species as the upper chalk at Herfölge. Its content of fossils resembles that of Herfölge at every point.

VI. Schematic list of the species and their localities.

	Senon				Danien																			
	Zone with scaph. constrictus				Older Danien				Younger Danien													Grønsand		
	Stevns	Møen	Aalborg	Cerithium chalk	Stevns	Kagstrup	Vixø	Bulbjerg	Rejstrup	Aggersborg	Koral. Faxe	Bry. Faxe	Frederiksholm	Saltholm	Ravnstrup	Herfølge	Kbh. Havn	Limhamn	Randers	Vestre Gasværk	Kbh. Havn
1. *Haplophyllia faxensis*, Bech.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
2. *Dendrophyllia candelabrum*, Hennig	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
3. *Sphenotrochus granulatus*, n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4. *Sphenotrochus latus*, v. Koenen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
5. *Ceratotrochus ambiguus*, Forchh. & Steenstr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
6. *Ceratotrochus saltholmensis*, n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.
7. *Ceratotrochus Milthersii*, n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
8. *Epitrochus vermiformis*, n. sp.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9. *Epitrochus supracretacea*, Hennig	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
10. *Epitrochus pusillus*, Forchh. & Steenstr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.
11. *Trochocyathus hemisphaericus* n. sp.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12. *Brachycyathus parvus* n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13. *Caryophyllia danica*, n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14. *Coelosmilia excavata*, v. Hag.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15. *Coelosmilia ponderosa*, Forchh. & Steenstr.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16. *Coelosmilia brevis*, Forchh. & Steenstr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.
17. *Parasmilia biseriata*, Forchh. & Steenstr.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18. *Parasmilia cincta*, n. sp.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19. *Parasmilia parva*, n. sp.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20. *Parasmilia cylindrica*, n. sp.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21. *Parasmilia danica*, n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22. *Parasmilia Lindstrømi*, Hennig	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
23. *Parasmilia scanica*, Hennig	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
24. *Flabellum calcitrapa* v. Koenen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+
25. *Smilotrochus faxensis*, Forchh. & Steenstr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
26. *Rhizotrochus crassus*, Forchh. & Steenstr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27. *Amfihelia Becki*, n. sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
	2	1	2	4	2	1	1	1	1	3	12	3	1	3	1	1	1	11	1	2	2

VII. Separate Species.

1. Haplophyllia faxensis, Beck.

Table I. Figs. 1—7.

Caryophyllia faxensis Beck 1835 in Lyell: Cretaceous and tertiary strata of the Danish Islands. Geol. Transact. Ser. 2. Vol. 5, p. 249. Fig. 4.

Calamophyllia Faxoensis Beck 1848. M. Alcide d'Orbigny: Prodrome de Paléontologie vol. II, p. 295.

Calamophyllia Faxoensis, 1851, d'Orbigny, Leonhardt. et Bronn: Neues Jarhb. f. Mineralogie Jahr. 1851, p. 100—102 (Synopsis of A. d'Orb. Ueber die fossile Reste des Terrain Danien oder T. pisolithique).

Rhabdophyllia faxensis 1854. Milne, Edw. et Jules Haime: Recherches sur la structure et la classification des polypiers récents et fossiles. Annales des sciences nat. 3 sér. Zool. V. IX—XVI.

Caryophyllia faxensis Beck 1866. (Calamoph. f. d'Orb.) Fischer Benzon: Ueber das relative Alter des Faxekalkes. p. 19.

Caryophyllia faxensis Beck. 1888. Lundgreen: List of fossil fauna of Sweden. III Mesosoic.

Lobopsammia faxensis Beck. 1899. Hennig: Faunan i Skaanes yngre Krita III. Korallerne. Bih. til K. svenska Vet. Akad. Handl. Bd. 24. Afd. IV. Nr. 8. Stockholm. S. 11.

As the list of synonymia shows, this species was known in early times. This is not surprising for it belongs to those corals which give the coral chalk at Faxe its characteristic appearance. Its determination, however, proved difficult, but as may be seen, d'Orbigny had already noted it as a *Calamophyllia*. However, as it does not possess the exothecal extensions, (Collerette), which distinguish genus *Calamophyllia* it must be classified with the closely related genus *Haplophyllia*.

Hennig determines it as a Lobopsammia for he presupposes it to belong to the porous coral group; however, this conclusion rests on an error doubtless due to the insufficiency of his material. Only stone kernels and impressions were at his disposal and so it was difficult for him to distinguish this form from Dendrophyllia candelabrum. His sketch of a cross-section of a Lobopsammia branch (Plate I, fig. 16) is, as a matter of fact, a cross-section of a Dendrophyllia branch identical with fig. 10 of the same plate.

Indeed the cross-section plainly shows the coral tube to be a non-porous coral entirely lacking the lacunous edge so characteristic of the Dendrophyllia.

The coral forms bushy colonies of considerable size, characterized by dichotomous self-dividing ramifications. Nowhere are the epithecal formations known as collerettes to be seen, but occasionally plate-like formations uniting some of the branches appear (table I, fig. 1). The branches in the same colony increase but slightly in circumference so that there is very little difference between the older and younger ones. A single individual is located at the extremity of each branch.

The calyx is rather deep, broad and cup-shaped, for the septa in the upper part of the calyx project only slightly from the thickened sharply truncated edge of the calyx. The theca is quite thick without epitheca, usually smooth, but sometimes, especially at the extremities of the branches, slightly protruding granular costae are seen.

In the upper part of the calyx the septa are only slightly distinguishable from the edge of the theca, further down they protrude from the walls of the calyx, while at the bottom of the deep calyx they intercept and coalesce with its inner edges.

The number of septa varies from 30—40, being as a rule about 36. It is usual to find

3 complete cycles (24 septa) and a fourth, incomplete. The single septa greatly resemble each other so that it is impossible to judge from their appearance to which species they belong. As a rule only two kinds of septa are found in a calyx, a comparatively large one alternating with a comparatively small one.

The lateral surfaces of the septa are almost smooth, though diagonal rows of slightly protruding granulations may be seen running inwards and downwards. The upper edge of the septum is uneven, finely dentate, further down the edge is wavy. Dissepiments often occur in the interseptal compartments, many appearing at the same height. The hollow beneath the calyces fills up quickly as a rule, but sometimes we find long pieces of the trunk with open interseptal compartments without dissepiments.

There is no columella. In the deeper sections of the trunks however, we observe that the septa coalesce by the help of their slightly billowing edges, turning towards the center, without though forming an ostensible pseudo-columella. A cross-section reveals septa from one side of the theca forming an easy transition with septa from the other side (table I, fig. 3).

New individuals are formed by splitting. The mother individual increases in breadth and number of septa; it then contracts in the middle and two equally large individuals are formed.

The colony may have a considerable extent but the trunks are apparently very little thicker in the lower parts than in the upper parts. The colonies seem to prefer to spread out like a fan, the branches dividing on the same plane. This characteristic is common to this form and to the majority of the Octo- and hydro-corals of Faxe.

Locality: Danien: coral chalk from Faxe (also known from Annetorp).

2. Dendrophyllia candelabrum, Hennig.

Table I. Figs. 8—22.

Cladocora. 1866. v. Fischer Benzon: Ueber das relative Alter des Faxekalkes. p. 19.
Cladocora. 1867. Johnstrup: Om Faxekalken ved Annetorp i Skaane. Overs. over det kgl. danske Vid. Selskabs Forh. f. 1866. No. 6. p. 9.
Dendrophyllia candelabrum. 1899. Hennig: Faunan i Skaanes yngre Krita. III. Korallerne. Bih. til K. Svenska Vet. Akad. Handl. Band. 24. Afd. IV. No. 8.
Dendrophyllia candelabrum. 1908. Ravn's Faunaliste i Milthers: Kortbladene Faxe og Stevns.

This species, which is the most common coral species to be found at Faxe and forms the largest part of the coral chalk there, was for many years determined as a Cladocora, because its outward appearance presents many points of resemblance with a Cladocora species from English tertiary formation. Much credit therefore is due to HENNIG, who with extremely insufficient material at his command, (only stone kernels and impressions), was able to see that its internal construction consigned it to the porous coral group, thus determining it as a *Dendrophyllia*. The same determination had, in the meantime, already been made by STEENSTRUP and FORCHHAMMER, as is proved by drawings of that species preserved in the

collection of the Mineralogical Museum in which the porous character of the skeleton is apparent, and on the wrapper of which is written: "Dendrophyllia." However, this fact in no way diminishes the credit due to HENNIG.

The coral forms woody, ramifying colonies. The older stems are slightly thicker than the younger branches, but the difference is not great. The branches are formed by gemmation from the outer side of the theca without any connection with a calyx. The new individual, the new branch, first grows a slight distance at right angles from the parent stem, then turns and continues its growth parallel to the parent stem. Branches may grow from every side of a stem (table I, figs. 19—20). If two branches collide during their growth, a frequent occurrence under intense furcation, they merge into one another, forming a complicated net-like growth (table I, fig. 12).

The theca is quite thick and, on account of the pores which are found throughout, forms a spongy (lacunous) tissue making a kind of connection between the interseptal compartments and the outside world. The exterior is at most smooth, as a rule, however, it is possible to distinguish slight costae which confine the porous parts of the tissue. Occasionally the costae are more plainly marked and divide the outer surface into facets (table I, fig. 10).

The calyx is quite deep and capacious, the free septal edges projecting only in the hollow of the calyx and to a very limited extent. Not until the bottom of the calyx are the septa able to reach the central formations. The free septal edge does not extend beyond the thecal edge; it is practically unbroken and is not dentate.

There are between 24 and 36 septa; 3 complete ordines and a fourth more or less incomplete. The septa of the first and second ordines reach the center and by a coalescence of their inner edges form a pseudo-columella of spongy consistency (table I; fig. 8). A cross-section reveals the way in which this is formed from connate septal edges and shows that it is not a true independent columella (table I, fig. 16).

A lengthwise cut through the stems shows how the interseptal compartments close to the calyx are closed by dissepiments.

No endothecal formations are seen. The stone kernels are readily distinguishable from the twisted fillings in the pores of the lacunous edges which are located within the interseptal fillings.

Locality: Danien. Coral chalk from Faxe and Aggersborggaard. (Also known from Annetorp).

3. Sphenotrochus granulatus, n. sp.

Table I. Figs. 23—25.

This species is a single coral of very small dimensions. It is about 10 mm long with a diameter at the edge of the calyx of about 2—3 mm. It is almost cylindrical in form, for its lateral development soon ceases and the breadth remains constant during the further growth of the coral. The axis is bent so that the coral is either curved once or in an S-form.

The coral spreads a little at the base, forming an adhesive disc.

The theca is quite thick; on the outer surfaces are slightly projecting costae. These are broad and dotted with several rows of small granulations. There is no epithecum.

There are 24 septa in 3 ordines and 3 cycles. Six in the first ordo are larger than the others, but as far down the calyx as may be seen they do not form columella.

Cutting crosswise reveals a lamella-like columella, formed by the elongation of a single septum. This proves the species to belong to the genus Sphenotrochus. The upper septal edge is smooth and projects slightly beyond the edge of the calyx. The lateral surfaces of the septum are practically smooth. Many dissepiments are seen in the interseptal compartments and the upper part of the coral is readily distinguished from the lower.

Locality: Danien: Coral chalk at Faxe.

4. **Sphenotrochus latus,** v. Koenen.

Sphenotrochus latus 1885 v. Koenen: Ueber eine paleocäne Fauna von Kopenhagen. Göttingen. S. 106. Tab. V. Fig. 12 a, b, c.

This species belongs in certain cases to those fossils which give the chalk its special character. Wherever it is found it occurs in great numbers. In small loose blocks from Ystad and Halsted I have seen it in enormous quantities.

I have nothing further to add to v. Koenen's description.

Locality: Younger Danien. Copenhagen harbor; Vestre Gasværk.

5. **Ceratotrochus ambiguus,** Forchhammer and Steenstrup.

Table III. Figs. 1 b, 5 and 6.

This species belongs to those commonly found in the coral chalk from Faxe. It appears as stone kernels, but there are a few remains of impressions which permit a description of its external appearance. The stone kernel is obovate-conical in form, gradually pointed toward the base of the coral. The axis is sometimes straight, but as a rule bent either once or in the form of an S.

The coral may attain a length of 35 mm with a diameter at the edge of the calyx varying between 12—18 mm.

The stone kernel shows traces of 50—60 septa in 6 ordines containing 1 incomplete and 7 complete cycles. The septa from the second and in part from the third ordo as well, are large and well-developed, whereas the interjacent septa are small. The interseptal compartments of the stone kernels, then, are grouped in 4's. The single groups are separated by deep furrows thus rendering the stone kernels easily recognizable. A calycinal cross-cut shows that the calyx is quite deep. A cut further down reveals loosely united inner septal edges. There was no true columella and there were no dissepiments, for the stone kernel extended without break to the base of the coral.

The lateral surfaces of the septum were covered with rows of such small granulations as to appear practically smooth.

The impressions and the few remains still existing show that the theca was thin, smooth without costae, and without epithecum.

As I was unable to find any special difference in the stone kernel shown in table III, fig. 1 b, 5 and 6, I have grouped them all under one of the names.

Locality: Danien. Coral chalk, Faxe, Limhamn.

6. Ceratotrochus Saltholmensis, n. sp.

Table I. Figs. 26—31.

This species is a very small one. It attains a length of only 12 mm, with a diameter at the calyx of 5 mm. It is regular in form, obovate-conical. There is no basic extension, no stem, but sometimes a small adhesive disc appears at the point; if this is not the case the point is smoothly rounded.

The theca is quite thin, without epithecum. The costae in the primary cycles are rather conspicuous, form no continuous ridge, but are scattered in rows of small prickles.

The calyx is shallow with a prominent, rather broad columella filling about one third of the diameter.

There are between 32 and 36 septa in 1 incomplete and 3 complete cycles on 4 ordines of which the 2 first are considerably developed and share in the formation of the columella. The later series are but weakly developed.

The septa do not protrude beyond the edge of the calyx, they soon bend their upper edge down into the depths of the calyx, where, their edges uniting in the center, they form a spongy pseudo-columella capable of considerable development (table I, fig. 29). The septal edges seem to be entire. The lateral surfaces of the septa are covered with granulations, often quite large, spinate, which greatly reduces the interseptal compartments.

No dissepiments are found, but the interseptal compartments are unencumbered down to the lowest parts of the coral. The inner edges and the columella are much thicker on the lowest parts of the coral and some solid endothecal chalk deposit is visible, making these lowest parts of the coral almost massive. It is not unusual to find specimens in which the larger portions of the theca and septa are worn away and only the lowest part of the coral with the thickened end of the columella preserved (table I, fig. 30).

Locality: Danien: The species is well known from younger Danien; not known from older Danien. Younger Danien: Frederiksholm, Saltholm, Bryozoa chalk from Faxe. Herfølge, Ravnstrup, Copenhagen harbour.

7. Ceratotrochus Milthersii, n. sp.

Fig. 1—4.

Among the most common fossils in the paleocene deposits near Randers is a coral which only appears as a stone kernel with no impressions. Various cuts showed the coral to have about 30 septa which are contiguous in the center of the coral and form small spongy columns. The interseptal compartments were free without dissepiments. At the lower end

of the coral the septa were much thicker and the interseptal compartments thus partially closed. The sides of the septa show the usual curved rows of granulations but without larger thorns. None of the specimens showed any traces of theca. The coral was obovate-conical with a slightly bent axis and there was no sign of root extension. In certain respects this

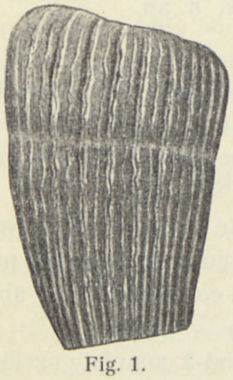


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4 a and b.

Fig. 1. Ceratotrochus Milthersi. Stone-kernel. Side view. $^3/_1$.
Fig. 2. do. do. do. Cross-cut. $^3/_1$.
Fig. 3. do. do. do. Tangential cut $^3/_1$.
Fig. 4 a and b do. do. do. Cross-cut and side view $^3/_1$ of the lowest end.

coral suggests Ceratotrochus Saltholmensis, but may readily be distinguished from that coral by its far greater size and by the appearance of the sides of the septa.

A few rare specimens of similar stone kernels may be found at Faxe and Limhamn.

In loose blocks of the same age from Halsted near Nakskov are found two corals with their shell preserved. They correspond at every point to the stone kernels referred to here, and I do not therefore hesitate to group them with these. They further strengthen the supposition that the coral was a Ceratotrochus. The under side shows traces of slightly protruding costae covered with countless granulations. These, however, are not arranged longitudinally as is the case with C. Saltholmensis. The two specimens show only the lower part of the coral, so it is impossible to describe the calyx.

Locality: Upper Danien: Faxe, Limhamn.
Green sand chalk near Randers.

8. Epitrochus vermiformis, n. sp.

Table II. Figs. 1—4.

This species is characterised by its epithecum, which not only entirely covers the outside of the coral, but also any objects with which the coral comes into contact during its growth, — for instance bryozoa colonies (table II, fig. 1).

The coral forms a root extension of considerable size in the inside of which are seen the remains of the bryozoa colonies or similar growths on which the young coral sought support.

The coral has the usual obovate-conical form, but in many places the growth is but slight so that the form becomes cylindrical. The axis is always bent, usually in several directions, giving the coral a worm-like appearance.

The theca is smooth, without corticles, but as the epithecum in its growth surrounds everything with which the coral comes in contact, the theca is sometimes rough with protuberances of various shapes. (table II, fig. 1).

The calyx is deep. There may be as many as 40 septa, 5 ordines in 4 cycles of which 12 reach the center while the others are but slightly developed. The septa do not extend beyond the edge of the calyx but soon disappear into the calyx. The septal edge is curved. The lateral surfaces of the septum are smooth. No rows of granulations are visible. The inner septal edges unite to form a pseudo-columella which attains considerable thickness towards the top; the upper part may be seen at the bottom of the calyx. There are no dissepiments or other endothecal formations.

Locality: Danien: Older Danien: Stevns, Kagstrup, Bulbjerg, Vixø.

9. **Epitrochus supracretacea**, Hennig.

Ceratotrochus supracretacea. 1899. Hennig: Faunan i Skånes yngre Krita. III. Korallerne. Bihang til K. Sv. Vet. Akad. Handlingar. Bd. 24. Afd. IV. No. 8. Stockholm. 1899. S. 21. Pl. 2. Figs. 27—40.

Although this species has not yet been found in the Danien of Denmark, it is included here because it is known from the closely adjacent Swedish Danien locality, Limhamn. I have examined three specimens from the collection in the University of Lund, but as all three showed thick epithecum and a large root extension they belong to the Epitrochus genus and not to the Ceratotrochus. They recall somewhat E. pusillus, for the shell is preserved, (calcareous spar, not arragonite) but are readily distinguished from that form by their greater size and rapid increase in breadth during growth.

Locality: Danien. Younger Danien. Coral chalk, Limhamn.

10. **Epitrochus pusillus**: Forchhammer and Steenstrup.

Table III. Figs. 7 a—g. Table II. Figs. 5—13.

Monomyces pusillus: Steenstrup and Forchammer. 1866. v. Fischer Benzon: Ueber das relative Alter des Faxekalkes. Kiel 1867, S. 17.

— M. U. H. 1867. Lundgren: List of fossil Fauna of Sweden. III. Mesozoic, Stockholm, 1888.

The species is the most common one found in the chalk pits at Faxe, appearing both among the varieties in the bryozo chalk and in the coral chalk (Ravn's Naese). It is well-known from earlier times. Numerous specimens are to be seen in the Mineralogical and Zoological Museums at Copenhagen.

The coral is small. The largest known specimens measure about 15 mm from base to edge of calyx and have a diameter of about 4 mm.

It is almost obovate-conical in form, increasing slightly in thickness towards the edge of the calyx. The coral was fastened to the bottom of the sea, or to solid bodies on the bottom by means of a stem and a flat, spreading, basic part, which on its under side shows the impression of the object to which it was attached. The upper side of the basic extension is either smooth or has faint longitudinal lines.

The usual form, then, is nearly obovate-conical, but seldom entirely regular as the extension often changes resulting in an irregularly bent form. Sometimes growth ceases suddenly and the interseptal compartments are closed with a tabular-like formation. A new individual then grows forth from some portion of the calyx, possibly at right angles to the original extension.

The theca is thick and solid, covered with a smooth epithecum which in rare instances permits the costae to shine through. Sometimes horizontal folds are observed. Septa are almost constantly present to the amount of 48, arranged in 5 ordines of 4 cycles. 6 of the first ordo are larger than the others and are easily recognizable in the calyx. Together with the 6 of the second ordo they form, by means of their inner edges, a pseudo-columella which reaches up to the bottom of the calyx and are readily observed here as slightly ruffled chalk leaves.

The edge of the septum does not protrude beyond the edge of the calyx; it is not entire but forms a few large patches in the calyx. Further down it billows from one side to another and unites with the neighboring septal edges. In this way the spongy pseudo-columella is formed.

The sides of the septa are covered with rows of granulations which are sometimes large and sharp enough to form thorns. These thorns do not unite with similar growths from adjacent septa, but form, especially on the lower sections of the coral, scattered dissepiments which close the interseptal compartments.

Locality: Danien: Younger Danien: Coral chalk from Faxe and Aggersborggaard; bryozoa chalk from Faxe.

11. Trochocyathus hemisphaericus, n. sp.

Table II. Figs. 14—15.

This species is found in cerithium chalk from Stevns Cliff. Both stone kernels and impressions are known.

The theca is almost hemispherical, it was once free. Smooth costae have protruded from the outer surface broken by very pronounced rings of growth.

The stone kernel is 15 mm in diameter, 10 mm long. It shows traces of 60 septa of which the 6 primary were the largest.

The septal edge has not extended beyond the thecal edge, but has penetrated almost immediately into the rather shallow calyx, where it joined the columella. The sides of the septa were covered with rows of prominent granulations.

There were no dissepiments.

No account can be given of the central parts of the coral. Judging by the appearance of the stone kernels there was a true fasciculate Columella at the base of the coral. Whether pali were found and, if so, of what kind, is unknown.

In spite of insufficient data about important parts of the coral, I do not hesitate to place it in the Trochocyathus genus on account of its external resemblance to certain French and American corals belonging to that group, — for instance *T. aptiensis*, Fromentel, and *T. Hyatti* Vaughan.

Locality: Upper senone. Cerithium chalk at Stevns Cliff.

12. Brachycyathus parvus, n. sp.

Table II. Figs. 16—18.

In the coral chalk at Faxe may be found some stone kernels of a single coral which has left no impressions so that it is impossible to describe its outward appearance. The stone kernels, however, are very characteristic and easily recognizable, so I have ventured to determine them.

Only small stone kernels are found, the largest specimen known measures 8 mm in height with a diameter of 8 mm at the edge of the calyx. It is regular, obovate-conical in form, somewhat truncated towards the bottom.

The stone kernel shows traces of 48 septa, 5 ordines of 4 complete cycles. A true columella has developed from the base causing characteristic grooves in the stone kernel.

A cross-cut downward from the edge of the calyx shows that the septa soon reached the center. The calyx was shallow. Septa of the first, second and in part of the third ordo were large, whereas the others only grew out a short distance from the edge of the calyx. Remains of 6 pali which penetrated far into the calyx were found, and a probable fasciculate columella (table II, fig. 18).

Based on these data it seemed right to determine the species as belonging to the Brachycyathus genus, in spite of the fact that information about the epithecum is lacking.

Locality: Younger Danien: Coral chalk at Faxe.

13. Caryophyllia danica, n. sp.

Table II. Figs. 19—20.

In the coral chalk at Faxe single specimens of a Caryophyllia are found.

This coral is about 14 mm long; at the edge of the calyx, which is oval, it is 10 mm at the greatest, and 8 mm at the smallest diameter.

The form is obovate-conical. The pointed end is broken off so that its mode of adhesion cannot be determined.

The theca is smooth with no protuberances and no epithecum. The costae are arranged in longitudinal, slightly granular rows. The calyx is rather shallow. There are about 48 septa, 4 cycles in 5 ordines. The first 2 ordines show equal development and are large, the

others are less developed. The septal edge is entire. The lateral surfaces of the septa are nearly smooth in so far as they may be seen in the calyx.

The columella is covered by a hardened deposit of chalk and cannot be described more closely.

Opposite the septa of the third ordo and toward the center are 12 well-developed pali of which the upper edge is entire and smooth and reaches into the calyx to about the same height as the septa.

Locality: Danien: Younger Danien: Coral chalk at Faxe.

14. **Coelosmilia excavata,** v. Hagenow sp.

Table III. Figs. 8, 8 a, 8 b. Table. II. Figs. 21—28.

Turbinolia excavata. 1839. v. Hagenow.
Monomyces — 1850. Forchhammer and Steenstrup.
Turbinolia — 1851. Puggaard: Möens Geologi p. 66. Fig. 9.
Coelosmilia excavata 1856. Milne, Ed. et Haime. Histoire naturelle des Coralliaires T. II. p. 179.
— 1858. Fromentel, E. de. Introduction à l'étude des polypes. p. 102.
Parasmilia excavata. 1908. Ravn: Faunalisten i Milthers: Kortbladet Stevns og Faxe. D. G. U. 1. Række. No. 11.

The species is well-known from olden times and belongs to the more common fossils from our white chalk where it is found in its natural condition with the parts of the skeleton preserved and as flint stone-kernels. It is rather common, too, in moraine deposits in gravel beds in secondary layer.

It is readily recognized on account of its size, enormous for a single coral.

Its determination has been rather difficult. Its inner construction is hard to recognize on account of deposits of solid masses of chalk very difficult to remove without injury to the septa and theca. The original determination of the species as Turbinolia was changed in 1856 to Coelosmilia because dissepiments and the lack of columella were observed. It is plain enough for the same reason that it cannot belong to the Parasmilia genus.

The coral is a single coral adhering at the base to other solid bodies at the bottom of the ocean. Its base widens, forming a disc showing on its under surface traces of the object to which the coral was fastened. On the upper surface of this basic disc are fine longitudinal stripes. A thin stem rises from the base, bearing the obovate-conical coral which rapidly increases in breadth; later on the growth in breadth is minimal, and long cylindrical parts are formed in the upper end of which is the calyx (table II, fig. 26).

The entire coral may measure about 100 mm from the base to the edge of the calyx, with a diameter of about 40 mm at that point.

The theca is rather thin and brittle; it is practically smooth. On the outer surface all the extremities of the septa are visible like slightly protruding costae. When examined through a magnifying glass they are found to be granulated. Countless cross lines, sometimes

very close together, indicate the pauses in the growth of the coral. There is no true epithecum, but at the point where stem, base and coral merge into each other, a granular epithecum is found which covers the costae and increases the thickness of the walls and its power of resistance.

The number of septa varies from 36—60 in well-developed specimens. These have 4 complete cycles and a fifth incomplete divided into 6 ordines. Of these the 3 first ordines, about 24 in number, penetrate to the center of the coral, while the later septa are weakly and protrude but slightly from the thecal edge. As far into the calyx as one can see after all mud has been removed, no trace of a central formation (Columella) is to be found. A cross-cut of the lowest portions of the coral shows that the septal edges increase somewhat in size towards the center, forming a wavy edge which merges into the neighboring septal edges and forms a fairly regular pseudo-columella, quite independent of the base of the coral, for it is totally lacking at the lowest section of the coral (table II, fig. 27).

A few dissepiments are scattered in the interseptal compartments but otherwise there are no endothecal formations.

The septa, at all events those of the first ordines, project from the thecal edge and, before the edge vanishes in the bottom of the calyx, form a curve whose edge is entire (table II, fig. 25). The lateral surfaces of the septa are practically smooth, the small granulated protuberances are, as usual, arranged in curves (table II, fig. 25).

Stone kernels of flint are rather common from both Stevns and Möens Cliff and in secondary strata in gravel deposits of the quaternary age. These are, as a rule, spheroidical in shape and consist of a flint kernel with septa preserved as lime septa.

No columella is seen in these stone kernels either (table II, fig. 28).

Locality: Senone: The zone with belemnitella mucronata: Möen, Stevns. Cerithium chalk. Stevns Cliff.

15. Coelosmilia ponderosa, (Forchhammer and Steenstrup).

Table IV. Figs. 1—2.

Under this determination we find in the Zoological Museum a few specimens of a Coelosmilia which is closely related to C. excavata. It differs from that form in the great thickness of its theca, its lack of adhesive surfaces and the fineness of the longitudinal stripes on the outer side of the theca.

The specimen is incomplete, only the lower part of the coral being present. The entire calyx is wanting.

Locality: Senone: The zone with belemnitella mucronata: Aalborg.

16. Coelosmilia brevis, Forchhammer and Steenstrup.

Table III. Figs. 2—3. Table IV. Figs. 3—4.

In the coral chalk at Faxe are found a few (5) stone kernels of a peculiar shape, like a low cylinder with rounded end surface. The cylindrical portion may be so abbreviated that

the entire stone kernel has about the form of a hemisphere. One shown in table III, fig. 3 is 18 mm in height and 22 mm in diameter at the edge of the calyx.

The stone kernel shows traces of about 60—64 septa (4 complete cycles and 1 incomplete). Only the septa of the 3 first ordines have reached any considerable development, the others were small and very little conspicuous. The lower part of the stone kernels shows indications of dissepiments, for sometimes the single stone kernels in the interseptal compartments are truncated at different heights so that the ending of the stone kernels is oblique. The ending of the stone kernels indicates lack of Columella but that the septal edges in the lowest parts of the coral were contiguous.

A cut through a single stone kernel reveals a deep calyx and contiguous edges of the septa only in the depth of the calyx. The cut which extends to within about 8 mm of the end of the stone kernel shows no traces of Columella.

Unfortunately no complete impression of the entire outer side of the coral exists, so it is impossible to state whether it was free or adhered. However, there are impressions of fragments of the coral which show that its costae were well-developed and dentate by means of crosswise furrows.

No material was attainable for making a longitudinal cut, so it is impossible to describe the septal edges and the lateral surfaces of the septum more closely.

A stone kernel similar in form but flatter was found at Saltholm and should in my opinion be classified as this species.

Locality: Danien: Younger Danien: Coral chalk. Faxe, Saltholm.

17. **Parasmilia biseriata**, M. U. H.

Table IV. Figs. 5—9.

This species is known from cerithium chalk at Stevns Cliff, but has never been found with its lime skeleton in a state of preservation. Only stone kernels and the impressions of the outer surface of the theca are found.

It attains a length of 23 mm and has a diameter at the edge of the calyx of about 8 mm. The impressions show that the form of the coral was obovate-conical with a bent axis. No adhesive extension or stem by which the coral had been fastened was observed. It was free.

The stone kernels are short and obovate-conical, often slightly bent; they do not fill out the impression in more than the two upper thirds. The filling of the interseptal compartments ends at various heights, thus giving the stone-kernel an irregular, obliquely truncate appearance. This is probably due to the fact that dissepiments at different heights have prevented the chalk precipitate from penetrating to the bottom of the interseptal compartments.

The theca was thin, either quite smooth on its outer surface or covered with longitudinal stripes of small granulations without any actual costae formation. The septa did not extend beyond the edge of the calyx; its edge was entire and it soon bent down into the rather deep calyx. The sides were granulated with the small protuberances arranged in oblique rows. The medial septal edges were zig-zag, bent, and joined to the pseudo-columella.

There were about 32 septa in 1 incomplete and 3 complete cycles. Only the septa of the 2 first ordines reached the center, the others protruded but slightly from the edges of the theca. This is known from the stone kernel by the fact that the interseptal fillings lie adjacent, 2 and 2, with deep furrows between the separate groups and slight furrows between the fillings in the same group. This gives the stone kernel a two-serried (bi-seriate) appearance.

Locality: Senone. The zone with Scaphites constrictus: Cerithium chalk at Stevns Cliff.

18. Parasmilia cincta, n. sp.

Table IV. Figs. 10—12.

From the cerithium chalk from Stevns Cliff we have a couple of stone kernels and the impression of a coral, so characteristic that they permit determination.

The impressions are very long; the longest is 28 mm with a diameter of about 8 mm. The impressions show that the coral was long, shaped like a worm with many bends. The theca was thin, covered on its outer surface with quite prominent costae, broken by numerous epithecal lines running in a transverse direction, thus dividing the outer surface of the coral into many small quadrilaterals. No actual smooth epithecal covering was seen.

The fragments found were not sufficient to determine whether the coral was attached or free.

The stone kernels show traces of dissepiments, for they are short, and, measured by the impressions, only a fraction of the entire length of the coral. There were about 30 septa, that is to say, 4 ordines in 1 incomplete and 3 complete cycles.

The lateral surfaces of the septum were covered with rows of sharp granulations.

Locality: Senone. The zone with Scaphites constrictus. Cerithium chalk at Stevns Cliff.

19. Parasmilia parva, n. sp.

Table IV. Figs. 13—16.

This little species is easily recognised by its external appearance. It seems to be common to all the Danien strata.

Its form is obovate-conical, seen best in young specimens. When older it shows an inclination to irregularly curved elongations. It adheres by means of a small root extension.

The largest specimen known measures 15 mm in length and has a diameter at the edge of the calyx of about 5 mm. The majority of the specimens are much smaller.

The theca is dotted on its outer surface with thin costae. These are sometimes broken off, forming a row of small ridges.

The calyx is deep.

The septa protrude but slightly beyond the edge of the calyx and, as a rule, close to the thecal tissue, they sink deep into the bottom of the calyx. Here their inner edges unite, forming a pseudo columella the upper portion of which is just visible. The septal edge is wavy. The lateral surfaces of the septum are covered with rows of quite conspicuous granulations.

There are 24 septa, that is 3 ordines or 3 cycles. Of these the two first form columella, while the latter are but slightly developed and only protrude a little from the edge of the theca. In the lowest parts of the coral many dissepiments are seen, but no other endothecal formations.

Locality: Danien. Older Danien: Stevns Cliff; Kagstrup.
Younger Danien: Faxe, Rejstrup.

20. Parasmilia cylindrica, n. sp.

Table II. Figs. 29—30.

I have a great rarity from the white chalk from Stevns Cliff, — the remains of a single specimen of a coral which permits determination in spite of very insufficient material.

The fragment of the coral which was obovate-conical in form, with very gradual increase in breadth, so that the fragment is almost cylindrical, is 12 mm in length with a slightly bent axis. The diameter varies between 3—4 mm.

The theca is thin, without epithecum. Costae are present as very low, sharp ridges with protruding granulations here and there. The interstices between the costae are smooth.

The material at hand shows no calyx. There are 24 septa; 3 ordines or 3 cycles of which the 12 in the first and second ordines reach the center where they participate in the formation of a spongy pseudo-columella of considerable size.

In the interseptal compartments, especially in the lower parts of the coral, scattered dissepiments are found which seal the interseptal compartments.

Locality: Senone. The zone with belemnitella mucronata. White chalk, Stevns Cliff.

21. Parasmilia danica, n. sp.

Table IV. Figs. 17—18.

Only a single defective specimen of this species exists. The coral is 22 mm in length with a diameter of 16 mm at the edge of the calyx. It is obovate-conical with a straight axis. It seems to have adhered directly without any actual basic disc.

The theca is thin, without epithecum. Costae are wanting. The calyx is shallow, shows at the edge 48 septa, that is 5 ordines in 4 cycles. Of these the 3 first ordines connect with the large central columella which seems to be fasciculate, while the septa of the 2 last ordines are but slightly developed. The upper edge of the septa protrudes beyond the edge of the calyx. The lateral surfaces of the septa are covered with many rows of well-developed granulations.

Locality: Danien: Younger Danien. Bryozoa chalk at Faxe.

22. Parasmilia Lindströmi, Hennig.

Parasmilia Lindströmi. 1899. Hennig. Faunan i Skånes yngre Krita. III. Korallerne. Bihang til K. Sv. Vet. Akad. Handlingar. Band 24. Afd. IV. Nr. 8. S. 15. pl. 2. Figs. 18—33.

This species is included because HENNIG states that it is also found at Faxe. However, I have not been able to identify it with any form known in the Danish Danien. As I have been unable to obtain specimens from Sweden for comparison I have nothing to add to HENNIG's description.

Locality: Danien. Younger Danien. Limhamn. Faxe.

23. **Parasmilia Scanica,** Hennig.

Parasmilia scanica. 1899. Hennig. Faunan i Skånes yngre Krita. III. Korallerne. Bihang till K. Sv. Vet. Akad. Handl. Bd. 24. Afd. IV. No. 8. S. 20. Pl. 2. Figs. 34—36.

I have been unable to find any specimens of this species in the Danish deposits, nor have I been able to see any of the Swedish specimens.

Locality: Danien. Younger Danien. Limhamn.

24. **Flabellum calcitrapa,** v. Koenen.

Trochocyathus calcitrapa. 1885. v. Koenen. Ueber eine paleocäne Fauna von Kopenhagen. Göttingen. S. 105. Table V. Figs. 9 a—i.

As the now very complete and well-preserved material at hand permits us to see that no pali exist and that the theca is covered by the epithecum which forms slightly curving elongations of the longitudinal axis of the coral, the coral being bent, no doubt exists but that the species in question is a Flabellum and not a Trochocyathus. Nothing further is to be added to v. Koenen's description.

Locality: Danien. Younger Danien. Saltholm. Greensand: Vestre Gasværk and Southern Harbor, Copenhagen.

25. **Smilotrochus faxöensis,** Forchhammer and Steenstrup.

Table III. Fig. 1, 1 a. Table IV. Figs. 19—22.

The species belongs to those more commonly found in the coral chalk at Faxe.

It attains quite a considerable size, up to 30 mm in length, with an average diameter at the edge of the calyx of about 15 mm.

It is obovate-conical in form, increasing quickly in breadth, with, as a rule, a strongly bent axis.

The theca is quite thin with no epithecum of importance. The costa are but slightly conspicuous, however, opposite the 12 first septa they are plainly visible. The outer surface is covered with numerous fine granulations irregularly scattered over the entire surface. No basic extension was found and no stem.

There are 36—48 septa, 3 complete cycles and 1 incomplete one in ordines 1—4. The septal edge protrudes slightly from the edge of the calyx, then, forming a curve, goes back into the calyx. The edge is entire. There is no columella, but deep down in the coral the free septal

edges grow thicker and unite without, however, forming a central growth deserving of the name columella.

As a rule the 6 primary septa are found to be the best developed, but the 6 of the secondary order are often just as large and can not be distinguished from those of the primary. The remaining septa are small and undeveloped, projecting but slightly from the edge of the calyx.

The lateral surfaces of the septa are covered with numerous granulations arranged in the usual curved rows. Toward the inner edge of each septum the granulations are larger and those from adjacent septa may touch each other without merging. No dissepiments or other endothecal formations are seen. The interseptal compartments are always open in their entirety.

The stone kernel is very often seen and, on account of the absence of columella, solid and lasting. It is easily recognized by the 48 septal impressions of which every second one penetrates deep into the stone kernel while the alternating one is but slight (table IV, fig. 24).

Locality: Danien: Younger Danien: Coral chalk at Faxe. Limhamn and Aggersborggaard.

26. **Rhizotrochus crassus,** Forchhammer and Steenstrup

Table III. Fig. 4. Table IV. Fig. 25.

In the Zoological Museum is a stone kernel with corresponding impressions from the coral chalk at Faxe, which is a great rarity; nothing similar to it is to be found in the collection.

As there is only the single specimen, further investigations by means of cutting and polishing were impossible.

The stone kernel is 30 mm in length with a diameter at the edge of the calyx of 18 mm.

It is obovate-conical in form and regular, though the lower part of the axis is slightly bent.

The stone kernel shows traces of about 60 septa, — 4 complete cycles and the fifth incomplete (6 ordines). The impressions left on the stone kernel by the interseptal compartments show the same grouping in 4's with deep furrows between as in the species Ceratotrochus ambiguus. There were 12—16 larger septa, the others being small. The lateral surfaces of the septa were strongly granular like the inner side of the theca. The interseptal fillings have therefore a strange prickly appearance characteristic of the species and plainly visible. Table III, fig. 4.

The impression of the coral in the chalk shows that it has possessed a thick, smooth epithecum, forming toward the bottom a large basic disc. The upper part of the epithecum was smooth, the lower part and the basic disc, granular. Table IV, fig. 25.

There were no dissepiments, and as judging from the lowest section of the stone-kernel there was no columella, it seems justifiable to me to classify the specimen as Rhizotrochus species.

Locality: Danien: Younger Danien. Coral chalk, Faxe.

27. Amfihelia, Becki, n. sp.

Table IV. Figs. 26—32.

Oculina 1867. Johnstrup: Om Faxekalken ved Annetorp i Skaane. Oversigt o. d. K. D. Vid. Selsk. Forhandl. f. 1866. S. 9.

Oculina sp. 1888. Lundgreen: List of the fossil faunas of Sweden. III. Mesozoic, p. 7.

In Hennig's[1]) revision of the corals in the Danien deposits in Skaane in which he likewise mentions the forms from Faxe, we read in his introduction: "By *Oculina* sp. was meant a *Lobopsammia* or *Dendrophyllia* species which a secondary deposit of lime has given small calyx-like protuberances scattered over the stem."

In this Hennig was mistaken. In the material from the Mineralogical Museum in Copenhagen examined by Hennig there is a very easily recognized and characteristic coral form, which for many years has borne the label, "Oculina." However, after an examination was made of the recently acquired and well-preserved material (Ravn's Naese) we find that it is rightly determined only in so far as it belongs to the species, Amfihelia, closely related to Oculina. In honor of the man who more than half a century ago studied these corals, and in many instances in spite of the insufficient material then at hand had the correct conception of them, I am giving this form his name and calling it *Amfihelia Becki*.

The coral forms ramifying colonies of considerable extension. The stems do not increase particularly in size, older and younger stems being of practically the same size. Ramification occurs by gemmation, a new individual growing out from the edge of the calyx of the terminal individual. This new individual grows a little in length and under the edge of its calyx another new individual in turn grows forth. Irregularities sometimes occur, 2 or 3 individuals growing out of one calyx edge. Where two branches are contiguous, they continue to grow close together, forming a kind of net-work.

The calyx is not deep. The theca is solid, thickly coated with a granulated epithecum. The costae protrude but slightly like rows of prickles.

The septa hardly extend beyond the edge of the calyx; in the upper parts of the calyx they protrude but slightly beyond the theca; at the bottom of the calyx they touch the rather conspicuous, fasciculate columella. In certain of the calyces there appear to be formations at the inner end of the septa which seem to indicate pali. The septal edge is whole.

The septa are almost constantly present to the number of 27 (3 cycles, 3 ordines), of which the 2 first ordines reach the center, while the septa of the third ordo have, as a rule, no connection with the columella. A lengthwise cut through the stems shows that close under the calyx very compact endothecal formations are found which make the stems massive like those in other Oculina forms.

Locality: Danien: Younger Danien. Coral chalk, Faxe, Limhamn.

---

[1]) A. Hennig: Faunan i Skånes yngre Krita. III. Korallerne. Anhang till K. Sv. Vet. Akad. Handlingar. Bd. 24. Afd. IV. No. 8. 1899. S. 5.

CONTENTS

		Page
I.	Introduction	4
II.	Anatomical Conditions	6
III.	Stone kernels	9
IV.	Taxonomy	10
V.	The species grouped according to localities	11
VI.	Schematic list of the species and their localities	14
VII.	The separate species	14
1.	Haplophyllia faxensis, Beck.	14
2.	Dendrophyllia candelabrum, Hennig	16
3.	Sphenotrochus granulatus, n. sp.	17
4.	Sphenotrochus latus, v. Koenen	18
5.	Ceratotrochus ambiguus, Forchh. and Steenst.	18
6.	— Saltholmensis, n. sp.	19
7.	— Milthersii, n. sp.	19
8.	Epitrochus vermiformis, n. sp.	20
9.	— supra-cretacea, Hennig	21
10.	— pusillus, Forchh. and Steenst.	21
11.	Trochocyathus hemisphaericus, n. sp.	22
12.	Brachycyathus parvus, n. sp.	23
13.	Caryophyllia danica, n. sp.	23
14.	Coelosmilia excavata, v. Hagenow.	24
15.	— ponderosa, Forchh. and Steenst.	25
16.	— brevis, Forchh. and Steenst.	25
17.	Parasmilia biseriata, Forchh. and Steenst.	26
18.	— cincta, n. sp.	27
19.	— parva, n. sp.	27
20.	— cylindrica, n. sp.	28
21.	— danica, n. sp.	28
22.	— Lindströmi, Hennig.	28
23.	— scanica, Hennig.	29
24.	Flabellum calcitrapa, v. Koenen.	29
25.	Smilotrochus faxöensis, Forchh. and Steenst.	29
26.	Rhizotrochus crassus, Forchh. and Steenst.	30
27.	Amfihelia Becki, n. sp.	31

EXPLANATION OF TABLE I

Fig. 1. *Calamophyllia faxensis.* Pieces of branch $^1/_1$. Faxe.
— 2. — — Calyces $^4/_1$. Faxe.
— 3. — — Cross-section of branch $^4/_1$. Faxe.
— 4. — — Costae $^4/_1$. Faxe.
— 5. — — Cross-section of branch $^4/_1$. Faxe.
— 6. — — Lengthwise section of branch $^3/_1$. Faxe.
— 7. — — Lengthwise section with calyx $^2/_1$. Faxe.
— 8. *Dendrophyllia candelabrum.* Lengthwise section with calyx $^3/_1$. Faxe.
— 9. — — Costae $^3/_1$. Faxe.
— 10. — — Costae $^3/_1$. Faxe.
— 11. — — Tangential cut $^3/_1$. Faxe.
— 12. — — Mode of growth $^1/_1$. Faxe.
— 13. — — Porosity in theca. $^3/_1$. Faxe.
— 14. — — Young colony $^2/_1$. Faxe.
— 15. — — Calyx $^6/_1$. Faxe.
— 16. — — Cross section of branch $^6/_1$. Faxe.
— 17—20. — — Modes of ramification $^3/_1$. Faxe.
— 21. — — Cross-section of stone kernels $^3/_1$. Faxe.
— 22. — — Stone kernels. Surfaces $^3/_1$. Faxe.
— 23. *Sphenotrochus granulatus.* Outer surface of the coral $^4/_1$. Faxe.
— 24. — — Calyx $^4/_1$. Faxe.
— 25. — — Lengthwise section. Columella $^4/_1$. Faxe.
— 26. *Ceratotrochus saltholmensis.* Form of coral $^4/_1$. Saltholm.
— 27. — — Form of coral $^3/_1$. Saltholm.
— 28. — — Cross-section $^3/_1$. Saltholm.
— 29. — — Outer surface $^6/_1$. Saltholm.
— 30. — — Lengthwise section $^4/_1$. Saltholm.
— 31. — — Septa $^4/_1$. Saltholm.

The originals belong to the Mineralogical Museum of the University of Copenhagen.

EXPLANATION OF TABLE II

Fig. 1—2. *Epitrochus vermiformis.* $^2/_1$. 1. Outer surface. 2. Cross section. Bulbjærg.
— 3—4. — — $^3/_2$. 3. Outer surface. 4. Cross section. Stevns Cliff.
— 5—7. *Epitrochus pusillus.* $^4/_1$. Form of the coral. Faxe.
— 8. — — $^4/_1$. Highly developed costae. Faxe.
— 9—10. — — $^5/_1$. 2 Calyces. Faxe.
— 11. — — $^4/_1$. Lengthwise section. Faxe.
— 12. — — $^4/_1$. Tangential section. Faxe.
— 13. — — $^6/_1$. Young coral on hydro-coral. Faxe.
— 14. *Trochocyathus hemisphaericus.* $^2/_1$. Stone kernels. Cerithium chalk.
— 15. — — $^2/_1$. Outer surface from wax impression. Cerithium chalk.

Fig.16. *Brachycyathus parvus.* $^3/_1$. Stone kernels. Base. Faxe.
— 17. — — $^3/_1$. Stone kernels. Outer Surface. Faxe.
— 18. — — $^3/_1$. Stone kernels. Cross-section calyx. Faxe.
— 19—20. *Caryophyllia danica.* $^3/_1$. 19 Outer surface. 20. calyx. Faxe.
— 21. *Coelosmilia excavata.* $^1/_1$. Outer surface. Møen.
— 22—23. — — $^2/_1$. 22. Outer surface. 23. Cross section. Stevns.
— 24. — — $^2/_1$. Lengthwise section. Stevns.
— 25. — — $^3/_1$. Upper portion of the septum. Stevns.
— 26. — — $^1/_1$. Extended coral. Aalborg.
— 27—28. — — $^2/_1$. Stone kernels in flint. Møen.
— 29—30. *Parasmilia cylindrica.* $^3/_1$. 29. Outer surface. 30. Cross-section. Stevns.

The originals of Nos. 16—18, 21 and 26 belong to the Zoological Museum of the University of Copenhagen, the remainder to the Mineralogical Museum.

EXPLANATION OF TABLE III

Fig. 1. *Smilotrochus faxøensis.* $^1/_1$. 2 stone kernels. Faxe.
— 1 a. — — $^1/_1$. 2 stone kernels. Faxe.
— 1 b. *Ceratotrochus ambiguus.* $^1/_1$. Stone kernels. Faxe.
— 2—3. *Coelosmilia brevis.* $^1/_1$ Stone kernels. Faxe.
— 4. *Rhizotrochus crassus.* $^1/_1$. Stone kernels with well preserved impressions showing the large basic disc. Faxe.
— 4 a. — — $^2/_1$. Impression of the lateral surfaces of the septum. Faxe.
— 5—6. *Ceratotrochus ambiguus* $^1/_1$. Stone kernels. Faxe.
— 6 a. — — $^1/_1$. Stone kernels cross-section. Faxe.
— 7 a, b, c, d, e. *Epitrochus pusillus.* $^1/_1$. Corals of var. forms & sizes. Faxe.
— 7 f. — — $^3/_1$. Calyx. Faxe.
— 7 g. — — $^3/_1$. Lengthwise section. Faxe.
—8, 8 a. *Coelosmilia excavata.* $^1/_1$. 2 corals. Møen.
— 8 b. — — . $^1/_1$. Lengthwise section. Møen.

Fig. 8 a. has been used by Puggaard as Fig. 9 in his Geology of Møen, p. 66.

Under the original tables is written: Monomyces Ehrb.

1. M. faxøensis n.
2—3. M. brevis. n.
4. M. crassus n.
5. M. elongatus Schloth.
6. M. ambiguus.
7. M. pusillus.
8. M. excavata v. Hagen.

All the originals belong to the Zoological Museum of the University of Copenhagen.

EXPLANATION OF TABLE IV

Fig. 1—2. *Coelosmilia ponderosa.* $^1/_1$. 1. Outer surface. 2. Cross section. Aalborg.
— 3. — *brevis.* $^1/_1$. Section of Stone kernel. Faxe.
— 4. — — $^2/_1$. Fractional part of an impression. Faxe.
— 5. *Parasmilia biseriata.* $^3/_1$. Stone kernels and impressions. Cerithium chalk.
— 6. — — $^2/_1$. Impression. Cerithium chalk.
— 7. — — $^3/_1$. Wax model. Cerithium chalk.
— 8. — — $^2/_1$. Stone kernels. Cerithium chalk.
— 9. — — $^4/_1$. Cross-section of stone kernels. Cerithium chalk.

Fig. 10. *Parasmilia cincta*. $^{2}/_{1}$. Wax model. Cerithium chalk.
— 11. — — $^{3}/_{1}$. Stone kernels. Cerithium chalk.
— 12. — — $^{1}/_{1}$. Impressions. Cerithium chalk.
— 13—14. *Parasmilia parva*. $^{6}/_{1}$. 13. Outer surface. 14. Calyx.
— 15—16. — — $^{6}/_{1}$. 15. Outer surface. 16. Dissepiments.
— 17—18. *Parasmilia danica*. $^{2}/_{1}$. 17. Lengthwise section. 18. Calyx. Faxe.
— 19. *Smilotrochus faxoensis*. $^{3}/_{1}$. Outer surface. Faxe.
— 20—21. — — $^{4}/_{1}$. 20. Outer surface. 21. Calyx. Faxe.
— 22. — — $^{3}/_{1}$. Lengthwise section. Faxe.
— 23—24. — — $^{3}/_{1}$. Stone kernels. 24. Cross-section. Faxe.
— 25. *Rhizotrochus crassus*. $^{2}/_{1}$. Wax impression of basic disc. Faxe.
— 26. *Amfihelia Becki*. $^{3}/_{1}$. Piece of branch. Faxe.
— 27. — — $^{4}/_{1}$. Piece of branch. Faxe.
— 28. — — $^{3}/_{1}$. Lengthwise section. Faxe.
— 29—30. — — $^{3}/_{1}$. Piece of branch. Faxe.
— 31. — — $^{4}/_{1}$. Cross-section just below calyx. Faxe.
— 32. — — $^{4}/_{1}$. Cross-section in calyx. Faxe.

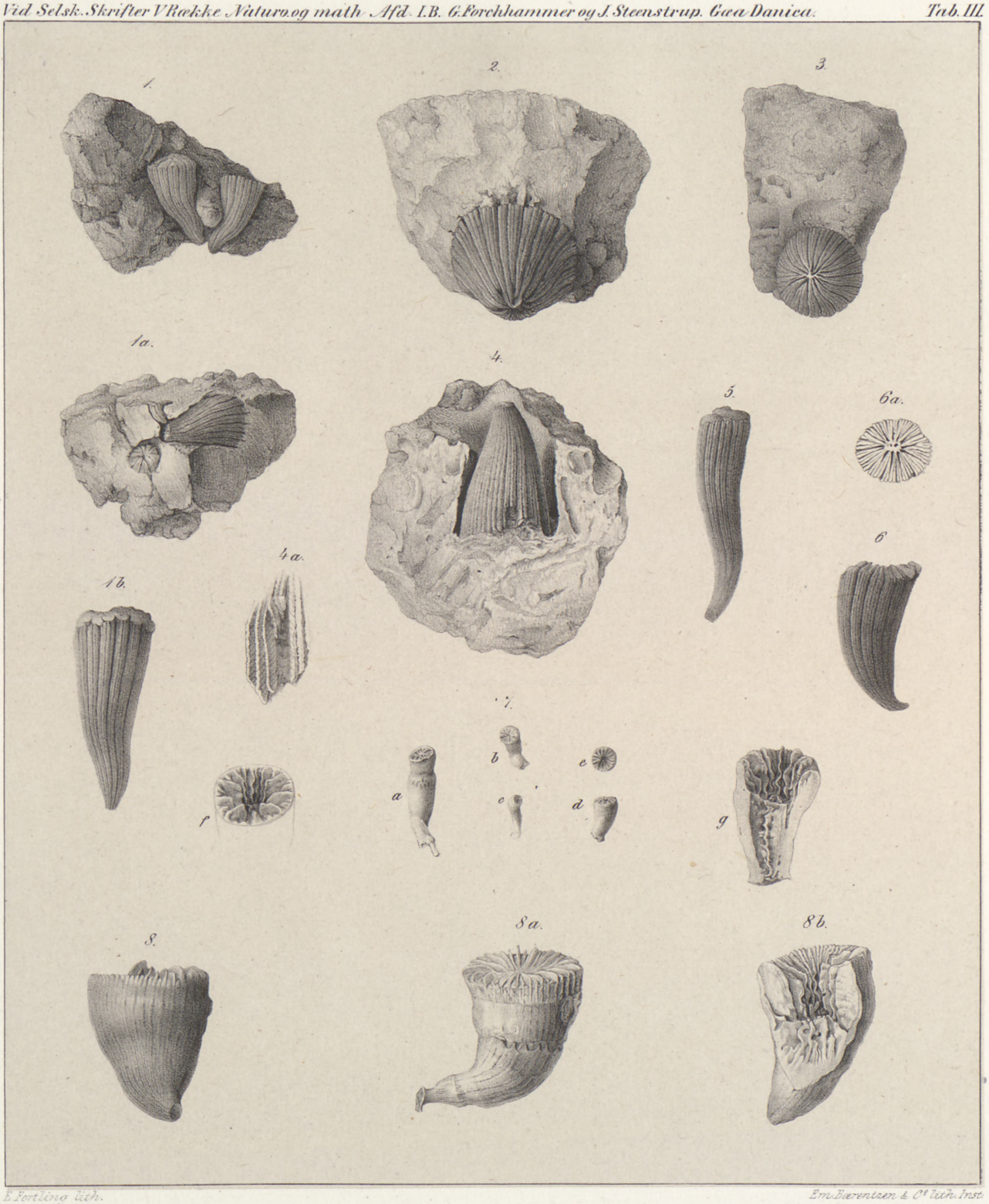
The originals of Nos. 1—2, 3, 4, 25 belong to the Zoological Museum of the University of Copenhagen, the others to the Mineralogical Museum.

St. Hentze del.

Fototypi. Pacht & Crones Eftf.

St. Hentze del.

Fototypi. Pacht & Crones Eftf.



E. Fortling lith. Em. Bærentzen & Co. Lith. Inst.

Monomyces Ehrb.?

1. M. faxöensis. n.
2-3. M. brevis. n.
4. M. crassus. n.
5. M. elongatus. Schloth.
6. M. ambiguus. n
7. M. pusillus. n.
8. M. excavatus. v. Hagen.

St. Hentze del.

Fototypi. Pacht & Crones Eftf.

BIDRAG

TIL

DE DANSKE SIMULIERS NATURHISTORIE

AF

AXEL PETERSEN

MED 2 TAVLER, 53 FIGURER OG 1 KORT I TEXTEN

D. KGL. DANSKE VIDENSK. SELSK. SKRIFTER, NATURVIDENSK. OG MATHEM. AFD., 8. RÆKKE, V. 4.

KØBENHAVN

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

BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

1924

INDLEDNING

I lange Tider har Kvægmyggene tiltrukket sig Forskeres og Lægmænds Interesse; bekendt er de mægtige Angreb i Ungarn, beskrevne i sidste Halvdel af det 18de Aarhundrede.

Herhjemme omtaler først With (1839—40) dødelig forløbende Angreb paa Kvæg 1834 ved Ry (Skanderborgegnen) og ved Lyngballegaard pr. Hammel (Hammelegnen). Der hengaar derefter ca. 40 Aar, inden Kvægmyggene atter her i Landet henleder Opmærksomheden paa sig; efter Lihmes Meddelelse (1878) viste de sig paa Silkeborgegnen i August 1874 og foraarsagede de følgende Aar Død hos Kvæg i Skovegnene; i Maj 1878 kulminerede Angrebene, idet der dræbtes ca. 40—50 Stk. Kvæg og 2 Heste. J. C. Schiødte skrev, foranlediget herved, 18. Maj 1878 i »Berl. Tidende« om Kvægmyg og deres Udvikling.

I de følgende Aar foreligger fra Udlandet Beretninger om Kvægmyggenes Hærgninger navnlig langs nedre Mississippi. Da Angreb med fornyet Styrke indtræffer forskellige Steder i Europa, særlig i Tyskland (Østpreussen og Hannover), og da der efterhaanden meddeles om Angreb baade overfor Kvæg og Mennesker fra næsten hele Kloden, opstaar der baade i Europa og Amerika en mægtig Litteratur; Wilhelmi opfører saaledes 1920 ca. 400 Numre.

Efter et andet ca. 40-aarigt Interval begynder 1914 atter Kvægmygangrebene i Danmark navnlig i Egnene om Gudenaa og Nørreaa i Jylland og fortsættes med stigende Styrke til 1920 (et Angreb paa Tærø fandt Sted 1918). Om Angrebene fra 1914—18 har B. Bang 1918 givet Meddelelse i en udmærket Afhandling. Sammenholdes dette med Beretningerne fra 1878 og efterfølgende Oplysninger, vil det ses, at rent betydningsløse er Kvægmyggenes Angreb til Tider ikke her i Landet. Nogen bestemt Angivelse for Tabenes Størrelse fra 1914—20 har jeg ikke, men skal anføre Tabene fra det enkelte Aar 1918, i hvilket de var størst. Der tilførtes dette Aar Destruktionsanstalten paa Silkeborg Andelssvineslagteri 16 Kreaturer, døde efter Simuliumangreb, til en samlet Værdi af 3,900 Kr. Gennem Medlem af Folketinget, Amtsforvalter N. P. Jensen blev der til Rigsdagen indgivet Ansøgning om Erstatning for 34 Stykker Kvæg (dræbt i Midtjylland) til en samlet Værdi af 14,125 Kr. Føjes til dette Værdien af 13 Stk. Kvæg, der døde efter ovennævnte Angreb paa Tærø, faar man et Begreb om Tabets omtrentlige Størrelse dette Aar, idet det maa erindres, at der yderligere af Simuliumstik er død en Del Kreaturer, om hvilke der ikke foreligger særlig Meddelelse. — Ved det store Angreb i Egnene øst for Gudenaa, ved Linaa, Laasby, Tovstrup 11. Maj 1920 døde der efter Hedelund ca. 20 Stk. Ungkvæg. Siden 1920 er der efter de

Oplysninger, jeg har kunnet skaffe, kun forefaldet et enkelt dødeligt Angreb, der er kommen til Offentlighedens Kundskab. Jeg har forespurgt 10 Dyrlæger fra de Egne, der sædvanlig plejer at lide under Kvægmyggenes Hærgning, og af deres Svar fremgaar det, at der vel enkelte Steder er forekommet ogsaa aarlige Angreb, men kun Dyrlæge Carl Petersen, Viborg, anfører, at der hvert Aar fra 1918—22 er optraadt spredte Tilfælde i Nørreaadalen og ved Hald Sø, og at der 23. V. 22 døde 2 Ungkreaturer og 2 Faar. At der i Perioderne mellem de store Angreb finder mindre Sted, at der nu og da dør enkelte Dyr ved Simuliernes Stik, er der ingen Tvivl om; men de store Angreb synes efter at have naaet et Højdepunkt at udeblive adskillige Aar; som før nævnt har vi her i Danmark fra Trediverne i forrige Aarhundrede haft saadanne med ca. 40-aarige Mellemrum.

Som Dyrlæge med entomologisk Interesse henledtes min Opmærksomhed tidlig paa Kvægmyggene herhjemme, og Bernhard Bangs Arbejde 1918 bevirkede, at min Interesse for dette Spørgsmaal øgedes. Særlig syntes det mig af Betydning, at de Kvægmyg, der fremkaldte Angrebene blev sikkert bestemt. Det forekom mig beskæmmende, at vi stadig stod uden tilstrækkelig Viden om de nødvendige Karakterer til at kunne foretage en sikker Bestemmelse af Arterne; af Erfaring vidste jeg, hvor usikre Resultater Benyttelse af de da foreliggende Haandbøger har givet, og jeg fik da den Tanke, at man ved Iagttagelser over Simuliernes yngre Stadier, deres Larver og Pupper, maaske kunde finde saadanne Karakterer, at Arterne lettere kunde adskilles paa disse tidlige Trin; fremdeles at man ved en mulig foretagen Klækning af begge Køn, kunde adskille de forskellige Arter som Imagines. Meigen slutter Omtalen af Simulierne i 1ste Del af sit store Værk (1818) med følgende Ord: »Ueberhaupt ist bei dieser Gattung noch lange nicht alles im Reinen; und man wird nicht eher sichere Artbestimmungen machen können, bis man von jeder zuverlässig beide Geschlechter kennt«; der skulde gaa omtrent 100 Aar, før dette ønskede Resultat blev naaet!

Min Hensigt var da at samle Bidrag til de danske Kvægmygs Naturhistorie, først til deres Systematik, saaledes at mine Undersøgelser kunde supplere Bangs før nævnte Afhandling; jeg begyndte dette Arbejde i Sommeren 1918. Jeg saa snart, at Forholdene var vanskelige at bringe Rede i og besluttede da at foretage saa vidt muligt maanedlige Indsamlinger af Simuliernes yngre Stadier i Aarene 1918—19, dels i Aaløbene omkring Ringsted og dels, da Bang havde rejst Spørgsmaalet om Simuliernes Forhold i Vestjylland og dets store Vandløb, i Kongeaa ved Villebøl; hermed har mine derboende Slægtninge været mig behjælpelige. Der kom dog først nogen Fart i Arbejdet, da jeg rent tilfældig lærte at klække Pupperne »tørt«, idet der i en Sending Materiale, hvori der var mange Pupper, undervejs var klækket en stor Mængde af disse, saa at en hel Skare Imagines fløj ud, da Kassen aabnedes. Indtil Efteraaret 1919 havde jeg klækket 3 Arter og identificeret deres Larver; i August 1920 var 9 af de 10 Arter, som hidtil er fundne her i Landet, klækkede; flere af disse Arter opførte jeg som nye, men det har senere vist sig[1]), at de dels tidligere, dels samtidig er beskrevne i tyske, amerikanske eller engelske Arbejder. Ganske naturlig førte

---

[1]) Jeg kom først i Besiddelse af Edwards Arbejder Foraaret 1921.

disse Undersøgelser, der til at begynde med væsentlig havde systematiske Formaal, mig ogsåa ind paa Simuliernes biologiske Forhold, og da Emnet saa levende fangede min Interesse, og da Prof. WESENBERG-LUND opfordrede mig til at fortsætte Arbejdet, satte jeg som mine Undersøgelsers Maal at forsøge paa at besvare den Prisopgave, som Det kgl. danske Videnskabernes Selskab stillede i Foraaret 1920: En faunistisk, biologisk Undersøgelse af vore Kvægmygarter; Prisen for denne tilkendtes mig 1922. Det er dette Arbejde, der efter et Aars yderligere Undersøgelser i forøget Form forelægges Offentligheden. I Arbejdet er Hovedvægten lagt paa Dyrenes Faunistik og Systematik, men ganske fortrinsvis dog paa deres Biologi. Af Litteraturen, der har været meget vanskelig tilgængelig, er kun den medtaget, der har særlig Betydning for Arbejdets Udførelse.

Materialet er ganske overvejende indsamlet af mig selv og stammer fortrinsvis fra midtsjællandske Vandløb og fra Kongeaa; desuden fra Hallebyaa (Bromølle), Gudenaa (ved Resenbro og Ry), fra en stor Del af Silkeborgegnens mindre Vandløb, fra Ommeaa, fra enkelte af Sønderjyllands vestre Aaer samt fra enkelte Vandløb andre Steder i Landet; desuden har Professor WESENBERG-LUND, der paa forskellig Maade har støttet mit Arbejde, i Vinteren 1922 givet mig Lejlighed til at undersøge Universitetets ferskvandsbiologiske Laboratoriums Indsamlinger (ca. 80 Glas) af Simuliernes yngre Stadier fra forskellige Egne af Landet, i det væsentlige Egne, jeg ikke selv har besøgt. Endelig har Professor BOAS givet mig Adgang til at undersøge Veterinærskolens Samling af Simulier, af hvilke flere er tagne fra Angreb her i Danmark. I Foraaret 1920 foretog jeg, udsendt af Landbrugsministeriet paa Professor B. BANGS Indstilling, en Rejse til Silkeborgegnen; for Rejsens Resultater er der gjort Rede i dette Arbejde. Jeg bringer Ministeriet og Professorerne WESENBERG-LUND, B. BANG og BOAS min bedste Tak. Sluttelig er det mig en Glæde at takke Professorerne C. O. JENSEN og CHRISTIANSEN, Doctorerne F. W. EDWARDS, British-Museum, I. R. MALLOCH og BØVING. Dep. of Agriculture, Washington samt Dr. FRIEDERICHS, Rostock; Entomologen I. P. KRYGER, Mag. sc. KAI HENRIKSEN og flere af mine Kolleger, blandt hvilke jeg særlig vil nævne Dyrlæge A. NIELSEN, Silkeborg, er jeg ogsaa Tak skyldig for den Hjælp, de paa forskellig Maade har ydet mig.

Tegningerne er efter mine Præparater udførte af Lærerinde ved Ringsted kommunale Skole Frk. EMILIE MANDRUP-POULSEN, hvem jeg her bringer min bedste Tak.

I Overensstemmelse med Opgavens Ordlyd har jeg kun i ringere Grad beskæftiget mig med Simuliernes Anatomi. Af Hensyn til Forstaaelse af det følgende, og fordi der fra den senere Tid ikke foreligger nogen samlet Oversigt over de nyeste Forskningsresultater paa dette Omraade, skal jeg, støttende mig væsentlig til MEINERTS, JOHANNSENS, STRICKLANDS, POMEROYS, MALLOCHS, EDWARDS og FRIEDERICHS Arbejder, give en kortfattet Skildring af Simuliernes Legemsbygning. Om end det, jeg meddeler, intet væsentlig nyt indeholder, bemærkes dog, at det fortrinsvis er udarbejdet paa Basis af Præparater, jeg selv har fremstillet, og som ledsagede Afhandlingen.

Alle Figurer med Undtagelse af 1—3, 13, 14, 32, 45, 48 samt 51—53 er tegnede ved Hjælp af Abbés Tegneapparat (Zeiss.); der er anvendt Leitz' Mikroskop. Følgende Oculærer og Objectiver er benyttede:

Til Larvens	Antenne	occ.	III	obj.	VI	Til Pupperør.....	occ.	I	obj. III
- —	Vifte	—	III	—	III	- Imagos Mandibler og Maxiller.	IV	—	VI
- —	Mandibel....	—	I	—	VI	- Hypopygium.....	—	IV	— III
- —	Maxil.....	—	I	—	VI	- Adminiculum	—	IV	— VI
- —	Mentum.....	—	III	—	VI	- Fodled	—	III	— III
- —	Hypopharynx	—	I	—	VI	- Kløer	—	III	— VI

Ringsted, Juni 1923.

Historisk Oversigt.

Linné var den første, der beskrev Kvægmyggene, idet han opførte to Arter i sin Fauna Svecica, 1746, under Slægtsnavnet *Culex*: *C. niger* og *C. ater*, senere beskrevne i Systema Naturæ, 1767, som *C. reptans* og *C. equinus*. Linné beskriver ikke alene disse to Arter systematisk, men ogsaa deres Færd, idet han betegner *C. reptans* »knott«, som den, der særlig i Lapland plager Mennesket, medens *C. equinus* angriber Hesten. *C. equinus* omtales 1764 af Brünniche, der dog ikke synes selv at have set den, af O. F. Müller 1764 og af I. C. Fabricius 1775, 1781.

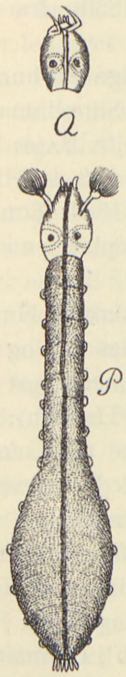


Fig. 1.

Eichhorn (1781) fandt først Simuliumlarven (Fig. 1) 1770 i rindende

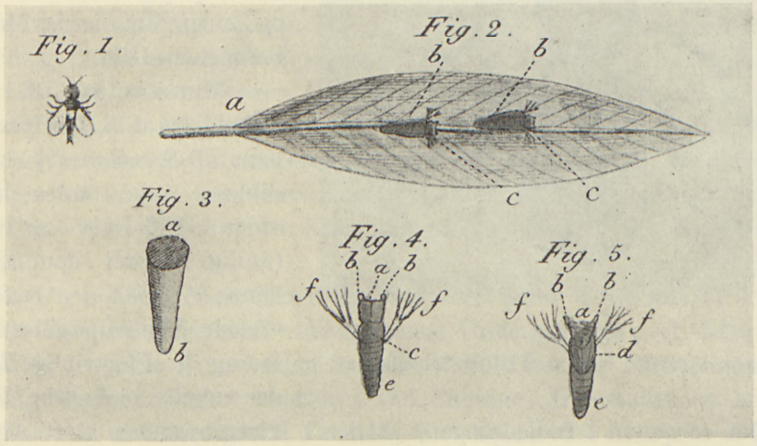


Fig. 2.

Fig. 1: Simulimularve (*P*) og dens Hoved med sammenfoldede Vifter (*Q*) (efter Eichhorn).
Fig. 2: Imago, (♂,) *(Fig. 1)*. Pupper paa et Blad af en Vandplante. *(Fig. 2)*, Cocon *(Fig. 3)* og Pupper udtagne af Coconen *(Fig. 4 og 5)* af *Tipula* sericea = *S.* venustum Say (?) (efter Otto Fabricius).

Vand og iagttog dens Forvandling til Puppe (ikke til Imago). Otto Fabricius (1784) tog i Juli 1778 i en ikke hurtig løbende norsk Flod i Drangedal i Telemarken en Simulium-puppe med 6 Pupperør og iagttog dens Udvikling til Imago, Han. Han beskrev den som *Tipula sericea* (Fig. 2).

Det første Arbejde, der indgaaende omhandlede Kvægmyggene som Dyr, der foraarsager betydelig Skade ved Angreb paa de udegaaende Husdyr, var Schönbauers (1795). Han beskrev Myggen[1]) og bestemte den først til *C. reptans* L., men senere

[1]) Som Meinert anfører, har S. sikkert kun kendt Hunnen; hans Tegning er udført efter en Hun.

opfattede han den som en ny Art og gav den Navnet *C. columbaczensis* (Fig. 3). Schönbauer omtaler, at Brünniche paa sin Rejse til de banatiske Bjærgværker har iagttaget dette Insekt og skal have været den første Naturforsker, der har beskrevet det i en paa Dansk affattet Afhandling. Medens Schönbauers Arbejde blev meget kendt, er dette ikke i lige saa høj Grad Tilfældet med et meget betydeligt Arbejde af Verdat (1830); han offentliggjorde i et Foredrag i det naturvidenskabelige Selskab i Basel 1821 sine fortrinlige Iagttagelser over Larve, Puppe og Imago af Arten *S. sericea* (Efter Edwards: *S. ornatum*), der fandtes i rigelig Mængde i Egnen om Delémont. Af systematiske Arbejder fra første Halvdel af forrige Aarhundrede skal nævnes Meigens (1818; 1830; 1838), Fries' (1824) og Zetterstedts (1850); fra sidste Halvdel Schiners (1864).

Fig. 3.
Culex Columbaczensis. Schönb. ♀ (Efter Schönbauer).

Der foreligger fra forrige Aarhundrede adskillige Meddelelser om Simuliumangreb forskellige Steder i Europa (jfr. Bang 1918); With omtaler som nævnt Side 3 dødelig forløbende Angreb i Danmark 1834; Schiødte og Lihme Simuliernes Masseoptræden i Silkeborgegnen 1878.

Meinert har 1881 beskrevet Hunnens Munddele af *S. fuscipes* Fries (?) og Hannens af *S. reptans* (?) (han mener, at Mandiblerne ikke findes hos Hannen); endvidere 1886 Larve og Puppe af *S. ornatum* (mulig tilhører den afbildede Larve ikke denne Art, da den er forsynet med veludviklede Ventralpapiller). Afhandlingerne er ledsagede af fortrinlige Tegninger og indeholder enkelte biologiske Iagttagelser.

Det er nævnt i Indledningen, at der i Kvægmyggenes store Angreb i Danmark har gjort sig en vis Periodicitet gældende; noget tilsvarende ses i andre Lande; medens Kvægmyg vel har været en stadig Plage f. Eks. i de nedre Donaulande og velkendt der i over 200 Aar, gør enkelte Aar sig ogsaa der særlig bemærkede ved store Tab; dette gælder navnlig Aarene 1783, 1813, 1880 og 1895 (Hutyra og Marek 1913). I de mellemliggende, undertiden meget lange Perioder er derfor ofte den Litteratur, der ganske naturligt især er knyttet til de Aar, hvor Befolkningen har lidt store Tab ved Angrebene, atter gaaet i Glemme eller bleven vanskelig tilgængelig; ikke sjælden tog derfor et foreliggende Arbejde ikke Hensyn til de Resultater, der tidligere var naaet.

I Nord-Amerika er Kvægmyg navnlig en Plage i Canada og de nordlige Stater, men ogsaa langt mod Syd som i Louisiana og Florida; de ofte nævnte store Oversvømmelser i den lavere Mississippidal og omliggende Egne gav allerede fra 1860 og følgende Aar Anledning til store Hærgninger blandt Husdyrene; foranlediget herved udsendte Riley

(1884) tildels i Forbindelse med Howard og Webster en Række mindre Arbejder omhandlende Simuliernes Optræden, Ødelæggelser paa Kvæget samt forebyggende Foranstaltninger derimod. Navnlig Webster, der besøgte de paagældende Egne, fik stor Betydning for Bekæmpelsen af Simulierne; i en meget levende fortalt Beretning (1904), der indeholder adskillige biologiske Iagttagelser, meddeler han, at Bestræbelserne for at bekæmpe Plagen, navnlig ved et effektivt Inddigningssystem, er kronede med Held.

Miall (1895) behandler indgaaende Simuliernes yngre Stadiers, navnlig Larvens Biologi, og Taylor (1902) gør Rede for Pupperørenes Funktion. Bergman meddeler (1903) om Kvægmyggenes Hærgninger i Sverige (1896, 1901—02) og giver en fængslende Skildring af Kolumbaczermyggen i Donaulandene, som han har besøgt. 1903 udsendte Johannsen en betydelig Afhandling om nordamerikanske Simulier, navnlig deres yngre Stadier; den er ledsaget af udmærkede Illustrationer og Bestemmelsestabeller. Han gør opmærksom paa, at Hunnens Klo enten er simpel eller »bifid« (tandet.), at Pupperørenes Antal for en given Art er konstant, at Pletterne paa Oversiden af Larvens Hoved kan veksle i Udseende og Analgællerne i Form hos forskellige Arter.

Headlee omtaler (1906) Analgællerne hos *S. pictipes* Hagen og deres Funktion.

1910 fremkommer Ussing med en interessant Meddelelse om, at han i Nørreaa ved Randers i Marts Maaned samme Aar paa en Dybde af 2 Meter fik en Mængde Simulium-Larver op ved Skrabning, (han ansaa Bunden paa sine Steder for at være tæt besat med dem).

Den afdøde finske Forsker Lundstrøm (1911) er den første, der har optaget Studiet af Simuliumhannernes Genitalier og paavist konstant Forskellighed i deres Bygning hos de forskellige Arter og dermed deres systematiske Betydning. Paa Grundlag heraf bestemte han de finske Simulier (14 Arter), men hovedsagelig kun Hannerne, idet han manglede Kendskab til Hunnernes Karakterer og til Klækning af Pupperne. Hans Arbejde er af grundlæggende Betydning.

Om Simuliernes Parasiter, Mermitider og Protozoer skrev Strickland 1911 sin første Afhandling, der 1913 efterfulgtes af videregaaende Undersøgelser over dette Emne.

I Nord-Amerika og England er der, siden Sambon 1905 (Pomeroy 1916) fremsatte sin Theori om, at Pellagra skulde kunne overføres ved Simulier, fremstaaet en betydelig Litteratur med det Formaal at udrede dette Forhold; her skal nævnes Arbejder af Forbes (1912), Jennings and King (1913), Malloch (1914), Hinchman Stokes (1914), Edwards (1915) og Pomeroy (1916). Malloch beskriver i sit værdifulde systematiske Arbejde en Mængde nye amerikanske Arters Larver, Pupper og Imagines; han har dog ikke kendt Lundstrøms Undersøgelser over Hannernes Genitalier og benytter ikke disse ved Bestemmelsen; dette gør derimod baade Edwards og Pomeroy. Edwards giver i sin Afhandling en systematisk Beskrivelse af de engelske Simuliers Imagines; sammenholdt med dens anden Del (1920), der omhandler de yngre Stadier og er ledsaget af supplerende Tilføjelser til første Del samt udmærkede biologiske Oplysninger,er den et af de betydeligste nyere Arbejder. Edwards har beskrevet 16 (maaske 17) engelske Arter.

I Tyskland og Danmark har de i begge Lande siden 1914 indtrædende ret betydelige Angreb igen øget Interessen for Studiet af Simulierne. Vel er der i Tyskland i Tiden fra 1900 til 1914 forekommet Angreb af Kvægmyg, saaledes fra 1905 i Egnene ved Leine og Aller i

Hannover, men først fra 1914 og i de efterfølgende Aar bliver de alvorlige, og der dør mange Dyr. Blandt de tyske Forskere, der fra disse Aar og senere har behandlet Emnet, skal navnlig fremhæves FRIEDERICHS, der har udsendt en Række mindre og større Arbejder (1916, 1919, 1920, 1921 o. fl.) — de betydeligste er Untersuchungen über Simuliiden I og II med Beskrivelse af tyske Simulier i alle Stadier, ledsagede af værdifulde biologiske Iagttagelser.

I 1917 giver BERGMAN Meddelelse om Dødsfald blandt Kvæg i Västergötland foraarsaget af *Melusina reptans*, og 1918 udsender BANG »Kvægmyg som Aarsag til Sygdom«, foranlediget ved Angrebene i Egnene om Gudenaa og Nørreaa. Foruden en historisk Oversigt over Kvægmyggenes Optræden i forskellige Lande i Europa, særlig i Tyskland, og i Amerika giver sidstnævnte Forfatter en Skildring af deres Angreb i Danmark, baade 1834, 1878 og navnlig i Aarene 1914—18, endvidere af Vejrforholdene omkring de store Udbrud; sluttelig omtales indgaaende Symptomer og Behandling. BANG slaar fast, »at Simulier ogsaa her i Danmark ingenlunde sjælden fremkalder Forgiftning, navnlig hos Kvæg; at Sygdom og Dødsfald ved Kvægmygforgiftning ofte er bleven miskendte, og at Myggene indpoder et Giftstof, der virker særlig stærkt paa Hjærtets Nerver«.

WILHELMI har 1920 udsendt en lille Haandbog, der er meget nyttig ved Studiet af Simulierne, idet den indeholder en Extrakt af en mægtig Litteratur (ca. 400 Numre) og desuden Forfatterens egne Iagttagelser. Fra 1921 foreligger ENDERLEINS »Das System der Kriebelmücken« og fra 1922 en lille Afhandling af CAMERON omhandlende en Canadisk Kvægmygart, *S. simile* Mall., morfologisk og biologisk beskrevet. 1923 har TONNOIR givet nogle foreløbige Meddelelser om sine biologiske Iagttagelser over Simuliumlarverne paa Ny Zeeland; han hævder, at Fodskiverne hos Larverne ikke virker som Sugeskaale og beskriver Larvens Bygning af Coconen hos *S. Tillyardi*.

Kap. I.

Morphologisk Oversigt over Simuliernes Æg, Larver, Pupper og Imagines.

Æggene.

Simuliernes Ovarier er pæreformede. Æggene i disse er efter Modningsgraden af forskellig Form; de nydannede er runde, derefter bliver de ovale, og de modne Æg er som Regel trekantede i Gennemsnit med runde Hjørner. Længden kan være fra ca. 0,25—0,30 mm; Bredden ca. 0,15—0,20 mm; de er forsynede med en sejg Skal; de nylig lagte Æg er mat hvide; senere ændres Farven til lys gul, brun eller næsten sort, vistnok forskellig efter Arterne. Modne Æg fra Æglederen af en Hun af *S. latipes* var lys gule. I det nylagte Æg ser man en kornet Masse, senere en bælteformet Dannelse; naar Fosteret er fuldt udviklet, skinner den embryonale Larves fire Øjepletter igennem Skallen.

Larverne.

Den fuldtudviklede Larves Længde ligger mellem 6 og 10 mm. Legemets Form er langstrakt, noget cylindrisk, indsnævret paa Midten; den bageste Tredjedel er sværere,

kølleformet og viser sig i hvert Tilfælde hos nogle Arter affladet paa Bugsiden. Foruden Hovedet er der 12 Led.

Hovedet er tydelig afsat, længere end bredt, har fortil en but Spids og er nærmest 5-kantet af Form. Hovedets Ydre dannes af en kraftig Chitinkapsel, der er gennemskinnelig. I Cellerne under Chitinen aflejres Pigment; hos unge og undertiden ogsaa hos ældre Larver viser hele Kapslen sig mørkt pigmenteret, men som Regel finder denne Pigmentaflejring Sted i bestemt beliggende Celler, saaledes at der dannes ret konstante Tegninger (Fig. 32). Tegningerne paa Hovedets Overside kan deles i en Centraltegning og Nakkepletterne; paa Siderne kan over Øjnene findes en mørk Bue (»Øjenbryn«, EDWARDS), under og bag disse enkelte Pletter samt to Pletter mediant for Følehornenes Rod. Centraltegningen bestaar hos vore hidtil kendte Arter enten af fire store Pletter eller en H-lignende Tegning; i første Tilfælde findes to langstrakte Pletter i Medianlinjen, den bageste er som Regel længst; de er ofte kileformede med Spidserne vendt mod hinanden; der er et lille Mellemrum imellem dem; ud for dette staar til hver Side en mindre ofte skraatstillet Plet. Pletternes Form og Stilling kan variere hos de forskellige Arter, som Regel er de korsstillede. Den H-lignende Tegning kan staa enten paa klar eller brunlig-skyet Bund. Umiddelbart efter et Hudskifte er Hovedet ganske hvidt. Disse Tegninger, der er ret karakteristiske for Arten — hos flere Arter ligner de dog hinanden overmaade meget — optræder allerede hos de ganske unge Larver; selv om de er underkastede nogen Variation, giver de dog — sammenholdt med andre Karakterer — et værdifuldt Hjælpemiddel til Bestemmelse af Larven. JOHANNSEN og POMEROY er, saavidt mig bekendt, de første, der har gjort opmærksom paa dette Forhold.

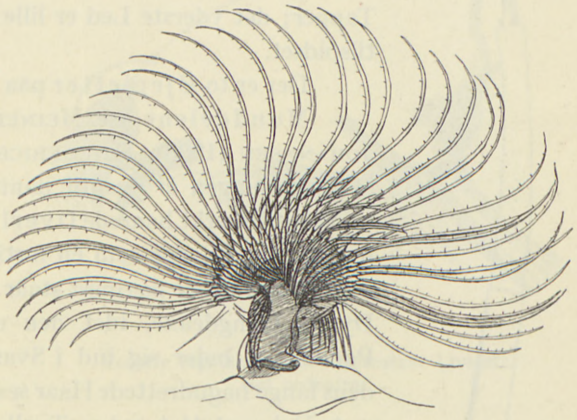


Fig. 4.
Højre Vifte af *S. subornatum*. Edw. Set nedenfra.

Kroppens Farve er forskellig hos de forskellige Arter, men ikke konstant og ofte ret udvisket; den kan være gul, brun, rødbrun, gulgrøn, mørkegrøn indtil næsten sort. Leddenes Mellemrum er lysere, men Ringtegningen ofte ret utydelig, tydeligst er den hos *S. argyreatum*. Spindekirtlernes og Tarmindholdets Farve synes ogsaa at paavirke Farvebilledet.

Vifterne (Fig. 4), der ofte er beskrevne i Litteraturen (MEINERT (1886), JOHANNSEN (1903), STRICKLAND (1911) o. fl.), bør efter min Opfattelse bedst beskrives saaledes: fortil paa Hovedet, hvor Tilspidsningen begynder, er der paa hver Side indleddet et kort, kraftigt Skaft, der er støttet af mørke Chitinlister; det bærer paa Enden en stor Vifte, bestaaende af ca. 40 indtil ca. 50 buede Straaler, paa sin Yderrand en mindre Vifte med ca. 20 Straaler og paa Indersiden nogle nedadvendende, lange, trevlede Haar. Den enkelte Straale i den store Vifte er seglformet, bredest ved Basis, endende fint tilspidset; Inderranden er forsynet med

meget fine, lige lange, men korte Haar; adskilte ved lige store Mellemrum findes noget længere stiftformede Haar (se Fig. 4). Straalen er indleddet paa Skaftets Ende. Straalerne kan udspiles og samles som Straalerne i en Vifte; udspærrede danner de et pragtfuldt Hvælv, der føres mod Munden; sammenslaaede danner de en seglformet Krog, der med sin Spids kan slaaes ind i Munden, hvilende mellem Labrum og Mandiblerne.

Straalerne i den lille Vifte er forsynet, navnlig mod Spidserne, med lange fine Haar.

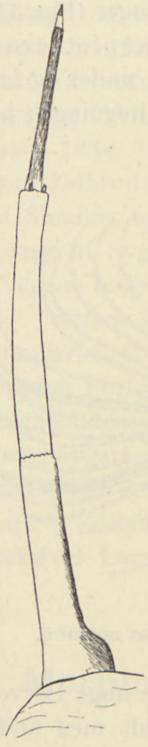


Fig. 5.
Antenne af Larven til *S. ornatum* Mg.

Antennerne (Fig. 5) er lange og slanke; de bestaar af 4 Led. Ledforbindelsen mellem første og andet Led er takket, og Leddet kan derfor ikke være meget bevægeligt. Som Regel er Basalleddet kort og kraftigt, det tredje er det tyndeste; andet Led bærer paa sin yderste Ende to korte Tapper; det yderste Led er lille og konisk tilspidset.

Der er to Øjepletter paa hver Side.

Munddelene (se MEINERT (1886), JOHANNSEN (1903), FRIEDERICHS (1921)). Mundaabningen er oventil dannet af den som Regel stærkt haarede Overlæbe, Labrum (Fig. 6), der som en fortil afrundet noget bøjet Plade nærmest staar lodret paa Dyrets Længdeaxe, idet den udgaar fra Panden og bøjer sig ind i Svælget, hvor dens lange bagudrettede Haar ses; dens forreste Del er støttet ved en T- eller I-formet Chitinfortykkelse; dens frie, buede Rand bærer flere stærke Tænder.

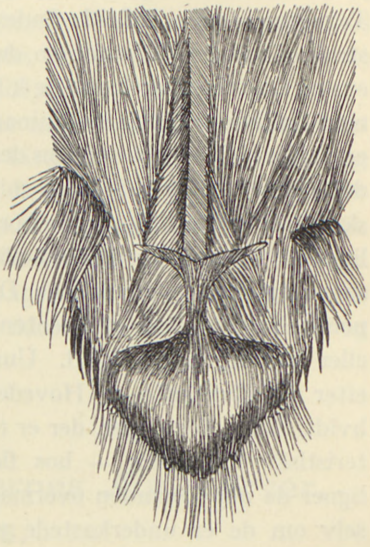


Fig. 6.
Labrum af Larven til *S. ornatum* Mg.

Derefter følger de to Kindbakker, Mandiblerne (Fig. 7 og 8); de er veludviklede, langstrakt kloformede, sammentrykte Organer med kraftig Tand- og Haarforsyning; de har en ydre buet og en indre lige Rand, en dorsal — distalt lidt indtrykt — og en ventral — distalt noget hvælvet — Flade. Længden er omtrent to Gange Højden. De er noget skraatstillede, idet Yderranden ligger lidt højere end Inderranden; Bevægelsen foregaar derfor i et Plan, der ligger lidt skraat paa det vandrette. Den basale Halvdel er den tykkeste, den distale, der oventil er sammentrykt og vredet noget opad, tyndere. Ses Mandiblen skraat ovenfra iagttages følgende: Inderrandens basale Halvdel er forsynet med kraftige, lange, mediant rettede Haar eller Børster, ordnede som i sammentrykte Pensler; dens inderste Samling bestaar af ca. 10 lange, lige, meget kraftige, skraat bagudrettede Børster, af hvilke de 6 er udvidede i Spidserne og spaltede i 2 eller 3—4 fine, lidt divergerende Spidser.

Fra en Kam dorsalt over det distale, sammentrykte Parti udstraaler der en mægtig Bræmme af lange buede Haar, hvis Hovedmængde danner en Dusk, der divergerer fra den

nederste Del, som bærer Tænderne; Bræmmen fortsætter sig rundt om Spidsen, saaledes at Tænderne paa Oversiden og i Spidsen dækkes af dette øverste Haarparti; under dette, nærmest Tænderne, findes en Bræmme af meget tykke, kraftige, klare Børster, af hvilke nogle er stærkt buede, medens andre hænger lige ned imellem Tandrækkerne; endelig findes mellem disse to Bræmmer mod Spidsen en tredje, der slutter sig nærmest til den første. Over øverste Bræmme findes distalt som Regel to lange buede, kraftige Børster, længere bagtil kan der findes enkelte. Nederst paa Mandiblens distale Del findes Tænderne, af hvilke nogle staar i Rækker, der ikke ligger i samme Plan. Betragtes Mandiblen nedenfra, ses først 1 lang, buet, sort, stærkt chitiniseret kraftig Tand, dernæst 2 ligeledes sorte, kraftige, men kortere Tænder, der mere vandret liggende naar frem foran denne; bag og under den første Tand iagttages 3 lysere buede Tænder med but Spids; bag og indenfor disse en Række fine, meget spidse, tandlignende lyse Chitindannelser ca. 8—10 i Tal og endelig paa en lys Køl eller Rand 1 større og 1—2 mindre, korte Tænder med bred Basis. Ovenover de yderste Tænder staar — vinkelret paa Mandiblens Højdeplan — en tæt Kam af butte, i Spidsen krogede. tandlignende Dannelser.

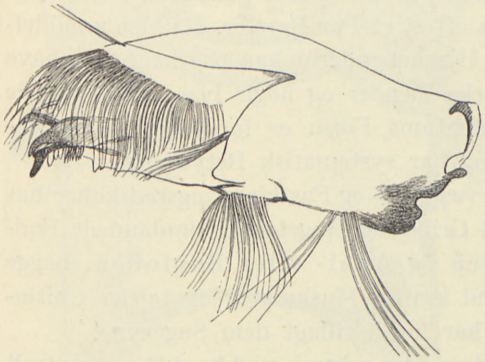


Fig. 7.
Højre Mandibel af Larven til *S. subornatum* Edw.
Set skraat ovenfra.

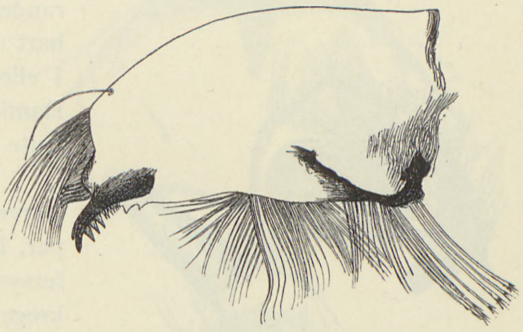


Fig. 8.
Venstre Mandibel af *S. argyreatum* Lundstr.
Set nedenfra.

Kæberne, Maxillerne (Fig. 9). Fra en bred, rundet Basis, der forlænger sig i en indre pudeformet Flig, udgaar den udadrettede, konisk formede Palpe, der er forsynet med spredte Haar og i Spidsen med nogle smaa, koniske Papiller — ca. 6; den pudeformede Flig er udstyret med kraftige, lange Haar, hvis Hovedmængde som en Krans om en Tonsur omfatter den øverste nøgne Del, hvorfra udgaar to eller flere, uligestore, seglformede gullige Torne, den største fra en lille Forhøjning; de er rettede mediant, og ofte meget vanskelige at se, da de dækkes af Haarene.

Hypopharynx (Johannsen (1903), Friederichs (1921) (Fig. 10)) er kompliceret bygget. Det bestaar af to Plader, der ligger over hinanden; deres Skelet er dannet af finere og grovere Chitinlister. Den forreste Del er forsynet med en Bræmme af lange, bløde Haar; den er adskilt i Midten af en oval Plade, som f. Ex. hos *S. ornatum* synes at bestaa af to symmetriske Smaaplader, hver forsynet med ca. 8 smaa, spidse eller butte Forlængelser (Sanseredskaber?);

indenfor de lange Haar findes tværløbende Rækker af korte. — Spindekirtlernes Udførselsgange gaar imellem Pladerne, hvor de forenes, umiddelbart før Randene naas. Ses Dyret nedenfra, dækker Labium eller Mentum, som hvilket Edwards (1920, p. 223) mener, den samlede Dannelse bør anses for, Hypopharynx med Undtagelse af Haarbræmmen.

Mentum (Fig. 11 og 12) bestaar af en ubevægelig, stærkt chitiniseret nærmest 4-sidet Plade, der er bredest bagtil, bliver smallere mod sin forreste, frie Rand, der er forsynet med en Række kraftige, chitiniserede, ret brede, men oftest spidse Tænder — som Regel 9 —, af hvilke den yderste paa hver Side og den midterste er størst; de mellemliggende 3 paa hver Side er af samme Størrelse. Langs Undersidens ydre Rande findes nogle kraftige, fremadrettede Børster, hvis Antal er forskelligt hos Arterne, men dog ikke konstant; foran Bagranden findes oftest et Par Børster. Randen umiddelbart udenfor Hjørnetænderne kan paa hver Side have 1 eller 2 mørke Tænder og nogle lyse, tandlignende Dannelser. Mentums Form er forskellig hos de enkelte Arter og har systematisk Betydning.

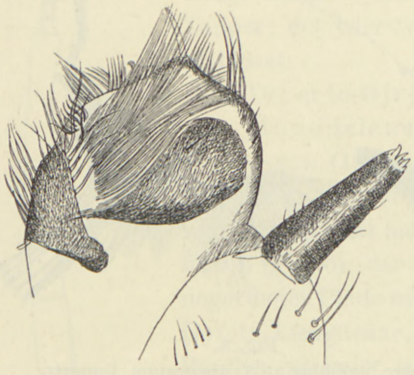


Fig. 9.
Venstre Maxil af *S. argyreatums* Larve, set nedenfra.

Som Bevægelses- og Fastklamringsredskaber har Larven to til Gribe- og Hagefødder omdannede Fodpar, Forfoden og Anal- eller Bagfoden, begge forsynede med kraftig Muskulatur og talrige Chitinkroge; man har hidtil tillagt dem Sugeevne.

Forfoden, der udgaar med bred Basis ventralt fra 1ste Brystring, er fremad rettet; den er konisk formet med Spidsen afskaaret; dens yderste Del kan som ved et Led bøjes dorsalt og endvidere kikkertagtigt trækkes ind i Stammen; dens yderste Ende er forsynet med en Krone af Kroge ordnede i Længderækker; de yderste Kroge omgiver en cirkelformet Skive, der kan foldes sammen og fatte om Dele som en Haand. Antallet af Krogrækker og Kroge er forskelligt hos Arterne: *S. venustum* har ca. 20 Rækker med 10 Kroge i hver; *S. equinum* har langt flere: ca. 38 Rækker med 6 til 14 Kroge i Rækken, færrest fortil, stigende til Siderne. De distale Kroge er overmaade kraftige, formede som Hager udgaaende fra et bredt Grundstykke, de proximale tapformede. Nedenfor eller bag Krogrækkerne sidder der cirkulært en Række kraftige, klare Chitinbørster — hos *S. equinum* ca. 56.

Forfoden staar sammen med Munddelene i Spindefunktionens Tjeneste, endvidere bruger Larven den til at gribe og hage sig fast med; den besidder næppe Sugeevne.

Anal- eller Bagfoden (Tab. I, Fig. 4) er formet som en stor omtrent cirkelrund Skive, der sidder paa den yderste Ende af Bagkroppen, næsten vinkelret paa Legemets Længdeaxe; dens Rand er forsynet med en Krogkrans dannet af radiært ordnede Krogrækker — hos vore Arter fra ca. 60 til ca. 130. De enkelte Rækker bestaar af stærke, spidse, hageformede Chitinkroge og Tapper, hvis Tal tiltager dorso-ventralt; de centrale 3—5 er stærke Kroge eller Hager, de øvrige tapformede Dannelser. Rækkernes og Krogenes Antal er vekslende hos Arterne, men ret konstant hos den enkelte Art og har i nogle Tilfælde ret stor systematisk Betydning; saaledes kendes f. Ex. *S. equinum's* Larve let paa sin stærke Krog-

forsyning, idet der hos den findes indtil 130 Rækker med 20 indtil 34 Kroge (dorso-ventralt) i Rækkerne; hos de andre Arter ligger som Regel Antallet mellem 6 og 15—16. Analfoden støttes fortil af de bageste Grene af et X-formet Chitinstøtte (se Fig. 4 og 5, Tab. I og p. 16); dette bestaar af to Halvdele forenede ved en tandet Forbindelse, der tillader, at Delene kan bøjes mod hinanden efter Legemets Midtplan; i Overensstemmelse hermed mangler der nogle faa Krogrækker i den Del af Kransen, der ligger lige ud for denne Forbindelse.

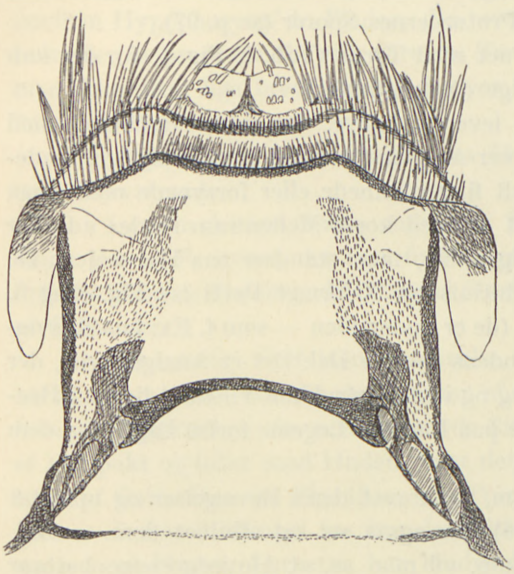


Fig. 10.
Hypopharynx af Larven til *S. ornatum*.

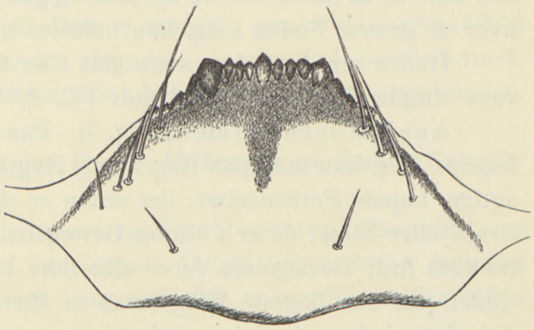


Fig. 11.

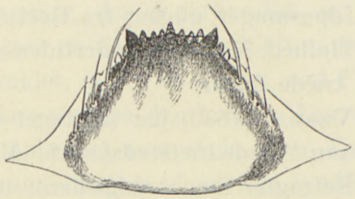


Fig. 12.
Fig. 11. Mentum af Larven til *S. subornatum* og Fig. 12 af *S. morsitans*.

Analfodens to Halvdele kan bøjes mod hinanden, saaledes at den kan gribe og fatte om Dele; dens Fastklamringsevne understøttes ved Krogforsyningen. Man har hidtil anset baade den og Forfoden for at være i Besiddelse af Sugeevne, hvad TONNOIR (1923) dog benægter [se ogsaa p. 65—66]. Larven kan ved skiftevis at bruge de to Fødder bevæge sig ligesom Maalerlarver (Geometridæ).

Paa niende Bagkropsleds Underside kan der findes et Par korte, koniske Tapper eller Papiller: Ventralpapillerne; hos nogle Arter er de meget fremtrædende, hos andre er de smaa eller mangler ganske. De har systematisk Betydning.

Tarmkanalen (jfr. STRICKLAND 1913 p. 49) bestaar af Oesophagus og den store, lige Midttarm, der som et vidt Rør løber gennem Kroppen, danner en stor Slynge, før den gaar over i Rectum, fra hvis nedre Væg Analgællerne udgaar; Anus aabner sig paa Oversiden af sidste Led. Oesophagus bestaar af et kort, kraftigt Rør, der, som angivet hos STRICKLAND, kan skydes ud i Svælget; paa et Længdesnit af Dyret (Tab. I, Fig. 2) ser man, at Oesophagus i tilbagetrukken Tilstand poser sig ned i Midttarmen; oventil begrænser et Ligament Udposningen i Svælget (hos en Larve dræbt i concentreret Alkohol saas hele Oesophagus krænget

ud gennem Mundaabningen). Paa et mikroskopisk Længdesnit af Larven, ser man en strukturløs Hinde udgaa fra (afsondret af) nogle store Celler i Midttarmens øverste Del; omsluttende Tarmindholdet som et Rør følger den med dette ud, idet den stadig afsondres; da Tarmindholdet ofte indeholder Kiseldele endog Sandskorn, beskyttes Tarmcellerne paa denne Maade. Denne Hinde er efter STRICKLAND den s. k. peritrofiske Membran; han fremhæver, at den hos Simuliernes Larver er usædvanlig tyk og veludviklet; antager, at den ikke er til Stede hos de nyfødte og ganske unge Larver, og at disse kun i denne Periode, hvor de gnaver Føden i sig, kan inficeres med Protozoernes Sporer (se p. 97).

Huden om Anus kan være glat eller forsynet med Torne (Tab. I, Fig. 4, 5), der kan være simple eller flade, udløbende i 2, 3, 4 Flige (Artskarakter).

Analgællerne (Tab. I, Fig. 3). Paa den levende Larve, der sidder fastheftet med bageste Fod, kan man paa Bagendens Rygside over Anus se tre halvt gennemsigtige, hindeagtige, bøjede Forlængelser, der enten er simpelt fingerdannede eller forsynede med smaa Grene eller Flige; de er i stadig Bevægelse, idet de med korte Mellemrum stødes ud eller trækkes ind; Bevægelsen føres ofte ikke helt igennem, men standser paa Halvvejen. De sidder paa den bageste Ring foran et stærkt chitiniseret X-formet Parti (se Fig. 4 og 5, Tab. I), hvis forreste Grene omfatter Anus bagtil (de er undertiden — som f. Ex. hos *S. ornatum* — tornede), og hvis bageste omfatter Analfodens øverste Del. Det er Analgællerne, der som Udposninger udgaar fra Rectums nedre Væg og i tilbagetrukken Tilstand ligger i Rectums Hulhed. Man kan undertiden ved at trykke paa Larvens Legeme forfra bagtil faa dem til at træde frem.

VERDAT (1830) har iagttaget og tegnet dem, beskrevet deres Bevægelser og opfattet dem som Aandedrætsredskaber. MEINERT (1886) har ogsaa set og afbildet dem.

Betragter man Analgællerne under Mikroskop, vil man se, at Hovedgrenene bestaar af store Celler med kornet Protoplasma og stor Kærne med Kærnelegeme; hver af Smaagrenene bestaar af en saadan meget stor Celle. Der har hersket Tvivl, om de var rene Blodgæller, eller om de tillige var trachéførende.

HEADLEE (1906), der har undersøgt dette Spørgsmaal, troede til at begynde med, at Trachéer manglede i disse Gæller, men fine rørlignende Tegninger, som han saa i sine Præparater, fremkaldte hans Tvivl; det lykkedes ham — ved at snitte Analgællerne af en levende Larve, og præparere dem straks — at se fine Trachérør fyldte med Luft naa op i Hovedgrenenes Hulhed; de afgiver meget fine Grene, saa snart de naar Væggen, og disse gennemtrænger Protoplasmaet ogsaa i de encellede Flige[1]). Han har ikke set Blodet bevæge sig i de udposede Gæller, men de indeholdt en rigelig Mængde Blod i alle Dele af deres Hulhed, Han fandt kun Muskler egnede til at trække Gællerne tilbage; deres Udstødning maa rimeligvis foregaa ved, at Kropvæggen kontraherer sig. HEADLEE drager den Slutning af sine Undersøgelser, at Analgællerne virker baade som Trachéog som Blodgæller.

Formen og Antallet af Analgællernes Grene afgiver gode systematiske Kendetegn; nogen individuel Variation forekommer; yngre Larvestadier har undertiden, f. Ex. hos *S. latipes*, ganske enkelte Flige, medens dens fuldt udviklede Larve har flere.

[1]) Man kan ogsaa paa den levende Larve, der har udposet Analgællerne, ved passende Belysning og ved Hjælp af binoculært Mikroskop se fine Trachérør, der forgrener sig i Analgællerne.

De to meget store Spindekirtler med deres Udførselsgange ligger udenfor og lidt ventralt for Tarmkanalen (Tab. I, Fig. 2, h. i.), den enkelte Kirtels bageste Tredjedel er bøjet med Spidsen fremefter, saa at den med den øvrige Del danner en U-formet Bøjning; rettes Kirtlerne ud, er de længere end Kroppen. Kirtlens Lumen er ikke lige vid overalt, der findes et udvidet Parti i Brystet og et snævert Parti, hvor Larven er tyndest; selve den U-formede Bøjning har den største Vidde, og her er Kirtelcellerne store og flade med stor Kærne og Kærnelegeme, i Forløbet mod Hovedet bliver de mindre. Udførselsgangene mødes imellem Hypopharynx' to Plader; den øverste af disse er maaske, som JOHANNSEN (1903) formoder »a press for the silk thread«. Traaden, der afsondres, er ofte flad, bændelformet, men ikke altid lige bred; dræbes Larver i Alkohol afsondres undertiden et meget bredt, fladt Traadstykke.

Af Nervesystemet ses gennem Huden paa Dyrets Underside en Række Ganglier med Nervetraade.

I Legemshulen findes endvidere Blodplasma og Fedtlegemer; disse sidste er smaa Øer af Fedtvæv, der især findes samlet i den bageste Del af Legemshulen omkring Spindekirtlernes Bøjning; de tiltager i Størrelse ved Larvens Vækst og angribes ikke sjælden af Protozoer.

Efter samtlige Forfatteres Angivelse, jfr. især TAYLOR (1902), maa Trachésystemet betegnes som helt lukket; det bestaar af 2 Længdestammer, der er forbundne ved tværløbende Rygstrænge; fra nedadgaaende Sidestrenge udgaar en fin Gren, Initialtraaden, der er kompakt og løber mod Huden, hvor den ender i Spiraklet, der er en simpel oval Fortykkelse af Cuticulaen (se Fig. 13 m. s.). Trachésystemet kan ses paa den levende Larve; paa Larver dræbte i Alkohol ses kun Initialtraadene med Spiraklet som smaa sorte Knappenaale med Hoved. Larverne har Hudrespiration, der understøttes af særlige tyndhudede Partier: Analgællerne.

Hudskifte. Larven skifter under sin Vækst gentagne Gange Hud. Hudskiftet foregaar paa den Maade, at Hovedets faste Chitinkapsel afkastes samlet; den spaltes mellem Clypeus og Sidestykket bag fra — ofte kun paa den ene Side. Kroppens Hud afkastes enten i Stykker, den bageste Del samlet, eller hele Larvehuden afkastes samlet; man kan undertiden finde Analfodens Krogkrans med Bagkroppens Hud siddende fast paa Stedet, hvor Hudskiftet er foregaaet.

De forskellige Hudskifter, hvis Antal EDWARDS (1920) for *S. latipes*' Vedkommende angiver til 6, er væsentligst kendetegnede ved, at Straalerne i Viften og Antallet af Krogrækker samt Kroge i de enkelte Rækker tiltager for hvert Hudskifte. Jeg har gentagne Gange under Microskop set Larven bryde Ægskallen; den bevæger sig kraftig inde i Ægget, hvis Skal splittes op ved Hjælp af en lille Chitintorn, en Æggetand, analog med den, der kendes fra forskellige Larver (f. Ex. Loppelarver, flere Billelarver o. a.). Tornen sidder paa Oversiden af Larvens Clypeus et Stykke foran Bagranden. Hovedet er hos den unge Larve forholdsvis stort, Kindbakkerne ligesaa; Larven i første Stadium er let kendelig paa den nævnte Chitintorn.

Antennerne hos den ny klækkede Larve har to Led, det yderste er konisk tilspidset. Som andetsteds nævnt er Hovedets Kapsel straks efter Hudskiftet helt hvid; hos unge Lar-

ver pigmenteres den ofte saa fuldstændig, at Pletterne ikke kan skelnes. Pletterne er i de første Stadier mindre tydelige, og Larverne blege, næsten uden Farve.

Pupperne

er korte og sammentrængte af Form; fortil afstumpede, bagtil konisk tilspidsede. Fortil paa Thorax findes de to store Pupperør (Fig. 33—42 og 53) (Nakkerør, Trachérør, Cuticulargæller etc.). Det er parrede Organer, der hver bestaar af en kort Stamme med flere Rør, hvis Form, Antal og Retning varierer hos de forskellige Arter, men er konstant for Arten og afgiver udmærkede systematiske Kendetegn.

Pupperørene er sædvanlig lange, slanke, tykvæggede Chitindannelser, der er hule med ringet Overflade; de ligger som Regel fremefter i Kroppens Længderetning eller divergerer mere eller mindre; hos en af vore Arter, *S. equinum* (Fig. 38), ser vi dem dog af en ganske anden Form, idet de der er tyndvæggede, langt tykkere, trinde, pølseformede Organer, hvis to Hovedstammer vertikalt ligger tæt op til Hovedet og forreste Del af Thorax. Om deres Funktion har man været noget i Tvivl; nogle har tænkt sig, at de stod i Aandedrættets Tjeneste, andre, at de snarere maatte opfattes som Luftmagasiner. Man har haft Opmærksomheden henvendt paa, at de rimeligvis var for tykvæggede til, at Luften kunde træde igennem dem, ligesom man har iagttaget, at deres Grene ofte er knækkede, fyldte med Sand eller Slam, endog helt indtørrede, uden at dette dog synes at have nogen Indflydelse paa Dyrets Udvikling til Imago.

Taylor har (1902) gjort Rede for sine Undersøgelser over disse Dannelser og er kommen til følgende Resultat: Pupperørenes indre Hulhed kommuniserer slet ikke med Puppens Trachésystem; Rørene bestaar af et indre stærkt Chitinlag (Fig. 13—14 *ds*), der tjener som Skelet for et ydre ejendommeligt, luftførende Lag, der staar i Respirationens Tjeneste. Rørenes Hulhed ender blindt paa Thorax' Væg. Rørenes ydre tynde Lag (Fig. 13—14 *ss*) er forbundet med det indre, homogene, stærke Chitinlag (Fig. 13—14 *ds*) ved meget fine, udadtil forgrenede Chitinfibriller (Fig. 13—14 *ff*), der som Væggens andre Dele er resistente for Kalilud; Luften passerer igennem dette Lag, der gennem en ret snæver Aabning (Fig. 13 *x*), der skal være vanskelig at faa at se, staar i Forbindelse med den pølseformede saakaldte tracheale Udvidning (»tracheal extention«) (Fig. 13 *ex*); denne staar atter i Forbindelse med Trachésystemet. — Set under Mikroskop ved paafaldende Lys og lav Forstørrelse viser Pupperørene sig sølvhvide, medens de ved gennemfaldende Lys er uigennemsigtige, sorte; det sølvhvide Udseende skyldes Tilstedeværelse af Luft i Rørenes Chitinvæg. Medens det overfladiske tynde Lag i Væggen paa Stammens indre, nederste og ydre Side ligger umiddelbart op ad det tykke Lag (Fig. 14 *vw*), saa Væggen her er kompakt, udvides det luftførende Lag paa Stammens Overside, idet Fibrillerne forlænges, og det luftførende Lag danner nu et Rør udhulet i Pupperørets dorsale Væg. Dette Rør gennemtrænger Thorax' Væg og naar ind i Thorax' Hulhed, hvor det ligger frit, efter et kort Forløb aabner det sig i den førnævnte tracheale Udvidning, der er et vidt Rør, som ligger nær Thorax' Væg. At der er Kommunikation mellem det luftførende Lag og den tracheale Udvidning, viser følgende Forsøg: lægges en levende Puppe med ubeskadigede Pupperør i concentreret Alkohol, drives Luften hurtig ud af Rørenes luftholdige Lag; Rørene taber derved deres sølvhvide

Udseende; lægges den i Vand, kommer det atter tilsyne, d. v. s., der træder atter Luft ind i Laget; den eneste mulige Kilde for denne Luftfyldning maa være Forbindelsen med den tracheale Udvidning; fjærnes nemlig Luften fra denne først, indtræder der ingen Luftfyldning igen (TAYLOR foreslaar Betegnelsen Cuticulargæller for Trachérørene). TAYLORS Opfattelse forklarer da ogsaa det Forhold, at Puppen ikke dræbes, til Trods for at Grene af Rørene er knækkede.

Paa Thorax findes undertiden enkelte Haar; paa Bagkroppen Haar, Kroge og Torne. Paa Rygsiden ses paa 2. Led som Regel 8 oprette, stive Haar; paa 3. og 4. Led 8 Kroge paa hvert Led; de har Form som kraftige fortilrettede Hager og sidder paa Leddenes Bagrand; paa Forranden af de efterfølgende Led kan der findes bagudrettede Torne af forskellig Stør-

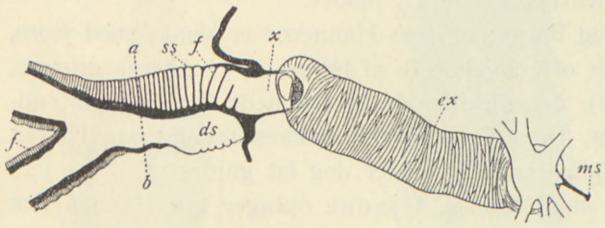


Fig. 13.

Den tracheale Udvidning og Pupperørs Stammen med Basis af 2 Grene [efter *Edwards* Opfattelse af en *S. latipes*-Puppe]. Stammen og Grenene ses i lodret Snit; den tracheale Udvidnings Overflade er set fra indvendig Side. Forst. 75.

x, Forbindelse mellem Pupperøret og den tracheale Udvidning; *f, f*, Chitinfibriller; *ds*, det dybtliggende Lag af Pupperørets Væg; *ss*, det overfladiske Lag af samme; *ex*, den tracheale Udvidning; *ms*, Spirakel paa Mesothorax med Initialtraad, der fører fra Spiraklet til Spirakelkamret. Linjen *a b* angiver Planen for det Tværsnit, der er afbildet Fig. 14. (Efter Taylor.)

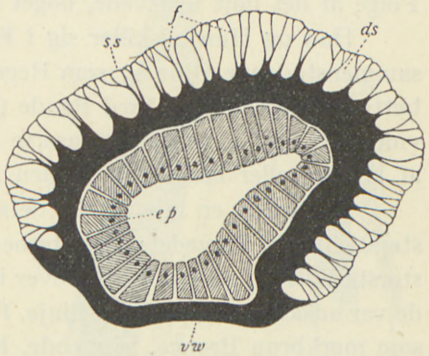


Fig. 14.

Tværsnit af Pupperør, der endnu er dækket af Larvehuden. Forst. 300.

vw, den kompakte ventrale Væg; *ss*, det overfladiske Lag; *ds*, det dybe Lag; *ep*, Epithel; *f*, grenede Chitinfibriller. (Efter Taylor.)

relse — paa dem alle f. Ex. hos *S. costatum* — hyppigst kun paa 7. og 8. —; paa 9. Led 2 meget kraftige opadrettede Torne. Disse Haar, Kroge og Torne er ordnede i Bede eller Rækker — symmetrisk med en bred Midtstribe imellem.

Paa Bugsiden ses paa Leddenes Bagrand fligede eller kløvede Krogdannelser, som indfiltrede i Coconens Netværk sidder saaledes fast i dette, at der, dersom man fjærner Puppen fra Coconen, rives en Del af Vævet med ud. Som Regel findes disse Kroge i et Antal af 4 paa 4., 5. og 6. Led, undertiden, som f. Ex. hos *S. argyreatum* og *S. venustum* ogsaa 4 paa 3. Led eller kun 2; de er symmetrisk ordnede; Afstanden mellem de bageste Kroge er større end mellem de forreste; der er Variation i deres Orden og Antal. Disse Kroge og Torne tjener til at holde Puppen fast, støtte den i dens Leje i Coconen samt til at fixere Puppehuden, naar Imago sprænger den og i sin Luftblære forlader den; man vil en Tid efter finde disse tomme Puppehude i Coconerne, i hvilke Chironomidlarver, Alger og Svampe tager Plads sammen med Sand, Slam og deslige; efterhaanden opløses Delene og skylles bort af Strømmen. — Den nylig forvandlede Puppe er lysrød eller lys brun, senere bliver den mørkebrun, mod Forvandlingen næsten sort.

Imagines.

Simulierne opføres under Slægterne *Culex* (Linné, 1746, I. C. Fabricius, 1775, Schönbauer, 1795), *Tipula* (De Geer, 1776, O. Fabricius 1784 o. a.), *Musca* (Gmelin, 1792), *Rhagio* (Coquebert, 1799), *Melusina* (Meigen, 1800), *Simulium* (Latreille, 1802 og 1805), *Atractocera* (Meigen, 1804) og *Scatopse* (I. C. Fabricius, 1805, Panzer, Fallén, 1806) Latreille har i sin Histoire naturelle generale etc. Paris, 1802, Bd. 3, p. 426 indført Slægtsnavnet *Simulium*, der er bleven benyttet siden. Grünberg (1910) og Lundstrøm (1911) optog atter det gamle Meigenske Slægtsnavn, *Melusina*, som Meigen selv havde forladt, idet han benyttede Navnet *Simulia* (1818).

Simulierne er 2 til 5 mm lange, fluelignende Myg. Legemsformen er kort, plump og, som Følge af det højt hvælvede, noget sammentrykte Thorax, puklet.

Han og Hun adskiller sig i Form og Farve; medens Hannerne er slanke med store, sammenstødende Øjne og som Regel sorte ofte fløjelssorte af Farve, er Hunnerne grovere, tættere byggede med bred Pande (Fig. 3), der adskiller de nyreformede Øjne; de er endvidere hyppig af matte, graasorte Farver. Disse Grundfarver dækkes navnlig paa Thorax af kortere eller længere, i Reglen metalglinsende Haar, der dog let gnides af.

Hovedet er lille, fladt, tætstillet mod Thorax. Øjnene optager hos Hannen den største Del af Hovedet; Facetterne er af forskellig Størrelse; de største optager et øverste største Felt og gaar pludselig over i et af smaa Facetter bestaaende nederste Felt, som om de var adskilte ved en skarp Linje. Farven af de store Facetter er som rødbrun — af de smaa som mørkbrun Bronce, iriserende. Hos Hunnen er Facetterne af omtrent samme Størrelse; Farven er mørkbrun. Antennerne er 11-leddede; hos Hunnen er 1. Led skaalformet, 2. længere, oventil indsnævret, forsynet med en Chitinring, hvortil det stilkede, omtrent lige saa lange 3. Led er føjet; Resten af Leddene er forenede med bred Basis; 4. til 9. Led lige lange; 10. lidt længere, 11. længst, tilspidset, forsynet med 2—3 stærke Børster. Hannens Følehorn er som Hunnens — men slankere; 3. Led længere end 2. Leddene er fint pubescente, 1. og 2. tillige udstyrede med kraftige Børster, der paa 2. Led er randstillede.

Epistoma er hos Hannen ofte sort, sølvagtigt »rimet«, med lange Haar, hos Hunnen er det stort, fladt-hvælvet, 5-kantet; mat dugget og haaret. Frons kan hos Hunnen være mat dugget eller skinnende, nøgen eller med spredt eller tæt Haarforsyning. Hos begge findes postoculare Børster og Haar af forskellig Størrelse og Farve.

Munddelene er hos Hunnen en kraftig udviklet Sugesnabel med Hypopharynx, Mandibler og Maxiller dannede som skarpe Skære- og Stikkeredskaber, der med deres med fine og skarpe Tænder forsynede Rande er i Stand til at frembringe et ret antagelig lille Saar, hvoraf Blodet flyder rigeligt (Fig. 15 *b*, *d*). Hannen har de samme Munddele som Hunnen, men de er langt svagere udviklede, idet der i Stedet for de nævnte skarpe Tænder hos denne kun findes fine Haar paa Maxillerne og svage Chitinspidser paa Mandiblerne (Fig. 15 *a*, *c*).

Thorax er bredt, hvælvet, af firkantet Form med afrundede Hjørner. Paa Mesopleura findes et uregelmæssig formet, hindeagtigt Felt (Malloch 1914); hos nogle Arter er der paa dette og den ovenfor og foran liggende Del af Mesopleura en Samling af fine og bløde Haar, der er af Betydning som Artskaraktér; de gnides let af.

Ejendommeligt for Simulierne er sølvskinnende Felter paa Ben, Abdomen og, indenfor en stor Gruppe af dem, navnlig paa Thorax. Denne Sølvglans, der undertiden er iriserende, kommer dog kun til Syne i fuld Udstrækning, naar Lyset falder paa det paagældende Parti paa en ganske bestemt Maade, og da disse Partier ikke paa en Gang kaster Lyset tilbage, ses de ikke alle samtidig sølvskinnende. Hos andre Arter skyldes Sølvglansen sølvhvide Haar.

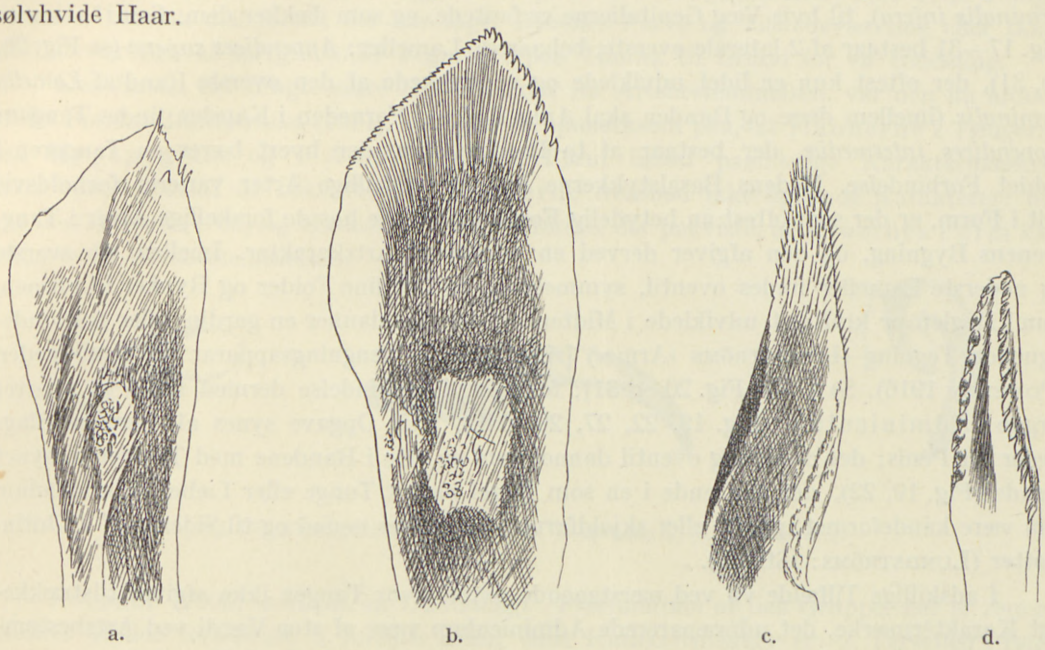


Fig 15. Mandibler og Maxiller af Imago af *S. costatum* Friedr. (Basaldelene ikke tegnede). Højre Mandibel: a af Han, b af Hun; højre Maxil: c af Han, d af Hun. Set ovenfra. (Stærkt forstørrede.)

Den bageste Del af Mesonotum sænker sig ned mod Scutellum og er her noget affladet, skinnende, ofte tyndhaaret, men hyppigere forsynet med lange, opretstaaende sorte Haar. — Scutellum kan have enten tilliggende eller opretstaaende Behaaring eller begge Dele; Haarenes Farve forskellig. Postnotum er stort og hvælvet, matsort, dugget eller sølvskinnende.

Vingerne (Tab. II, Fig. 6) er store og brede, meget længere og bredere end Bagkroppen. I Hvile dækker de tagformet denne. De er klare, ofte med brunlig Tone, iriserende; kun Costa, der ikke naar Vingespidsen, Subcosta, $Radius_1$ og $Radius_{4+5}$ er kraftig udviklede, ofte forsynede i større eller mindre Udstrækning med fine eller navnlig for Costas Vedkommende med ret grove Torne; de øvrige Aarer er fine og klare — undertiden næppe synlige; de er: Media, der er gaffeldelt, (mellem Media og Cubitus findes en fin i Spidsen gaffeldelt Fold af Vingen, der undertiden er bleven antaget for en Aare); to Cubitalaarer, Analis og Axillaris. Hos *S. hirtipes*, der næppe findes i Danmark, er der en Gren mere tilstede i Radius: R_{2+3}.

Halteres er kraftige, ofte citrongule eller mørke af Farve.

Abdomen bestaar af 9 Led. Der har været Tvivl om, hvorvidt det første, der skælformet staar ud til Siderne og oventil omfatter det næste Led, virkelig tilhørte Abdomen; Edwards (1915) anser det — efter omhyggelig Dissektion — for første Abdominalleds Tergit.

Det mandlige Hypopygium. — Det sidste Led bestaar hos Hannen ogsaa kun af Tergiten; det danner — efter Lundstrøm (1911) — en nedad og bagtil aaben Kapsel (*lamella terminalis infera*), til hvis Væg Genitalierne er fæstede, og som dækker dem. Genitalierne Fig. 17—31 bestaar af 2 laterale øverste, behaarede Lameller: *Appendices superæ* (se Fig. 26, 30, 31), der oftest kun er lidet udviklede og er dækkede af den øverste Rand af *Lamella terminalis* (imellem disse og Randen skal *Anus* findes). Forneden i Kapslen findes Tangen: *Appendices intermediæ*, der bestaar af to Basalstykker, der hvert bærer en Tanggren i leddet Forbindelse. Medens Basalstykkerne hos de forskellige Arter varierer forholdsvis lidt i Form, er der som oftest en betydelig Forskel til Stede hos de forskellige Arter i Tanggrenens Bygning, og den afgiver derved en udmærket Artskarakter. Imellem de øverste og nederste Lameller findes oventil, symmetrisk, en Del fine Folder og Rynker i Chitinen, som i Reglen er kraftigst udviklede i Midten og der ofte danner en gardin- eller guirlandelignende Tegning (Lundströms »Arme«) [rimeligvis Ophængningsapparat for Penisskeden (Pomeroy 1916). Se f. Ex. Fig. 20 og 31]; foran og i Forbindelse dermed ligger et uparret Organ: Adminiculum (Fig. 19, 22, 27, 29 o. fl.), hvis Opgave synes at være en Slags Leder for Penis; det er nemlig oventil dannet som en ofte i Randene med Tænder forsynet Rende (Fig. 19, 22), der kan ende i en som Regel haaret Tunge eller Læbe. Adminiculum kan være kandeformet, plade- eller skjoldformet og støttes nedad og til Siderne af 2 Chitinstøtter (Lundströms: »Stilus«).

I adskillige Tilfælde vil ved nærstaaende Arter, hvor Tangen ikke afgiver tilstrækkeligt Karaktermærke, det udpræparerede Adminiculum være af stor Værdi ved Artsbestemmelsen, idet ogsaa dets Form er konstant og forskelligt hos de forskellige Arter.

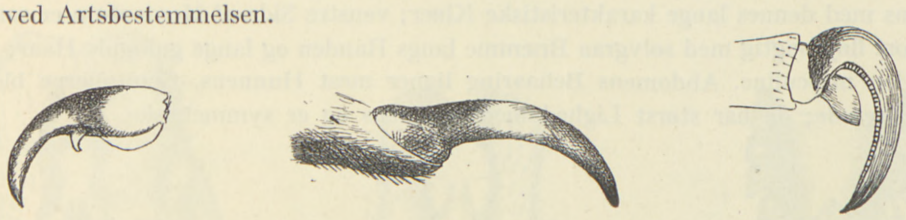
Benene er kraftige med veludviklede Tarser (Fig. 43, 44, 49, 50 o. fl.), der paa For- og Bagben hos begge Køn kan være mere eller mindre forlængede, vertikalt udbredte eller begge Dele. 2. Tarsalled paa Bagfoden har, som først Roubaud 1906 (se Malloch 1914, p. 15) har gjort opmærksom paa, et tydeligt dorsalt Udsnit, nær Basis; dette findes dog ikke hos alle Arter, saaledes mangler det f. Ex. hos *S. hirtipes*. Benene er forsynede med en lysere eller mørkere Beklædning af dels kortere, tiltrykte eller opretstaaende Haar dels længere, ofte meget lange, cilieformede udstaaende Haar; disse sidste kan danne Faner langs Randene. Haarene er undertiden metalfarvede. Der findes endvidere Børster.

Kløerne. Hannens Kløer er, som Friederichs (1921) har beskrevet dem, krumme, spidse, basalt nedentil forsynede med en tilspidset, svagere chitiniseret Tand; dorsalt omfattes hver Klo af en Kappe, forsynet med fine Riller. Hunnens er enten simple eller tandede; i første Tilfælde oftest jævnt krummede, undertiden meget lange, f. Ex. hos *S. equinum* (Fig. 16 b); (Hunnen af denne Art kan kendes paa sine meget lange Kløer); de kan indenfor denne Gruppe være forsynede med en lille Tand, basalt, paa Indsiden (f. Ex. *S. ornatum*) (Fig. 16 a); Basis er nedentil undertiden fremstaaende. En helt anden Bygning har de hos en Gruppe Simulier, *Eusimulium* (Edwards), hvor de er stærkt krum-

mede og spidse med Inderranden riflet samt basalt forsynede med en tungeformet stor Tand udgaaende fra Basis (Fig. 16c).

Man har paa forskellig Maade søgt at dele Simulierne i Grupper, men dette har, inden Artsmærkerne var nærmere udredede, selvfølgelig frembudt meget store Vanskeligheder; først da man fik klækket begge Køn og fandt bedre Karakterer, blev dette muligt. Fries er vistnok den første, der har taget Benenes Farve og Tilstedeværelsen eller Ikke-Tilstedeværelsen af sølvglinsende Tegninger paa Thorax til Grund for en Inddeling.

Den første, der bragte sikre Holdepunkter for Artsbestemmelsen, var den nu afdøde finske Forsker Lundström (1911), der gjorde opmærksom paa, at Hannerne i Tængerne paa Hypopygium og i Adminiculums Form besad paalidelige Karaktérmærker; dette synes absolut at bekræfte sig. Hunnerne frembød ikke lignende Karakterer; her var Johannsen (1903) og Malloch (1914) de første, der paaviste, at Kløernes Form kan bruges ved Artsbestemmelsen.



a. b. c.

Fig. 16. Kløer af a. *S. ornatum* ♀; b. *S. equinum* ♀; c. *S. costatum* ♀.

Roubaud (1906) dannede en Underslægt: *Prosimulium* af den Gruppe, der er repræsenteret af den førnævnte *S. hirtipes* Fries; dens Karaktérmærker er: 2. Tarsalled i Bagfoden uden Udsnit, Coconens Form afvigende.

Malloch (1914) har i Tilslutning hertil opstillet 2 Slægter: *Prosimulium* med Hovedmængden af Arter med Radialgrenen gaffeldelt og med en Basalcelle i Vingen og *Simulium*, der mangler disse Karakterer (desuden en ny Slægt: *Parasimulium*).

Edwards (1915) i England og Friederichs (1920) i Tyskland har foreslaaet omtrent sammenfaldende Grupperinger. Edwards grunder sin Gruppering paa Tilstedeværelse eller Ikke-Tilstedeværelse af sølvskinnende Felter paa Ben, Thorax og Abdomen hos Hannerne; endvidere paa de tre sidste Abdominaltergiters Udseende hos Hunnerne, om de er glinsende eller matte; paa Fortarsernes Form, om de er udvidede eller ikke, og endelig paa Tangens Form, om dens Grene er dorsoventralt sammentrykte eller dannede paa anden Maade. Friederichs er kommen til et lignende Resultat.

Enderlein har 1921 opstillet et helt nyt Systém for alle hidtil kendte Simulier og i Stedet for den nuværende Slægt *Simulium* opstillet en Familie *Simuliidæ* delt i 2 Underfamilier: *Prosimuliinæ* (Radialgrenen gaffeldelt) og *Simuliinæ* (Radialgrenen udelt). *Simuliinæ* deles i 2 Tribus: 1) *Nevermanniini* (Metatarsus, hos ♂ og ♀ normal) og 2) *Simuliini* (Metatarsus, stærkt affladet og udbredt).

Fra forskellig Side hævdes det dog, at denne Deling er alt for vidtgaaende; skriftlig har Edwards meddelt mig, »I still think that the facts of nature are best expressed by

leaving the Genus *Simulium* undivided, recognizing three main groups (hardly subgenera, since so many intermediates occur): *Prosimulium*, with forked sector and simple female claws, *Eusimulium* (= *Nevermannia*) with large basal tooth to female claws (including here *Helodon*[1]), *Cnetha*[1]) etc.) and *Simulium*, with female claws simple or else with small median tooth (including *Wilhelmia*[1]), which I am sure is closely related to *Edwardsellum*[1])«.

Vore danske Arter kan henføres til Grupperne *Simulium* og *Eusimulium*.

Hermaphroditisme i ydre Bygning har jeg iagttaget hos et Exemplar af *S. equinum* (L.) Edw. Puppen er taget i Kongeaa ved Villebøl i Juli 1921, blev klækket i et Glas med flere andre og kunde ikke identificeres. Øjnene er som Hannens: brunrøde, store, sammenstødende med store Facetter oventil skarpt adskilte fra smaa nedentil. Delt ved et lodret Midtplan er Thorax' højre Side udviklet feminint, venstre masculint: højre Side af Mesonotum er graat med brunlig Stribning og messinggul Behaaring; højre Sides Ben er Hunnens med dennes lange karakteristiske Kløer; venstre Side af Mesonotum er som Hannens, sort fløjelsagtig med sølvgraa Bræmme langs Randen og lange guldgule Haar; venstre Sides Ben masculine. Abdomens Behaaring ligner mest Hunnens. Genitalierne blev ikke udpræparerede; de har størst Lighed med Hunnens og er symmetriske.

Kap. II.

Bestemmelsestabeller[2]) til Imagines, Larver og Pupper.

Hanner.

1. Metatarsus$_1$[3]) sammentrykt. Tibia$_1$, sædvanligt Thorax og Abdomen med sølvskinnende Felter. Tangens Grene fladtrykte (dorso-ventralt) 2
   Metatarsus$_1$ cylindrisk; ingen sølvskinnende Felter. Tibier kan have sølvskinnende Haarbeklædning. Tangens Grene ikke fladtrykte ..... 7.
2. Metatarsus$_3$ tydelig vertikalt udbredt. Grov Haarbeklædning paa Thorax. Tangens Grene 3 Gange saa lange som brede ..... 3.
   Metatarsus$_3$ slank, næsten cylindrisk. Fin Haarbeklædning paa Thorax. Tangens Grene næsten lige saa lange som brede ..... 6.
3. Tibia$_3$ og Metatarsus$_3$ basalt tydelig gule. Bløde Mesopleuralhaar. *S. ornatum* Mg.
   Tibia$_3$ og Metatarsus$_3$ helt eller næsten helt sorte ..... 4.
4. Tibia$_2$ basalt tydelig gult. Tangens Grene tilspidser sig jævnt. Spidsen med Torn. Adminiculum haaret nedadtil ..... *S. subornatum* Edw.
   Tibia$_2$ basalt helt sort. Tangens Grene tilspidser sig ikke. Adminiculum ikke haaret ..... 5.

---

[1]) Enderleinske Betegnelse.

[2]) De oprindelige Tabeller er efter Edwards senere udkomne Arbejde blevet noget ændrede og bragt i Overensstemmelse med hans.

[3]) Benenes Rækkefølge er betegnet ved Tilføjelse af et Tal umiddelbart efter vedkommende Ben eller Dele deraf: f. Ex. Tibia$_3$ = Baglemmets Tibia osv.

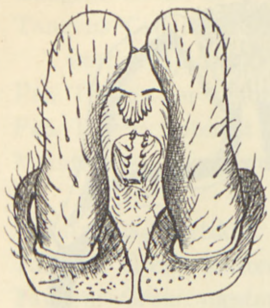


Fig. 17.

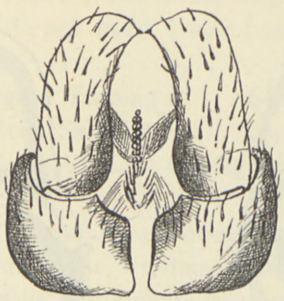


Fig. 18.

Fig. 19.

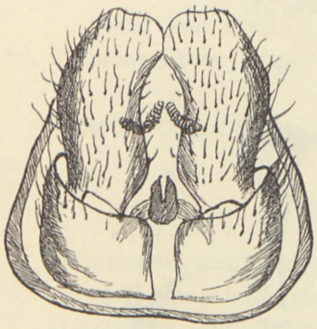


Fig. 20.

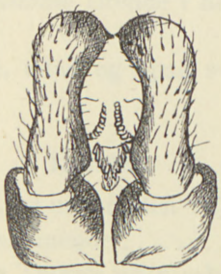


Fig. 21.

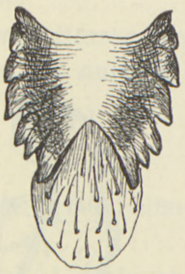


Fig. 22.

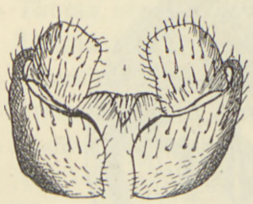


Fig. 23.

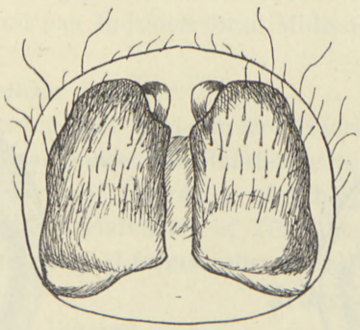


Fig. 24.

Fig. 25.

Hankønsorganer af danske Simulier. Fig. 17 *S. ornatum*; Fig. 18 *S. subornatum;* Fig. 19 Adminiculum af samme — set fra Siden; Fig. 20 *S. morsitans*; Fig. 21 *S. venustum*; Fig. 22 Adminiculum af samme — set nedenfra; Fig. 23 *S. argyreatum*; Fig. 24 *S. equinum*; Fig. 25 øverste Del af venstre Basalstykke med Tanggrenen af samme (stærkere Forstørrelse). Hypopygierne er set nedenfra. Kun Tangen og til Dels Adminiculum og Chitinfolderne er fremstillet; 9de Tergit er angivet i Fig. 20 og 24.

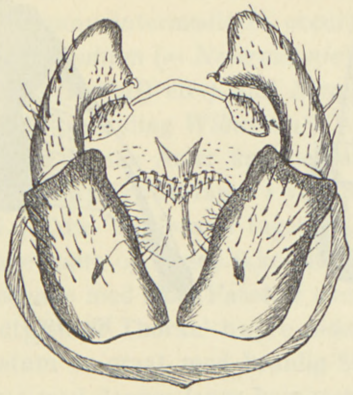


Fig. 26.

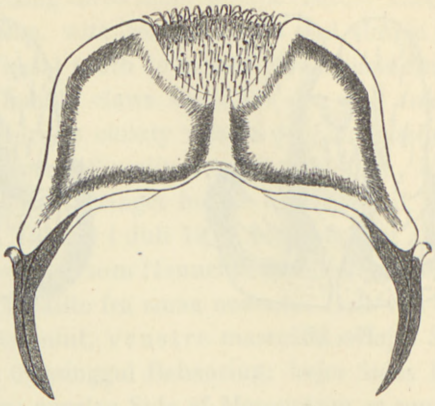


Fig. 27.

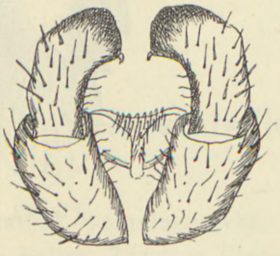


Fig. 28.

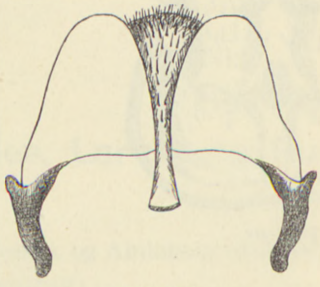


Fig. 29.

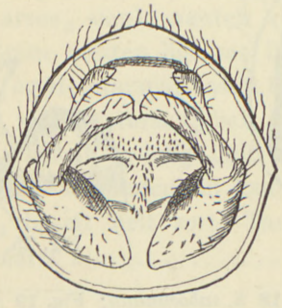


Fig. 30.

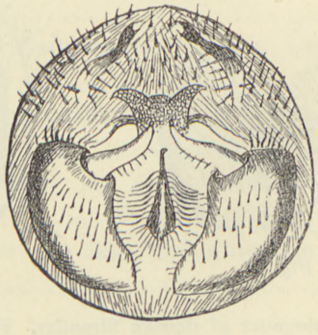


Fig. 31.

Hankønsorganer af: Fig. 26 *S. costatum*, Fig. 27 Adminiculum af samme; Fig. 28 Tang og Adminiculum af *S. latipes*, Fig. 29 Adminiculum af samme; Fig. 30 *S. angustitarse*; Fig. 31 *S. aureum*. Alle set nedenfra.

5. Tangens Grene of *S. ornatum*-Typen uden Torn, meget brede.... *S. morsitans* Edw.
Tangens Grene af *S. ornatum*-Typen med Torn; basalt indad og bagtil med en kort, tilspidset Forlængelse..... *S. venustum* Say.
6. Paa Thorax en U-formet sølvgraa Tegning..... *S. argyreatum var. sericatum* Mg.
Paa Thorax lateralt to 3-kantede Sølvpletter..... *S. agyreatum* Mg.
7. Metatarsus$_3$ næsten cylindrisk og basalt tydelig gul. Bløde Mesopleuralhaar *S. equinum* (L.) Edw.
Metatarsus$_3$ vertikalt udbredt. Mørk. Mesopleuralhaar mangler..... 8.
8. Tangens Grene kantede, lige afskaarne, vredne. Adminiculum kun svagt haaret. 9.
Tangens Grene næsten cylindriske. Adminiculum stærkt haaret..... 10.
9. Adminiculum paa Bagsiden næsten ganske glat. Vingens Aarer kraftige. Metatarsus$_3$ c. 4 G. saa lang som bred. Stor Art..... *S. costatum* Friedr.
Adminiculum med en snabelagtig Forlængelse paa Bagsiden. Metatarsus$_3$ 3 G. saa lang som bred..... *S. latipes* Mg.
10. Tangens Grene lange, af omtr. samme Bredde i hele deres Længde ..... *S. angustitarse* Lundstr.
Tangens Grene korte, tilspidsede, udad og opad svagt krummede.. *S. aureum* Fries.

Hunner.

1. Metatarsus$_1$ sammentrykt. Tibia$_1$ og undertiden Thorax med sølvskinnende Felter. 4 sidste Abdominaltergiter skinnende ..... 2.
Metatarsus$_1$ cylindrisk. Tibia$_1$ og Thorax uden sølvskinnende Felter. 4 sidste Abdominaltergiter matte..... 7.
2. Frons og Epistoma matgraa ..... 3.
Frons skinnende. Epistoma matgraa..... 4.
3. Kløer med en lille skarp Tand paa Indsiden foran Midten. Bløde Mesopleuralhaar *S. ornatum* Mg.
Kløer utandede. Mesopleuralhaar mangler..... *S. subornatum* Edw.
4. Thorax svagt skinnende, næsten mat med grovere Haarbeklædning..... 5.
Thorax stærkere skinnende med meget fin Haarbeklædning..... 6.
5. Frons metallisk blaagraa, mere end Halvdelen af Tibia$_2$ gul.... *S. morsitans* Edw.
Frons oliven til sort, mindre end Halvdelen af Tibia$_2$ gul..... *S. venustum* Say.
6. Thorax noget skinnende med svag U-formet eller stribet Tegning ..... *S. argyreatum var. sericatum* Mg.
Thorax klart skinnende, uden Tegning..... *S. argyreatum* Mg.
7. Kløer simple og meget store. Thorax med 3 sortbrune Striber dækket af gylden Haarbeklædning. Bløde Mesopleuralhaar..... *S. equinum* (L.) Edw.
Kløer med en stor tungeformet Rodtand ..... 8.
8. Ben mørktbrune..... 9.
Ben lyse eller mørkegule ..... 10.

9. Thorax og Abdomen med sølvskinnende Haarbeklædning. Følehorn sorte. Vingens Aarer kraftige. Stor Art ..... *S. costatum* Friedr.
   Thorax med messinggul Haarbeklædning; Abdomens rødgule Grundfarve skinner igennem dens sparsomme Forsyning med smaa tynde Haar ..... *S. latipes* Mg.
10. Femora og Tibier klart gule med sorte Spidser ..... *S. aureum* Fries.
    Femora og Tibier mørkere gule, brune basalt ..... *S. angustitarse* Lundstr.

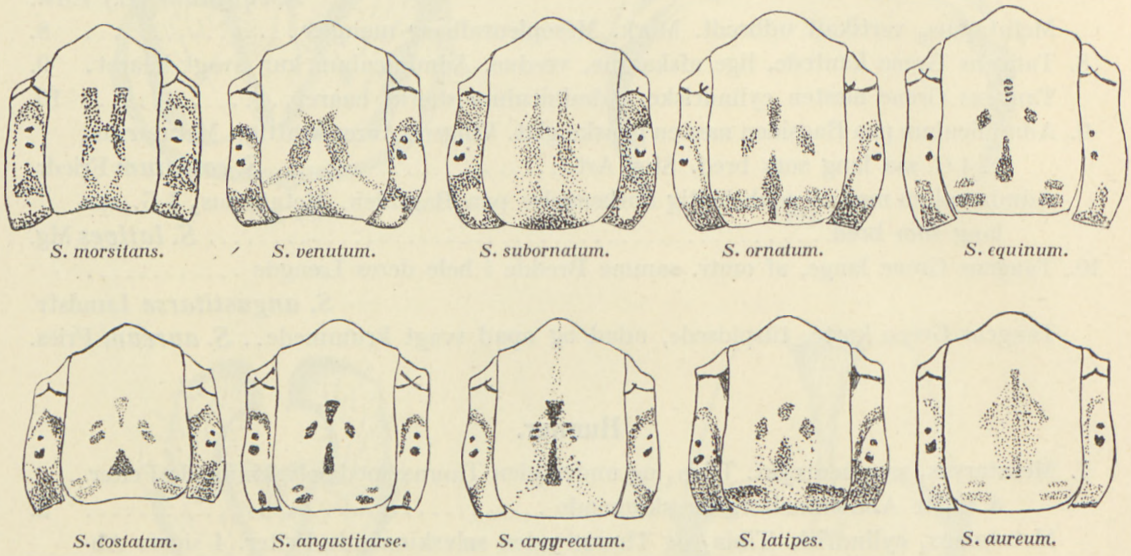


Fig. 32. Pigmenttegninger paa Oversiden af Hovedet og Partiet omkring Øjnene af danske Simulium-larver. (Noget skematiseret.)

Larver.

1. Hovedets Centraltegning H-formet ..... 2.
   Hovedets Centraltegning af anden Form ..... 3.
2. Skarp H-formet Tegning paa gul Grund; Larven bleg-gulgrøn ca. 5—6 mm lang. *S. mortisans* Edw.
   Udvisket H-formet Tegning paa brunlig Grund. Larven brunlig ca. 7—8 mm lang *S. subornatum* Edw.
   De øverste Grene i H-Tegningen afkortede. Larven brunlig ca. 6—6,5 mm lang.. *S. venustum* Say.
3. Længdepletterne i Centraltegningen forenede eller meget langstrakte; alle fire Pletter er ofte ved fin Punktering af Mellemrummene samlede til et Hele .. 4.
   Alle 4 Centralpletter fritstillede, dannende et Kors ..... 5.
4. Tydelig Ringdannelse; det X-formede Chitinstøtte bag Anus med enkelte smaa Torne; meget smaa Ventralpapiller ..... *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.

Utydelig Ringdannelse; det X-formede Chitinstøtte bag Anus med flere stærke Torne; tydelige Ventralpapiller ..... *S. aureum* Fries.

5. Den bageste af Centralpletterne fremtrædende mørkbrun, omtrent ligesidet trekantet, de andre udviskede ..... *S. costatum* Friedr.

Alle 4 Centralpletter tydeligt farvede ..... 6.

6. Farven klar grøn; Bagfodens Krogkrans med over 100 Krogrækker med ca. 20 til 30 Kroge i Rækkerne; Krogrækkerne danner samlet en tæt, mørk Ring, der er meget bredere ventralt end dorsalt ..... *S. equinum* (L.) Edw.

Farven gulgrøn eller brunlig; bageste Sugeskaal med under 100 Krogrækker .... 7.

7. Ingen Ventralpapiller. Stærke Torne paa det X-formede Chitinstøttes forreste Grene, Huden om Anus med tydelige, 3—5 fligede Torne ..... *S. ornatum* Mg.

Ventralpapiller. Det X-formede Chitinstøtte utornet. Huden om Anus nøgen eller med simple Torne ..... 8.

8. Analgæller simple. Hovedets Centralpletter skarpt markerede. Huden om Anus nøgen *S. angustitarse* Lundstr.

Analgæller grenede. Hovedets Centralpletter noget udviskede. Huden om Anus med fine simple Torne ..... *S. latipes* Mg.

Pupper.

1. Coconen tøffelformet. Pupperørene lange, slanke, hovedsagelig gaaende i Kroppens Længdeaxe ..... 2.

Cocon mørser- eller støvleformet. Pupperørene tykke. Hovedstammerne vertikalt paa Kroppens Længdeaxe, indrammende Thorax' forreste Del og Hovedet .. *S. equinum* (L.) Edw.

2. Pupperørenes Antal 8 paa hver Side ..... 3.

— — 6 — — — ..... 5.

— — 4 — — — ..... 6.

3. Pupperørene ikke tydelig parvist ordnede, mere eller mindre divergerende ved Basis *S. subornatum* Edw.

Pupperørene parvist ordnede ..... 4.

4. 2 ventrale Par udgaaende fra en kort fælles Stilk, denne 2-delt, nederste Gren længst. Gracil Puppe med fine Rør ..... *S. morsitans* Edw.

3 dorsale Par samlede, adskilt fra det ventrale Par. Større, kraftigere Puppe ... *S. ornatum* Mg.

5. Pupperørene ikke i samme Plan, noget divergerende ved Basis; det øverste Rør danner en stor aaben Bue ..... *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.

Pupperørene i 2 vertikale Planer; det øverste Rør danner en svag Bue; alle Rør convergerer jævnt fortil ..... *S. venustum* Say.

6. Cocon med Tap fra forreste Rand ..... 7.

Cocon uden Tap ..... 8.

7. Rørene svagt divergerende, omtrent samløbende, Tappen lang ..... *S. latipes* Mg.

Rørene stærkt divergerende. Tappen kort ..... *S. angustitarse* Lundstr.

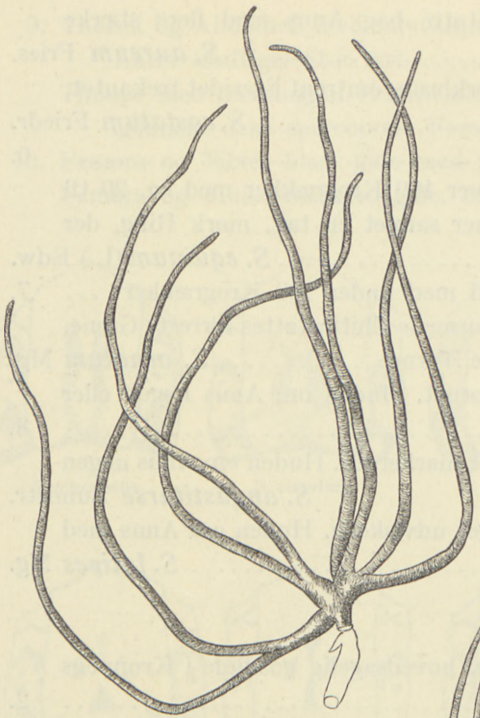


Fig. 33. *S. ornatum* (venstre).

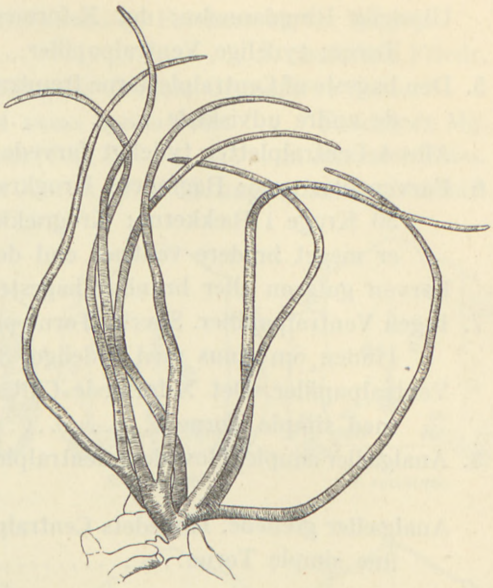


Fig. 34. *S. subornatum* (venstre).

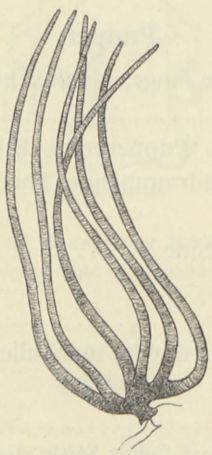


Fig. 36. *S. venustum* (venstre).

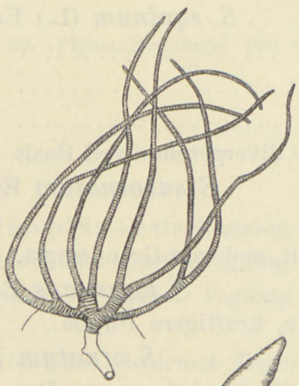


Fig. 35.
S. morsitans (højre).

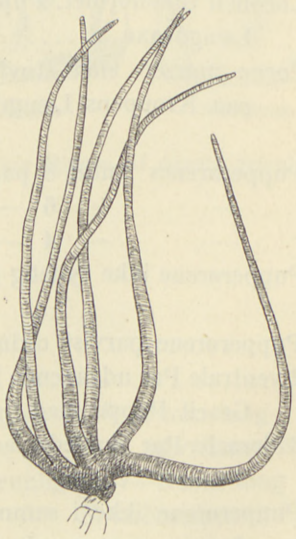


Fig. 37. *S. argyreatum* (venstre).

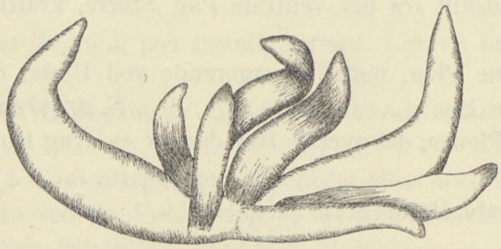


Fig. 38. *S. equinum* (højre Side set ovenfra).

Pupperør.

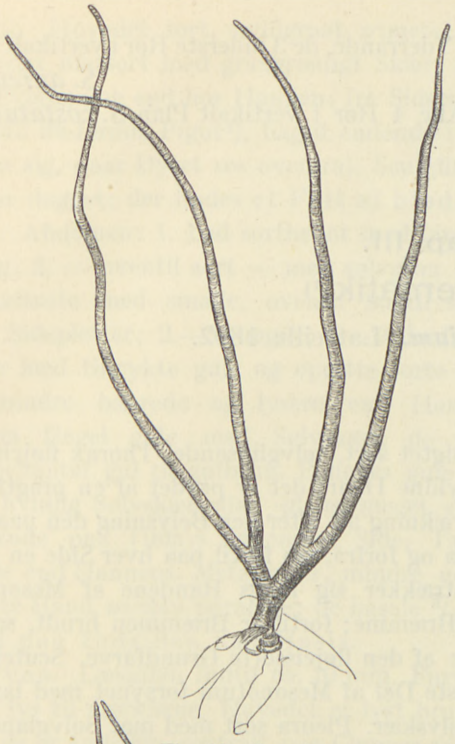


Fig. 39. *S. costatum* (venstre).

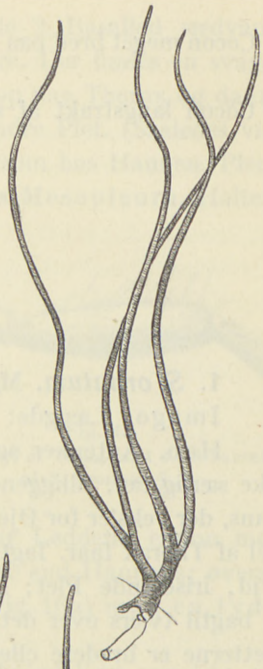


Fig. 40. *S. latipes* (venstre).

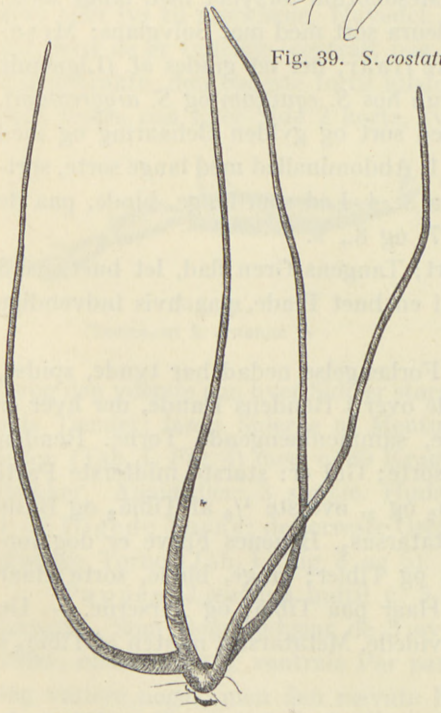


Fig. 41. *S. angustitarse* (højre).

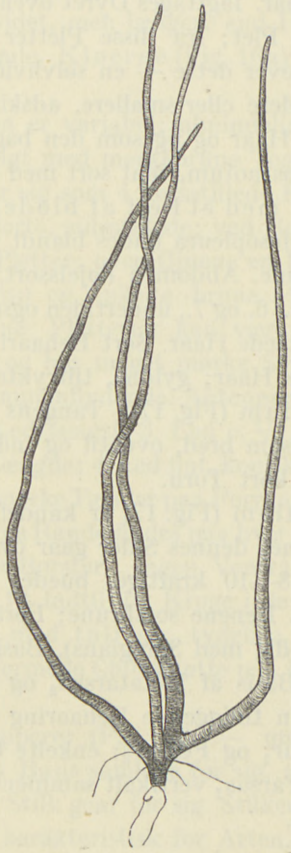


Fig. 42. *S. aureum* (venstre).

Pupperør.

8. Cocon meget bred paa Midten med buede Yderrande, de 3 inderste Rør i vertikalt Plan *S. aureum* Fries.
Cocon langstrakt af sædvanlig Form. Alle 4 Rør i vertikalt Plan *S. costatum* Friedr.

Kap. III.

Systematik.[1])

Genus. *Simulium.* Latreille 1802.

1. *S. ornatum.* Mg.

Imago. Længde: 2,5—5,0 mm.

Han. Antenner og Palper sorte, Ansigtet sort, sølvglinsende. Thorax fløjelssort med ikke særlig tæt, tilliggende Behaaring af gyldne Haar; det er prydet af en pragtfuld Sølvglans, der veksler for Øjet i Styrke og Udstrækning alt efter den Belysning den paagældende Del af Thorax faar. Iagttages Dyret ovenfra og forfra, ses fortil paa hver Side en stor sølvhvid, iriserende Plet; fra disse Pletter strækker sig langs Randene af Mesonotum — og bagtil tværs over dette — en sølvhvid Bræmme; fortil er Bræmmen brudt, saaledes at Pletterne er bredere eller smallere, adskilte af den fløjelssorte Grundfarve. Scutellum med tiltrykte gyldne Haar og ligesom den bageste Del af Mesonotum forsynet med lange sorte, oprette Haar. Postnotum, mat sort med Sølvskær. Pleura sort med mat Sølvglans; Mesopleura oventil med et Felt af bløde, oftest gule Haar, der let gnides af. (Lignende Haarfelter paa Mesopleura findes blandt vore Arter kun hos *S. equinum* og *S. argyreatum*). Halteres citrongule. Abdomen fløjelssort, forsynet med sort og gylden Behaaring og med Sølvpletter paa 2., 6. og 7., undertiden ogsaa 5. Tergit. 1. Abdominalled med lange sorte, sortgyldne, bagudrettede Haar. Sort Behaaring findes paa 3., 4. Led som lange, bløde, paa de andre som korte Haar; gyldne, tiltrykte Haar paa 7. og 8., 9.

Hypopygium (Fig. 17). Tangens Basalled kort; Tangens Gren flad, let buet, ca. 3 Gange saa lang som bred, oventil og indad udbredt i en buet Plade, paa hvis indvendige Rand findes en kort Torn.

Adminiculum (Fig. 17) er kandeformet, dets Forlængelse nedad har tynde, spidse, opadrettede Torne; dennes Sider gaar oventil udbuede over i Rendens Rande, der hver er forsynede med 8—10 kraftige, buede, bagudrettede, sammenhængende Torne. Renden afskaaren bagtil. Benene sortbrune; Fortarser dybt sorte; Gul er: største midterste Parti af $Tibia_1$ (udvendig med Sølvglans), Basis af $Femora_2$ og $_3$, øverste $^1/_3$ af $Tibia_2$ og Basis af $Tibia_3$ samt Basis af $Metatarsus_2$ og c. $^2/_5$ af $Metatarsus_3$. Benenes Farve er dog foranderlig. Gulbrun tilliggende Behaaring paa Femora og Tibier; lange, bløde, sorte Haar paa Coxæ, $Femur_1$ og $Femur_3$; enkelte lange, sorte Haar paa $Tibia_1$ og Tarserne. — De tre første Led i $Tarsus_1$ vertikalt sammentrykte og udvidede. $Metatarsus_3$ næsten af $Tibia_3$'s Bredde (Fig. 43).

[1]) Hvor Autorangivelse for Fund mangler, er dette gjort af Forfatteren. Indsamlinger hidrørende fra Universitetets ferskvandsbiologiske Laboratorium er betegnede ved (U. f. L.).

Hun. Hovedet sort, hvidgraat »rimet«. Antenner sorte, de 2 Basalled sædvanlig røde. Thorax matsort med graagrønligt Skær; Behaaringen blegere. Der findes en svagere udtalt Sølvbræmme end hos Hannen; fra Siderne bøjer den fortil op paa Thorax og danner her en bred ∂G-formet Figur[1]), bagtil endende i en større eller mindre Plet. (Saaledes viser Tegningen sig, naar Dyret ses ovenfra). Scutellum og Postnotum som hos Hannen. Pleura sort, graat dugget; der findes et Felt af bløde, gule Haar paa Mesopleura. Halteres lyst gule. Abdomen: 1. Led sortbrunt med lang, gul Behaaring; 2. — oventil sort — med sølvgraa Sider; 3.—5. matsorte med smalle, oventil bagtil spidse, hvidgraa Sidepletter; 2.—5. nøgne; 6.—9. Led sorte, skinnende med tiltrykte gule og oprette sorte Haar. Benene mindre haarede og lysere end Hannens. Coxæ$_1$ som Regel gule med Sølvskær, de andre sorte. Trochanter gul til gulbrun. Benenes gule Partier med hvidlig Sølvskær eller -glans, meget stærkt fremtrædende paa Tibia$_1$s udvendige Side. Tarsus$_1$ (Fig. 44) har Leddene endnu mere forstørrede end Hannens. Metatarsus$_3$ mindre udvidet, men længere end Hannens; øverste og nederste Rand næsten parallele; de basale $^3/_5$ gule. Kløerne (Fig. 16a) med en tydelig Tand paa Indsiden nær Basis.

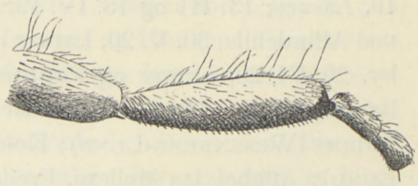


Fig. 43.
Distale Del af Tibia$_3$ med 1—3 Tarsalled af *S. ornatum* ♂.

Larven. Længden indtil ca. 10 mm. Farven er variabel; almindeligst smudsig gulgrøn eller lys til mørkbrun. Hovedet er lyst brunligt med mørkebrune Tegninger (Fig. 32), der, hvis de er tydelige, centralt paa Clypeus viser sig som 4 korsstillede Pletter: i Midten 2 langstrakte, den bageste fortil kileformet, og 2 korte, sidestillede; ved Bagranden af Clypeus findes paa hver Side 2 korte, tværliggende Pletter; over Øjnene en buet, bred Linje (»Øjenbryn«) og enkelte brune Pletter under og bag Øjnene; Pletterne kan være meget blege og utydelige og hos meget mørke Stykker mere eller mindre sammenflydende. Antennerne (Fig. 5) 4-leddede; 2. Led længst, 3. Led c. $^1/_3$ af 1. og 2. Leds samlede Længde; 4. Led fint, konisk tilspidset. Mentum har 9 mørke Tænder paa Forranden; den midterste og den yderste paa hver Side er størst; paa de skraa Rande findes paa hver Side c. 6 svagere gule Tænder; langs Siderne af Mentum c. 6 lange Børster. Ingen Ventralpapiller. Analfoden (Tab. I, Fig. 4) med c. 80 Krogrækker med 12 indtil 16 Kroge i de centraltløbende Rækker. Analgæller: 3 simple. Huden om Anus med talrige, tydelige, skælformede 3—5 fligede Torne; de forreste Grene af det X-formede Chitinstøtte paa begge Sider med kraftige Torne (Tab. I, Fig. 4 og 5).

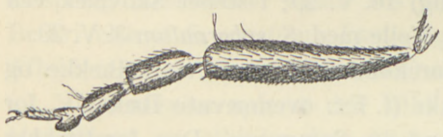


Fig. 44.
Tarsus$_1$ af *S. ornatum* ♀.

Puppen. Længden indtil c. 5 mm. 8 Pupperør (Fig. 33) — omtr. af Puppens Længde. Som Regel udgaar de 3 øverste Par fra Basis samlede for sig, parvis paa korte Stilke, medens det 4. ventrale Par paa en længere Stilk gaar for sig. Stilkenes Længde kan dog variere noget, men den nævnte Fordeling er karakteristisk for Arten.

[1]) Man kan ogsaa beskrive Figuren som dannet af 2 6-Tal, der vender Ryggen mod hinanden.

Coconen (Fig. 53): Simpel Tøffelform; Vævet tæt med tydelig Rand. Længden mere end 2 Gange den største Bredde, denne omtrent som Mundaabningens Højde. Vævet i Bunden naar ca. Halvdelen af Coconens Længde.

Findesteder: Om *S. ornatum*'s Forekomst i Vigersdalsaa, Ringstedaa og Kongeaa se Kap. IV. Følgende Fund skal nævnes: Bæk ved Eskildstrup pr. Ringsted, 25. IX. 1888 E. Rostrup (Vetr.skolens Zool. Museum) Pupper; Bæk til Ringsted Aa ved Hømb, 16. II. 19, Larver; 13. III og 13. IV. 19, Larver; 27. II. 21, Larver, enkelte i sidste Stadium; Bæk ved Allindelille, 30. V. 20, Larver og Pupper med *S. venustum* og *S. latipes*; Bæk ved Kværkeby, 29. VI. 20, Larver og Pupper; Køgeaa 26. III. 10, Pupper (Wesenberg-Lund.); Lellingeaa 12. IX. 20; 31. V. 21, Larver og Pupper; Havelseaa 11. VI. 12, Larver og 22. VI. 12, Pupper (Wesenberg-Lund); Kold Kilde til Tjustrup Sø 5. VIII. 18, Larver (Wesenberg-Lund); Afløbet fra Møllesø, Frederikskilde, Larver og Pupper (Wesenberg-Lund). Hunner er gentagne Gange taget paa Kvæg i Egnen om Ringsted, saa sent som 2. X. 21 med *S. argyreatum*; Hanner i Sværme, Kærup, Ringsted 8. X. 22. Skovbæk til Hallebyaa, Kattrup 28. V. 22, Pupper (klækket, ♀ et meget lyst farvet Stykke); Svanninge Kilde 23. VIII. 18, Larver (Wesenberg-Lund); Allerup Bakker 17. IX. 20, ♀; 5.—7. X. 20, ♂♂; Kokær 22. IX. 20, ♂ og Sortbæk 28. IX. 20, ♀ (Lærer Thomsen, Dannerhøj); Horsekildebæk, Allerup Bakker 15.—20. V. 18, Larver (Wesenberg-Lund); den er endvidere taget i Lindenborg Aa; Thors Møllebæk, Marselisborg, Aarhus; Vejleaa; Kolding Aa; Skovbæk ved Aabenraa; Romaa, Lemvig; Ommeaa, Sdr. Omme; Letbæk Mølle, Tistrup; Linding Aa; Skovbæk, Kjærgaard Skov, Hundrup 11. VIII. 18, Larve og Pupper; Kongeaa, Egnen ved Villebøl og Tobøl; Hjortvad Aa, Kalvslund og Ribeaa samt i Bække til disse tre Aaer; endvidere i Bredeaaens forskellige Løb. I Silkeborgegnen er dens Larver og Pupper taget i Nebelbæk 6. V. 20 med *S. latipes*, i Linaa 17. V. 20; i Funder Aa, Lysbro 16. V. 20, og i Bække til Silkeborg Langsø fra Hvinningdal og Kærsgaard (den ene Bæk okkerholdig) 16. V. 20; i stenet Skovbæk ved Sveibæk med *S. latipes* 5. V. 20 og i Grøfter ved Ry Mølle med *S. subornatum* 3. V. 20.

Almindelige Bemærkninger. *S. ornatum* forekommer i vore Aaer, Bække og Grøfter med rindende Vand; den findes endog i Bække (f. Ex. ovennævnte Bæk NV. for Allindelille og Skovbækken ved Sveibæk), der tørrer ud om Sommeren. Den foretrækker Vandplanter med lange, smalle Blade, men fæster sig, hvor saadanne ikke findes, til hvad der er til Stede. I en okkerholdig Bæk ved Silkeborg sad dens Larver og Pupper paa Græsblade, der var dækkede med et tykt Lag Okkerslam, der ganske skjulte Coconerne med Pupperne.

S. ornatum er paa Grund af sin store Udbredelse og Tilstedeværelse i stort Antal en af de Simulier, der vil kunne foraarsage følelige Angreb paa vore græssende Husdyr, men spiller i den Henseende dog en langt ringere Rolle end *S. argyreatum*.

Dens Hunner er taget i Mængde i en Stald paa Silkeborgegnen, hvor Kvæg maatte drives ind efter et Angreb om Morgenen; jeg har set den angribe Kvæg og Heste og den er almindelig forekommende i Kvægets og Hestens Øren; om Indsamlinger paa Staldvinduer i Stalde, hvori disse Dyr er drevne ind efter Angreb, se p. 87. I et Materiale, der stammede fra et Angreb paa Kvæg, Rindsholm 10. V. 18 (Dyrlæge Carl Petersen, Vetr. Skolens Zool. Museum) fandtes: 8 ♀♀ *S. ornatum*, 19 ♀♀ *S. argyreatum* og 5 ♀♀ *S. equi-*

num. En Foraarsdag, da jeg arbejdede i en Have, blev jeg angrebet af en stor Simulium med Sølvpletter paa Thorax, rimeligvis *S. ornatum.* Edwards har gjort den Iagttagelse, at han ved lignende Arbejde ofte blev angrebet af Simulier, og udtaler den Formodning, at disse maaske antager det foroverbøjede Menneske for en Hest eller Ko.

Systematiske Bemærkninger. At Arten er identisk med den fra Tyskland, England o. a. St. beskrevne Form, ligger udenfor al Tvivl; Edwards Beskrivelse (1915) af Arten passer med Undtagelse af, at Farven hos de engelske Hunners $Coxæ_1$ er sorte, ganske paa vore. Artens Farvetegning, navnlig Sølvtegningerne paa Hannens og Hunnens Thorax samt Udbredningen af Gult paa Hunnens Bagkrop, varierer. Sølvpletterne hos Hannen kan være meget store, men er undertiden ganske smaa; den synes at være en noget inkonstant Art i sin Farvetegning: »a plastic species«, som Edwards træffende benævner den. Som hos andre Simulier iagttages en meget betydelig Forskel i Størrelse; Foraarskuldet er langt større og kraftigere end de efterfølgende Sommer- og Efteraarskuld. Tages disse Forhold i Betragtning, vil det ikke forundre, at der ved Bestemmelsen ofte er sket Fejltagelser. Hannen er sikkert bestemt ved sit Hypopygium; baade dets Adminiculum og Tangens Grene er karakteristiske; Hunnerne kendes paa den tandede Klo; *S. ornatum* synes foreløbig at være den eneste danske Art med denne Karakter, der ikke kan forveksles med den tungeformede Rodtand hos Arter, der hører til Gruppen *Eusimulium* (Edwards). Begge Køn karakteriseres ved Haarene paa Mesopleura sammenholdt med Kroppens og Benenes Farve og Form. Meigen har (1818, p. 290—91, I) givet en Beskrivelse af *S. ornata,* ♂ og ♀, der maa berettige til at tro, at det er denne Art, vi her opfører under dette Navn. Edwards (1920) har gennem E. Séguy faaet bekræftet, at hans Beskrivelse svarer til Meigens Type. Verdats Beskrivelse og Afbildninger af *S. sericea* Lin. (1830), som jeg har haft Lejlighed til at se, passer, som Edwards (1920) anfører, paa *S. ornatum.* (En Variation: Pupperørenes parvise Udspring forekommer ogsaa hos danske Arter). Fr. Meinert har (1881, p. 458) givet en Beskrivelse af *S. ornatum*'s Larve og Puppe, forsynet med Afbildninger af begge; disse Afbildninger er gengivne hos Grünberg (1910) og Wilhelmi (1920).

Lundström opfører den 1911 som en Varietet af *S. reptans*[1]), som han anser for Hovedform, og afbilder dens Hypopygium.

Friedrichs har (1919) afbildet Hannens Hypopygium og Pupperørene — men opfattet den som Lundströms Hovedform: *S. reptans* — i sit senere Arbejde (1921) som *S. ornatum.* I Schiners Fauna Austriaca II, p. 364 er Arten beskrevet.

2. ***S. subornatum.*** Edw.[2]).

Imago. Længde 3,0—4,0 mm

Han. Thorax sort med gylden Behaaring og Sølvpletter som hos *S. ornatum.* Mesopleura nøgen. Sølvpletterne paa Siderne af Abdomen er mindre tydelige. Ligner ellers Hannen af *S. ornatum.* Hypopygium (Fig. 18) af *S. ornatum*-Typen. Tanggrenen er dog længere; den yderste Del danner ikke nogen afrundet Plade, men tilspidser sig indad; paa

[1]) En Art, der kendes fra England, Tyskland, Sverige o. fl. Lande, men ikke fra Danmark.

[2]) Denne Art bør maaske rettere betegnes med det af Friederichs foreslaaede Navn: *S. Nölleri,* idet Friederichs senere har meddelt, at hans Publication forelaa medens Edwards' var i Trykken.

Spidsens Bagside en kraftig Torn. Adminiculum (Fig. 19) danner en (mellem Basalleddene) stærkt fremtrædende Køl, idet dets Siderande, der oventil er forsynede med grove, stumpe Tænder, nedadtil forenes i en med lange, grove Haar forsynet Køl. Benene: mindre kraftige end hos *S. ornatum*. Coxæ$_1$ gule, de andre sorte; de gule Partier paa Benene er mere udbredte, men mindre klare; Tibia$_3$ og Metatarsus$_3$ er brune. Metatarsus$_1$ forholdsvis længere; Metatarsus$_3$ mindre udvidet end hos *S. ornatum*. (Beskrivelsen er foretaget efter Stykker opbevarede i Alkohol.)

Hun. Hovedet sort, Frons og Epistoma matgraa, Palper og Antenner sorte, de sidste med 2 røde Basalled. Thorax som hos *S. ornatum*, dog er Haarbeklædningen finere; der er en bred ∂6-formet Sølvtegning, der dog er mere afdæmpet. Halteres bleggule. Mesopleura nøgen. Abdomen begbrunt med gule Haar paa Randen af 1. Led, Sølvplet paa 2., 3.—5. med store, bagtil buede, matsorte Pletter, nøgne; de 4 sidste Led svagt skinnende, med gule og sorte Haar. Benene svagere end hos *S. ornatum*; Metatarsus$_1$ og Metatarsus$_3$ mindre udbredte; Farven er mere gulbrun. Coxa$_1$ gul, de andre sorte; Tarsus$_1$ og Spidsen af Tibia$_1$ kulsort; Tibia$_1$ sølvskinnende paa udvendig Side. Kløer simple.

Larven. Længde 7—8 mm. Farven brunlig uden tydelig Ringtegning: Hovedet lyst til mørkt brunt med en mørk Ring om Øjnene. Centraltegningen (Fig. 32) formet som et noget udvisket H paa brunlig Baggrund. Den basale Del af Viftens (Fig. 4) c. 44 Straaler brunlig. Antennerne 4-leddede; 1. Led kortest, 2. næsten 2 Gange saa langt som 1., 3. længere end 1. Mentum: (Fig. 11). Forranden med 9 stærkt chitiniserede Tænder. Ydertænderne, der er meget brede, og Midttanden størst. 4 Børster langs Randen paa hver Side, den forreste meget kraftigt udviklet. Ingen Ventralpapiller. Huden rundt Anus forsynet med fine, fligede, skælformede Torne og imellem de forreste og bageste Grene af det X-formede Chitinstøtte med lange Børster. Analgællernes 3 Hovedgrene med 6—7 Flige paa hver (Tab. I, Fig. 3). Analfoden med c. 70 Krogrækker og 12—14 Kroge i hver.

Puppen c. 5 mm. 8 kraftige Pupperør (Fig. 34) divergerer stærkt i forskellig Retning; det øverste og de 2 nederste Par udgaar med korte Stilke i forskellig Retning; det næstøverste Par udgaar basalt fra Stammen; det øverste Par staar næsten vertikalt. Coconen har Tøffelform; er vævet af grove Traade med aabne Masker, der navnlig oventil er meget store; Edwards (1920) betegner disse sidste som »Vinduer«. Bygger mange Larver Coconer paa samme Sted, og der muligvis ikke er tilstrækkelig passende Materiale til Anbringelse af Coconerne, bygger de disse koloniagtig paa Siderne af eller oven paa hinanden (Ry Mølledam, Wesenberg-Lund; Veterinærskolens zool. Samling).

Findesteder: Møllesøen ved Ry Juni 1895, Wesenberg-Lund; samme Steds 3. V. 1920 i Grøfter med rindende Vand og i Møllesøen, Larver og Pupper (klækkede) [Forf.]; fandtes her med *S. ornatum*; Ringsted Aa, Hømb Mølle 21. IX. 1922, 3 Pupper (1 ♀ klækket).

Arten synes at have 3 Generationer.

3. ***S. morsitans.*** Edw.

Imago. Længde 3,0—3,5 mm.

Han. Farven sort, i det væsentlige med sort Behaaring. Thorax dybt fløjelssort med tæt gylden Behaaring. Sølvbræmme om Thorax, set ovenfra 2 skarpt markerede,

skraatstillede, aflangt firkantede Sølvpletter. Sølvskær paa Pleura (Mesopleura nøgen) og Postnotum; Sølvplet paa 2. og 6.—7. Abdominaltergit. Halteres citrongule. Hypopygium (Fig. 20) af *S. ornatum*-Typen. Tangens Grene er flade, overordentlig brede, bredest og fladt hvælvede mod Spidsen; let indsnævrede paa Midten; ingen Torn; stærkt haarede. Adminiculum ligner *S. ornatum*'s. Benene kulsorte; gule $Coxæ_1$ og begbrunt Basis paa $Metatarsus_3$. Behaaring omtrent som *S. ornatum*; $Tarsus_1$ er kraftig udvidet, $Metatarsus_3$ kun i mindre Grad.

Hun. Frons metalglinsende med staalblaat Skær; Epistoma matgraa. Antenner sorte, de 2 Grundled i Midten begbrune. Palper begbrune. Thorax olivenfarvet, svagt metalskinnende, med tæt, ret grov, bleggylden Behaaring; nogen Sølvglans paa en Bræmme langs Siderne og fortil paa Thorax. Pleura nøgen. Halteres gule. Abdomen gult med lange, gule Haar paa 1. og Sølvplet paa 2. Led; sort Skygning paa begge disse Led. Sorte, halvmaaneformede Tegninger paa 3.—5. Led, der er nøgne og matte. 4 sidste Led mørkt-broncefarvede, kort behaarede, skinnende. Ben begbrune; Spidsen af $Tibia_1$ og hele $Tarsus_1$ sorte; gul er $Coxa_1$, $^4/_5$ af $Tibia_1$, basalt $^1/_2$ af $Tibia_2$, $Tibia_3$ og $Metatarsus_3$; denne sidste er kun lidt udvidet, medens Leddene i $Tarsus_1$ er stærkt udvidede og kraftige. Kløer simple.

Larven. Længde c. 5—6 mm. Farven bleg gulgrøn. Hovedet gult med mørkere Ring om Øjnene; Centraltegningen (Fig. 32) formet som et ret skarpt tegnet H. Antennerne 4-leddede; 1. Led er kortest, 2. længere og 3. længst. I Vilten c. 50 Straaler. Mentum (Fig. 12) med 9 Tænder i Forranden; den midterste og den yderste paa hver Side størst; den sidst nævnte meget bred; 4—5 Haar paa hver Side og 2 midt paa Undersiden. Ingen Ventralpapiller. Fine, fligede Torne paa Huden om Anus. Analgæller 3-grenede med 5—6 Flige paa Sidegrenene og basalt paa den midterste Gren. Analfoden med c. 72 Krogrækker med 9—12 Kroge i hver.

Puppen c. 4 mm. Pupperørene (Fig. 35) 8, parvis ordnede; hvert Par udgaar stilket fra Basis; de tre øverste med omtrent lige lange Stilke, nederste Pars Stilk noget længere. Rørene er fine og slanke, ordnede i et vertikalt Plan, omtrent saa lange som Puppen. Coconen tøffelformet; Vævet fint.

Findesteder: Hjortvad Aa ved Kalvslund 8. VIII. 1919, Puppe (klækket); i Kongeaa ved Villebøl som Larve og Puppe, 6. VIII. 1920, og samme Steds i Juli 1921; desuden i Ommeaa ved Sdr. Omme, 16. VII. 1921; Imago ♀ i Hønsehus i Villebøl, 8. VII. 21 og i Sdr. Omme i Hestestald, 11. VII. 21, 2 ♀♀. Jeg har kun fundet den i disse tre Aaer, der er rigeligt forsynede med Vegetation, sammen med *S. ornatum* og *S. equinum*; tog dem i Ommeaa og Kongeaa atter Sommeren 1922 og fandt i tilsendt Materiale fra Kongeaa 15. X. 22 en 7 mm lang Larve. I Wesenberg-Lund's Indsamlinger findes dens Larver fra Vors Aa 20. V. 18, Gudenaa 29. og 31. V. 17 samt fra Aaen ved Nørholm Skov 15. VI. 18. Den synes at have 3 Generationer.

4. ***S. venustum.*** Say.

Imago. Længde 2,5—3,0 mm.

Han. Farven sort. Thorax mat fløjelssort med gylden Behaaring; en kraftig iriserende Sølvbræmme omrammer Thorax og ender fortil i et Par skarpt staaende, aflange,

stærkt sølvglinsende Pletter; iagttages Dyret forfra, ses kun disse Pletter paa mørk gylden Baggrund, bredt adskilte. Pleura og Postnotum matsorte med Sølvskær. Mesopleura nøgen. Halteres cintrongule. Abdomen fløjelssort med lang, sort Behaaring paa 1. Led; sort, opretstaaende Behaaring paa 3.—6.; længst paa 3. Led. Svage, gule, tiltrykte Haar paa 7.—9. Led. Sølvplet paa 2., 6. og 7., tildels ogsaa paa 8. Led. Hypopygium (Fig. 21) af *S. ornatum*-Typen; Tangens Grene har ud for nederste Trediedels indre Rand indad og bagtil en tilspidset Forlængelse. Inderranden bliver derved mellem denne og den Torn, som Tangens yderste, buede Del paa Indsiden bærer, ret indskaaren. Adminiculum (Fig. 22) kandeformet som hos *S. ornatum*. Siderne af den nedadgaaende, tornede Forlængelse gaar buede over i Rendens kraftig takkede Rande. Renden indskaaren bagtil. Ben sorte med stærk Sølvglans paa $Tibia_1$; baade $Metatarsus_1$ og $Metatarsus_3$ stærkt udvidede. Kraftig Behaaring omtrent som hos *S. ornatum*.

Hun. Farven sort; Frons glinsende olivengrøn til sort; Palper og Antenner sorte, de sidste med 2 begbrune Basalled. Thorax sort, svagt skinnende, beklædt med spredte, tiltrykte, grove, gyldne Haar. Set ovenfra: ∂6-formet Tegning med 2 brede Sølvpletter; mat Sølvbræmme. Pleura sort, tildels sølvdugget, nøgen. Halteres bleggule, Vinger iriserende; de store Aarer gule. Ben kraftige; tyndt behaarede; de 3 basale Led i Forfoden udvidede; $Metatarsus_3$ sammentrykt og noget udvidet. Kløer simple. Farven: sort. Gul eller gulbrun er: $Coxa_1$; $Tibia_1$ (med Undtagelse af den basale og distale Spids) og $^2/_5$ til $^1/_2$ af $Tibia_2$ og $Tibia_3$ basalt; de gule Partier med Sølvskær, stærkest udtalt paa $Tibia_1$. Tarser dybtsorte med Undtagelse af Basis af $Metatarsus_2$ og basale $^1/_2$ af $Metatarsus_3$, der er gul. Abdomen sort; 1 Ring gul med lang gul eller gylden Behaaring, 4 følgende Tergiter matsorte, 4 sidste skinnende, alle med smal, begbrun Bræmme paa Bagranden; 4 sidste Led med tiltrykte gule og oprette sorte Haar.

Larven. Længde 6—6,5 mm. Smudsig gul med utydelig rødbrun Ringtegning. Hoved lystgult med utydelig brun Ring om Øjnene. Centraltegningen (Fig. 32) har nogen Lighed med et udvisket stort H, hvis øverste Grene er meget afkortede, de nederste meget brede, divergerende; langs Bagranden af Clypeus sædvanlig ogsaa et farvet Parti. Viften med c. 52 Straaler. Antennerne: 1. Led er lidt kortere end 3., 2. længst. Mentum som hos *S. morsitans*; 9 kraftige Tænder i Forranden; udenfor Hjørnetænderne findes paa hver Side en kortere, mørk Tand. Ingen Ventralpapiller. Huden rundt Anus med talrige, fine, fligede, skælformede Torne. Analgæller med 4—6 Flige paa de 3 Hovedgrene.

Puppen. Længde c. 4 mm. Pupperørene (Fig. 36) 6, omtrent af Puppens Længde, ordnede parvis; de to øverste Par ligger i samme vertikale Plan, det nederste ogsaa i et vertikalt Plan, men lidt udenfor de førstnævnte; de er slanke og konvergerer fortil; det øverste Rør udgaar omtrent vertikalt fra Basis og danner derefter en lav Bue, idet det løber fremefter. Coconen er tøffelformet.

Findesteder: Paa Sjælland er *S. venustum* taget i Lellinge-, Vigersdals-, Ringsted- og Hallebyaa og et Tilløb til Hallebyaa N.V. for Allindelille (Fig. 52); i Jylland har jeg i Linaa 17. V. 1920 taget to ikke fuldt hærdede ♂-Pupper, hvis Pupperør havde *S. venustum*'s karakteristiske Form, og hvis Hypopygier kunde erkendes som denne Arts. Imagines tages hvert Aar i Foraarstiden til hen i Juni Maaned i Egne om de nævnte Aaer: Vrange-

skov 16. V. 19; Ringsted 22. V. 19; Kærehave 22. V. 19; Ringsted 3. og 11. V. 20; Allindelille, Mark og i Skoven paa aabne Steder 30. V.—13. VI. 20. Wesenberg-Lund og Forf. har taget den ved Lellingeaa og navnlig i store Mængder ved Hallebyaa (Bromølle, Skovene ved Kattrup etc.).

Almindelige Bemærkninger. Hunnerne findes ofte paa Vegetationen langs Vandløbenes Bredder, Hannerne ikke sjælden i ret stor Afstand derfra i større eller mindre Sværme. Hannerne tiltrækker sig Opmærksomheden ved deres Sværmdannelse, som fra deres første Fremkomst fortsættes Dag efter Dag indtil Perioden er omme; de staar dels i smaa, men ofte i meget store Sværme, baade midt om Dagen i Sol, men hyppigst hen mod Aften, naar der kommer Ro i Luften, i Læ af Haver og Hegn etc. 1, 2, 3 Meter over Jordoverfladen. — En Sværm, bestaaende af Hunner med faa Hanner, har jeg iagttaget i Vrangeskov 16. V. 19; Wesenberg-Lund har taget begge Køn i Sværm ved Bromølle 14. V. 16. I 1921 viste Sværmene sig her ved Ringsted i Byens Anlæg 28. IV; det var fugtigt Graavejr med stille Luft; de sværmende Hanner kunde med Ketsjer tages i Hundredvis; paa Blade etc. iagttoges Par i Copula. 1922 havde jeg ved Bromølle fra 19. til 21. og fra 26. til 28. Maj Lejlighed til at følge Artens Færd; dens Angreb begyndte den 17. V. og afsluttedes omkring 6. VI.

Jeg har taget Larver i sidste Stadium 13. VI. 20; senere paa Aaret har jeg ikke set den; der er sikkert kun 1 Kuld her i Danmark, og man maa formode, at Æggene kan taale Udtørring eller i hvert Fald Oversomring i fugtig Jord; se p. 63. Arten søger med Forkærlighed stenede Aaer og Bække, hvis Stenbeholdning kan være ganske dækket som af et Tæppe af Myriader af Larver og Pupper; overmaade pragtfuldt ses dette om Foraaret i Hallebyaa, hvor den fra Aamosen ved Bromølle løber ind i det stenede Leje i Kattrupskoven (Fig. 45); de store Stene, hvorover Vandet paa sine Steder fosser og bruser, er brune, dækkede af de nævnte Pupper. Arten er omtalt forskellige Steder i Afhandlingen. Her i Danmark optræder den om Foraaret som en plagsom Blodsuger navnlig paa Heste, men ogsaa paa Kvæg, i Skovegnene syd for Jyderup og rimeligvis ogsaa andre Steder; om den har givet Anledning til aarlige Dødsfald, kan jeg ikke bestemt oplyse; Dyrlæge Gissemann, Jyderup, meddeler, at han kun kender et dødeligt Tilfælde (1 Tyr), men »næsten hvert Aar høres Tale her paa Egnen om, at Kreaturer er stukket ihjel af Insekter«. Jeg ved, at Egnens Folk tager Dyrene ind, naar disse er haardt angrebne, og har set Heste med udbredte Ødemer paa Bryst og Bug efter Angreb.

Systematiske Bemærkninger. Edwards (1920) formoder, at den af Otto Fabricius (1784) beskrevne *Tipula sericea* er denne Art; meget kan tale derfor: Puppen (se Afbildn. Fig. 2) havde 6 Pupperør; Hannen, der klækkedes, havde fløjelssort Thorax med tydelig Sølvtegning; Bagkroppen: »hinten wie eine Zange gestaltet«. Puppen fandtes paa Undersiden af *Potamogeton lucens* i en ikke hurtig løbende Flod i Norge i Juli 1778. Fabricius iagttog Sværmdannelse paa varme Dage mellem høje Fjelde.

Edwards har 1920 foreslaaet Navnet *S. venustum* Say. for denne Art (Thomas Say, Entomology of North America 1823 [Malloch 1914; Pomeroy 1916]), som han 1915 beskrev under Navnet *S. austeni*. Edwards har haft Lejlighed til at sammenligne Genitalier (Hypopygier) af engelske med amerikanske Exemplarer (fra Spartanburg — South Carolina —

A. W. POMEROY) og »kan næppe paavise nogen Forskel, ikke heller hos Hunnerne eller de tidligere Stadier«. ENDERLEIN har samme Opfattelse, idet han opfører den (1921) som *S. venustum*, Say 1828 [= Austeni, Edw. 1915] Europa; Nord Amerika. EDWARDS Beskrivelse passer ganske paa den Art, der er fundet her i Danmark. Afvigelse mellem europ. og amerik. Individer synes der dog at være i Tegningen paa Oversiden af Larvens Hoved; de hos de engelske og danske Individer sædvanlig mørke Partier, er hos de amerikanske lyse og Baggrunden mørk (EDWARDS angiver dog at have set denne Farveforandring hos nogle engelske Individer). Den skal efter de to amerikanske Forfattere være en af de almindeligste Arter i Nord-Amerika; men medens den i England og her i Danmark kun synes at optræde med 1 aarligt Kuld, meddeler POMEROY, at den som f. Ex. *S. equinum* i Danmark optræder fra For- til Efteraar i South Carolina med muligvis fra 5 til 6 Generationer, i Illinois har den kun 3 eller 4. I Omegnen af Spartanburg findes den i hele sin Flyvetid som Blodsuger i Hestes og Muldyrs Øren.

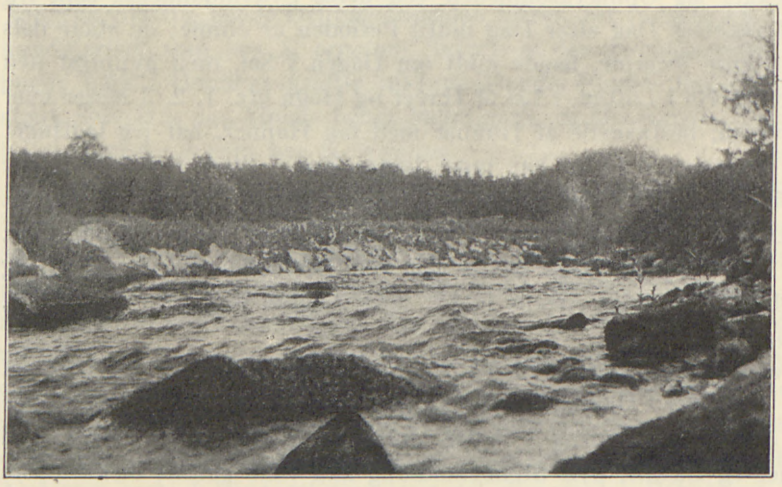


Fig. 45.
Hallebyaa i Kattrupskoven ved Bromølle 26. V 1922. De store Sten i Strømløbet er dækkede af et tykt brunligt Lag af Pupper og Larver af *S. venustum*.

5. *S. argyreatum.* (Mg.) Lundstr.

EDWARDS (1920, p. 235) har gjort opmærksom paa, at der hos Imago af denne Art forekommer 2 Former, der maa betegnes som Sæson-Varieteter, en Foraars- og en Sommer-Efteraarsvarietet, der synes at svare henholdsvis til MEJGENS *S. sericatum* og *S. argyreatum*. Rigtigheden af denne Opfattelse har E. SÉGUY (1920) bekræftet, idet han for EDWARDS har undersøgt de Meigenske Typer (om *S. sericatum* bemærker han »Détruit, le débris qui reste répond bien a votre description ♀«). Her i Danmark forekommer begge Former.

S. argyreatum var. ***sericatum*** Mg. Foraarsformen.

Imago. Længde 3,0—3,5 mm.

Han. Thorax: Mesonotum af Farve matsort og graa (den bageste Del skinnende) med tilliggende fin, gylden Behaaring; betragtes Mesonotum ovenfra, kan man betegne den som sort med en fortil aaben U-formet graa Tegning, fortil paa denne paa hver Side

findes en sølvskinnende, iriserende, skraatliggende Plet; set ovenfra og fra Siden kan Mesonotum betegnes som graa med en bred, sort Midtstribe, der som en Tunge udgaar fra den sorte Forrand og bagtil naar til den skinnende Del og to sorte, bagtil tilspidsede Sidepletter. Pleura og Postnotum matsorte med Sølvglans; oventil paa Mesopleura enkelte fine, sorte Haar. Halteres citrongule. Abdomen fløjelssort, sort behaaret; 1. Led med lange Haar; Sølvpletter paa 2., 5. og 6. Led. Hypopygium (Fig. 23): Tanggrenen er næsten kvadratisk, forsynet med 5—6 korte Torne langs distale Rands Bagside. Ben sorte; gul er midterste Stykke af $Tibia_1$ (med Sølvglans) og basale $^4/_5$ af $Metatarsus_3$, der næsten er cylindrisk, ikke udvidet; $Metatarsus_1$ let udvidet. Behaaring sparsom, kun $Femur_1$ med længere sort, opret Behaaring.

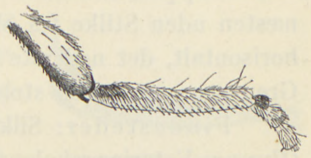


Fig. 46.
Distale Del af $Tibia_3$ med 1—3 Tarsalled af *S. argyreatum* ♀.

Hun. Palper og Antenner sorte, de sidste med 2 rødbrune Basalled. Frons skinnende sort. Epistoma sølvgraat. Thorax olivengrønligt, metallisk skinnende (mat Glans), ret tyndt beklædt med meget fine, gule Haar. Den graa Sølvtegning er lignende Hannens, men meget svagere udtalt. Pleura skinnende med Sølvskær; paa Mesopleura et lille Felt med faa korte, gule Haar. Halteres gule. Abdomen sort. 1. Led med lange, gulhvide Haar, 2.—4. matsorte, nøgne; 4. sidste Leds Tergiter skinnende, hovedsagelig beklædte med gyldne, tilliggende Haar. Ben sorte; gulbrun er $Coxa_1$, Trochanterne, Femora basalt og midterste Del af $Tibia_1$ (med stærk Sølvglans) samt basale $^1/_3$ af $Tibia_2$ og $Tibia_3$. $Tarsus_1$ kraftigt udvidet; $Metatarsus_3$ (Fig. 46) lang, ikke udvidet, gul med Undtagelse af Basis, Spidsen og underste Rand. Kløer simple.

S. argyreatum Mg.[1]) Sommer- og Efteraarsformen.

Imago. Længde 2,0—2,5 mm.

Hannens Thorax er dybt fløjelssort med yderst fine, korte, næppe synlige, gyldne Haar. Sølvbræmmen er kraftig, klar, skinnende og ender fortil med 2 trekantede Pletter, der, set forfra, med Spidserne er rettede indad og bagtil; der er ingen Længdestribning paa Thorax. Hunnens Thorax er mere skinnende end Foraarsformens. Forhofterne hos Hunnen af den engelske *S. sericatum* er sorte, hos den danske rødbrune; hos *S. argyreatum* er de i begge Lande røde. Kløer simple. Ligner iøvrigt Foraarsformen.

Larven c. 7—7,75 mm. Farven graalig med tydelig rødbrun Ringtegning. Hoved lystgult. Ring om Øjnene (»Øjenbryn«). Centraltegningen (Fig. 32) har 4 tydelige, langstrakte Pletter, af hvilke navnlig de midterste er fremtrædende og danner en bred Streg. Bagranden uden Tegning. Antennerne har 4 Led; 3. Led slankt, kortere end 1.; 2. Led c. 1,5 Gange saa langt som 1. Viften med c. 40 Straaler. Mentum har 9 mørke Tænder i Forranden og desuden en paa hver Side udenfor Hjørnetanden, der ligesom Midttanden er størst; paa hver Side c. 10 svage, gule Tænder og 4 kraftige Børster. Analfod med c. 82 Krogrækker, hver med c. 14—15 Torne og Kroge. Ventralpapiller smaa. Analgæller: 3

[1]) *Enderlein* (1921) har opført *S. sericatum* og *S. argyreatum* under Slægten *Boophthora*. Enderl.

simple. Huden om Anus med enkelte, simple Børster; enkelte mørke Torne kan findes paa de forreste Grene af det X-formede Chitinstøtte.

Puppen c. 4 mm. 6 lange, kraftige Pupperør (Fig. 37) ordnede parvis — men udgaar næsten uden Stilke fra Stammen; det øverste Par staar vertikalt, det næstøverste næsten horisontalt, det nederste skraat udad. Rørene ved Basis stærkt divergerende; den øverste Gren gaar opad i en stor aaben Bue. — Cocon tøffelformet; Vævet grovt; tydelig Rand.

Findesteder: Silkeborgegnen 1878 ♀♀ (J. C. Schiødte, Zool. Museum); 1878? ♀♀ (Bendz, Veterinærskolens zool. Museum). Rindsholm 10. V. 18, 19 ♀♀ (med 8 ♀♀ *S. ornatum* og 5 ♀♀ *S. equinum*). Angreb paa Kvæg (Dyrl. Carl Petersen); Lysbro, Silkeborg 11. V. 19. Angreb paa Kvæg (Dyrl. A. Nielsen); 16. V. 20, ♀♀ i Stalde med Kvæg, efter Angreb; 17. V. 20, Gudenaa, Resenbro, Larver og Pupper med *S. equinum*; 4. VII. 20, Resendal, ♀♀ Angreb paa Kvæg[1]) (Dyrl. A. Nielsen); Sdr. Omme, 11. VII. 21, ♀♀ i Stalde med Kvæg, efter Angreb; Ommeaa, Larver og Pupper; Bredeaa, Bredebro, 18. VIII. 20, Pupper med Pupper af *S. equinum*.

Vigersdalsaa, 11. V. 19, Larver og Pupper med *S. ornatum*, *S. equinum* og *S. venustum*; 2. XI. 20 ♀♀; Ringsted Aa, 12. VI. 20, Larver og Pupper; ved Have Mølle, Ringsted, 2. X. 21 ♀♀, Angreb paa Ko; Hømb Mølle, S. for Ringsted, 21. X. 22, ♀♀, paa Kvæg; i Ringsted Aa, Larver og Pupper med *S. ornatum*, *S. equinum*, *S. angustitarse* og *S. subornatum*; Næsbybro-Susaa, 25. V. 16 (Wesenberg-Lund).

Baade i sin Foraars- og Sommerform vor farligste Simulium; dens yngre Stadier forekommer i vore større Aaer.

6. ***S. equinum.*** (L.) Edw.

Imago. Længde 2,5—3,5 mm.

Han. Antenner og Palper sorte; Epistoma graat dugget, med lange, hvidgraa Haar. Thorax fløjelssort med lange, gyldne, tilliggende Haar over hele Fladen; en bred, graa Bræmme paa hver Side; Pleura graat dugget; Mesopleura med et stort Felt af lange, bløde, straagule Haar. Scutellum med lange, hvidgule Haar. Halteres gule. Abdomen fløjelssort. 1. Led med lang, hvidlig Behaaring, isprængt sorte Haar; 1.—8. Led med lange, bløde, hvide Haar, 9. Tergit med tiltrykte, gyldne Haar. Store, matte Sølvpletter paa 2., 6., 7. Ring. Hypopygium (Fig. 24): Basalstykket danner en stor, oventil svagt hvælvet Plade, fra hvis øverste, indvendige Del den lange, tynde, bøjede Tanggren (Fig. 25) udgaar. Ben sorte; mørkgul er Basis af $Tibia_2$ og $_3$; lysgul $Metatarsus_3$ med Undtagelse af den yderste, sorte Spids. $Tarsus_1$ tynd; $Metatarsus_1$ og $Metatarsus_3$ (næsten) cylindrisk.

Hun. Hovedet matgraat med sparsom, grov, messinggul Behaaring. Antenner sorte, to første Led brune. Palper sorte. Thorax matgraa med stribet Tegning og messinggul Behaaring; der er en gennemløbende, bræmmet, brun Midtstribe og nærmest den to udadbuede, kortere Sidestriber, der fortil konvergerer noget; udenfor disse ses, navnlig hos lyse Stykker, et Par brede, fortil kortere, Striber af brun eller olivengrøn Farve; alle Striber er samlede bagtil. Pleura er matgraa med et Felt af lange, bløde, gule Haar paa

[1]) I Angrebet deltog ♀♀ af *S. equinum* (Dyrenes Øren).

Mesopleura. Halteres gule. Abdomen sort, tæt beklædt med kortere, messinggule og navnlig paa den bageste Del tillige med lange, hvidgule Haar. Den kortere Haarbeklædning strækker sig i ventralt tilspidsende Bælter ned ad Siderne, paa 5.—7. Led mødes de paa Bugsiden. Paa 1. Led lange, hvidgule Haar, paa 2. en graa, langstrakt Sideplet. Benene (Fig. 47) som hos Hannen; dog er de gule Partier ofte mere udbredte. Kløerne (Fig. 16 b) meget store og utandede; ingen af vore Arter har saa store Kløer som denne.

Fig. 47.
Distale Del af Tibia$_3$ med 1—3 Tarsalled af *S. equinum*. ♀

Larven c. 6—7 mm; i Almindelighed klar grøn, med mørkere, noget udvisket Ringtegning; men Farven kan variere. Hoved (Fig. 32) lystbrunt med 4 meget tydelige, korsstillede Centralpletter og sædvanlig 2 Pletter i hvert af Clypeus' Baghjørner; ingen Ring om Øjnene, dog kan der findes en mørk Skygning om dem. Antenner: 1. og 3. Led omtrent lige lange, halvt saa lange som 2. Mentum har 9 Tænder; Midttanden og navnlig Hjørnetænderne ere meget kraftige. 4 Børster paa hver Side. I Viften c. 42 Straaler. Ingen Ventralpapiller. Analgæller: 3 simple, store; ingen Torne paa Analhuden. Analfoden har over 100 Krogrækker, hos et Stykke har jeg talt c. 130, og hver Krogrække har fra 20—24 Kroge i de dorsale, til 30—34 i de ventrale Rækker. Med en almindelig Lupe kan man, hvis ikke hele Analfoden er stærkt sammentrukket, se, baade at den er stærkere udviklet end hos de andre Arter, og at dens sorte Bræmme af Kroge er bredere ventralt end dorsalt.

Puppen c. 4—4,5 mm. Pupperørene (Fig. 38 og 48) afviger i Form ganske fra de andre Arters; det er tykke, trinde, næsten pølseformede, tyndvæggede Rørdannelser, der med to vertikalt stillede Hovedstammer omrammer hele forreste Del af Thorax og øverste Del af Hovedet og udfylder Mellemrummet mellem de nævnte Dele og Coconens Rand; midt paa disse udgaar de mindre Rør eller Grene, der er c. $^1/_3$—$^1/_2$ saa lange som Hovedstammerne: 3 udgaar fortil fra Hovedstammens forreste Væg og 3 fra dens indvendige Side; regner man Stammens øverste og nederste Del for 2 Rør, faar man saaledes 8 Rør paa hver Side. Dette er Normen; men der træffes undertiden Stykker, hvor de mindre Rør er meget smalle. Hovedstammerne er saa lange, at deres Spidser krydser hinanden. Coconen er ogsaa meget ejendommelig og særpræget for Arten, idet den har Form som en Mørser eller Støvle; Aabningen er rørformet.

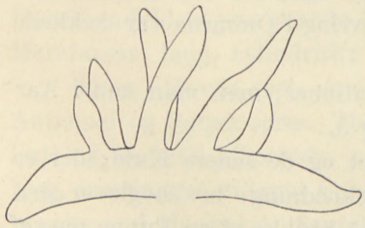


Fig. 48.
Pupperør af *S. equinum*, set fra Siden.

Findesteder. Dens Æg, Larver og Pupper er taget i jyske, fynske og sjællandske Aaer, især i de store og roligt flydende; undtagelsesvis har jeg fundet dens Larver og Pupper i en Afledningsgrøft (Sdr. Omme 19. VII. 22).

Kjelderbakke, 6. IX. 20, ♀ (Lærer Thomsen); Bjerringbro, 10. VII. 04, ♂♂ i store Sværme (Boas); Gudenaa, Resenbro, 17. V. 20, Pupper og tomme Coconer i Mængde, ♂♂ i Sværme, ♀♀ paa Køer; 25. VII. 22, Larver, Pupper, æglæggende ♀♀ (se p. 62 o. fl.), ♂♂ i smaa Sværme langs Aaen; Tvilum, 6. VI. 20, mægtige ♂-Sværme (Esben Petersen,

se p. 57); Kolding Aa, Eistrup, 29. VII. 18, Larver (Wesenberg-Lund); Storaa, Holstebro, 23. IX. 19, Larver; Ommeaa, Sdr. Omme, 15.—16. VII. 21, Æg, Larver, Pupper med *S. ornatum*, *S. argyreatum* og *S. morsitans* (ogsaa Larver inficerede med Protozoer og *Mermis*); ♂♂ 14. VII. 21, i smaa Sværme paa »Solebjerg« c. 3,5 km fra Ommeaa; Lindingaa, Lindingbro, 21. IV. 16, Larve; 24. IV. 16, Larver og Pupper (Wesenberg-Lund); Sideaa i Nørholm Skov, 22. IV. 16, Larver og Pupper (Wesenberg-Lund). Om *S. equinum*'s Forekomst i Kongeaa ved Villebøl og i Egnen derom se p. 54—57; dens Pupper er fundne i Aaen saa tidlig som 27. og 28. II. 21 i Mængde; Ribeaa, 3. VIII. 18, Pupper; Ribe-Holme, ♂♂, 3. VII. 18; Bredeaa, Bredebro, 18. VIII. 20, Pupper med *S. argyreatum*.

Odenseaa, 22. VII. 17 (Wesenberg-Lund). Om dens Forekomst paa Sjælland se p. 51—54. Eksempelvis kan nævnes, at dens Pupper tidligst er tagne 11. III. 21 i Ringsted Aa (klækkede) og saa sent som 7. XI. 20 i Vigersdals Aa (klækkede 9. XI).

Den findes i de nævnte Vandløb Aaret rundt. I *Copula* taget i Ørerne paa Kalve 7. VII. 20 og paa Staldvindu 10. VIII. 22.

Almindelige Bemærkninger: Hunner er talrige Gange samlet fra Kvægets, Hestens og enkelte Gange fra Faarets Øren, samt paa Staldvinduer, kort efter at Dyrene er taget ind fra Græs; i sidste Tilfælde findes der nu og da tillige enkelte Hanner (se p. 87). Den er taget sammen med *S. ornatum* og *S. argyreatum* ved Angreb (se p. 91—92) ved Rindsholm og flere Steder; den synes at optræde som udpræget Øreparasit her i Landet. Hannerne ses ofte i Læ af Træer, Hegn, Huse etc. i smaa Sværme, men ogsaa i større, ja endog meget store; Hunnerne har jeg aldrig fundet sværmende; finder Parringen altid Sted i Værtens Øren, giver dette Forklaring derpaa. Dens Æg, Larver og Pupper træffes ofte paa Vandplanter i uhyre Mængder; saaledes fandt jeg disse i Gudenaa ved Resenbro 17. V. 20. *Potamogeton* i c. 1,5 Meters Længde var tæt besat med for det meste tømte Coconer af den, og nogle faa Blade af *Sparganium* fra en Snævring i Ommeaa var dækkede navnlig af dens Larver i Tusindtal.

Fra Foraar til Efteraar har den mindst 3 store Generationer; men man kan i Aar med mild Temperatur sætte Tallet til 4 eller maaske endog 5.

Der er en tydelig Forskel i Størrelse paa Foraarskuldet og de senere Kuld; der er ogsaa nogen Variation i Hunnernes metalskinnende Haarbeklædning; hos nogle er den langt mere skinnende end hos andre; jeg klækkede et saadant Stykke af en Puppe med 6 tynde Rørgrene — men fik samtidigt et lige saa smukt Stykke fra en Puppe med 6 tykke Grene; Exemplarer med 6 tynde Rør er ikke sjældne, f. Ex. i Kongeaa.

Systematiske Bemærkninger. Meigen skriver i en kort Tilføjelse til Slægten *Simulia* i Bd. 1, p. 297, 1818, at Linné's *Culex equinus* sandsynligvis hører til denne Gruppe, idet han anfører Linné's Beskrivelse: »Følehorn traadformede; Hoved sort, over og under Øjnene hvidt. Brystet sort, paa Siderne graaligt. Abdomen brunt, Ben sorte. Form som en almindelig Flue (*musca*), Nord Europa«. Naar dertil føjes Linné's (1746): »Habitat circum equos, quorum sanguinem haurit, inter crines eorum cursitans«, er der meget, der taler for, at Edward's Opfattelse, at denne Beskrivelse i al sin Korthed bedst passer paa denne Simuliumart, er rigtig.

Lundström (1911) har afbildet Hannens Hypopygium, men med Urette betegnet Arten

som *Melusina aurea* Fries; Hunnen, han har beskrevet, tilhører en anden Art. *Simulium equinum* er af ENDERLEIN (1921) opført under en ny Slægt *Wilhelmia* Enderl.; FRIEDERICHS (1921) opfører den som *S. maculatum* Meig.

7. ***S. costatum.*** Friedr.

Imago. Længde 4,0—5,5 mm.

Han. Antenner og Palper sorte, Epistoma graat med lange, sorte og hvide Haar. Thorax dybt fløjelssort med svag mat Sølvglans i en Bræmme paa Siderne; over hele Mesonotum rødgylden, tiltrykt Haarbeklædning; opretstaaende, gyldne og sorte Haar paa bageste Del af Mesonotum og Scutellum, der ogsaa har tiltrykte, gyldne Haar. Pleura brunsort, graat dugget; Mesopleura nøgen; Postnotum atlasksort med Sølvglans. Halteres smudsiggule med mørk yderste Rand. Vinger (Tab. II, Fig. 6) med kraftig tegnede Aarer, navnlig er Costa og $Radius_1$ rigelig forsynede med mørke Torne. Vingerne brunlig iriserende. Abdomen mat fløjelssort; 1. Ring med lange, graagule eller gyldne Haar; 2.—5. med lange, bløde, brunlige Haar, der navnlig paa 4. og 5. staar ud fra Siderne, opadbøjede; tilliggende, kort, gylden Behaaring paa 6.—8., kort opret tillige paa 9. Mat Sølvplet paa 2. Hypopygium (Fig. 26): stort og kraftigt. Tangens Grene næsten trekantede i Gennemsnit, den yderste Ende vredet indad, lige afskaaren og forsynet med en kraftig Torn.

Adminiculum (Fig. 27) skjoldformet med et midterste, vertikalt, svagt kølformet Parti, over hvilket den øverste Rand bøjer sig tungeformet bagtil omtrent til Midten; denne fine, tungeformede Del er ret kraftigt behaaret. Sidestøtterne, »Stilus«, er mørktchitiniserede. Ben sorte eller mørktbrune med tiltrykt, gylden Behaaring, dog ikke paa Tarserne; paa udvendig Side af $Tibia_1$ sølvhvide Haar (Sølvglans). Lang, opretstaaende Behaaring paa $Femur_1$, Basis af $Femur_3$, Bagranden af $Tibia_2$ og navnlig paa $Tibia_3$ (lange, cilieformede Haar), endvidere paa øverste Rand af Leddene i $Tarsus_3$. Leddene i $Tarsus_1$ ikke udbredte, $Metatarsus_1$ lang, cylindrisk; $Metatarsus_3$ ténformet omtrent af $Tibia_3$s Bredde.

Hun. Hoved sort, graat dugget, Frons og Epistoma med lange, messinggule Haar. Antenner og Palper sorte. Thorax sort, bagtil paa Mesonotum graat dugget; med en Midtlinje og to fortil afkortede, noget convergerende Sidelinjer, med bleg, messinggul, tiltrykt Behaaring (Hunnens Behaaring er langt blegere end Hannens). Scutellum og bageste Del af Mesonotum med opret, gul Behaaring, isprængt sorte Haar; tiltrykte, gule Haar paa Scutellum. Pleura matgraa, nøgen; Postnotum sort med Sølvskær. Halteres lysgule. Abdomen. 1. Ring gul med sorte Siderande og lang, hvidgul Behaaring; de øvrige Led sortbrune, 2. med stor, graa Plet; Behaaring som paa Thorax, kraftigst paa Siderne; spredte sorte Haar paa 8.—9. Ben begbrune med tiltrykt, messinggul Behaaring, ogsaa paa $Metatarsus_1$ og $Metatarsus_3$; Tarser ellers sorte; sølvhvide Haar paa $Tibia_1$. $Metatarsus_1$ lang, cylindrisk; $Metatarsus_3$ (Fig. 49) lang, tenformet, noget udvidet. Store, meget krummede Kløer (Fig. 16c). Inderranden riflet; stor, blad- eller tungeformet Rodtand paa Indsiden.

Fig. 49.
Distale Del af $Tibia_3$ med Metatarsus af *S. costatum*. ♀

Larven. Længde 9—10 mm; lysbrunlig uden tydelig Ringtegning. Hovedet lys

brunligt. Af Centralpletterne (Fig. 32), der staar i nogen Afstand fra hinanden, er den bageste meget tydelig mørkbrun, af Form som en ligesidet Trekant, de andre udviskede; Plet i Baghjørnerne og tydelige »Øjenbryn«. 4-leddede Antenner; 2. Led er betydeligt længere end 1. og 3., der omtrent er lige lange. Mentum med 9 spidse Tænder; i Forranden den yderste paa hver Side og den midterste størst; uden for disse paa hver Side 2 mørke Tænder. 5—6 Børster paa hver Side. Der er Ventralpapiller. Huden om Anus forsynet med lyse, simple Torne i Mængde; paa Siderne ved det X-formede Chitinstøttes forreste Grene findes en Del kraftige Torne, der væsentlig er simple, dog ogsaa en Del med faa Flige. Analgæller 3, simple. Analfod med c. 100 Krogrækker med 15—16 Kroge og Torne i hver.

Puppen c. 5—5,5 mm. Pupperørene (Fig. 39) omtrent af samme Længde. 4 lange, slanke Rør udgaar i 2 Par fra en ret lang Stamme; det nederste har Stilk omtrent saa lang som Stammen, det øverste længere; de ligger omtrent i vertikalt Plan. Cocon: tøffelformet, simpel; lidt indbuet oventil. Bunden naar den halve Længde. Vævet fint, i Forranden ofte lysere af Farve, næsten hvidligt.

Findesteder: Ravnkilde, Rebild, 10. VII. 17, Larver og Pupper og Korsbæk, Rebild, 10. VII. 17, Larve (U. f. L.); Thors Møllebæk, Marselisborg, Aarhus, 5. VI. 18, Larver (?) (U. f. L.); Silistria, Marselisborg, »Djævlekløften«, 12. II. 16, Puppe (♀); 18. II. 16, Larver; 3. XII. 16, Larver; 12. II. 17, Larve (U. f. L.); »Hvidkilde«, Ry, 3.—7. V. 20, Larver og Pupper (Forf.); 8. VII. 20, Larver og Pupper (Dyrlæge Østermark); Skovbæk, Vilstrup Strand, Haderslev, 24. V. 20, Pupper, Imago (Lærer Findal); »Hvidkilde«, 6. IV. 21 (Dyrlæge Østermark); Skovbæk, i Mosen ved »Parnas«, Sorø, 15. V. 21; Skovbække til Hallebyaa, Kattrupskoven, Bromølle, 19. og 28. V. 22, Larver og Pupper (klækkede); 28. XI. 22 i selve Aaen, Larver og Pupper (klækkede).

Dens Pupper sidder ofte i de sammenrullede Smaablade af *Nasturtium aquaticum*. Om dens Forhold til okkerholdigt Vand se p. 69.

8. ***S. latipes.*** Mg.

Imago. Længde: 2,5—4 mm.

Han. Sort. Antenner og Palper sorte, Epistoma med gyldne Haar. Thorax fløjelssort med mørk, gylden Behaaring, der paa bageste Del af Mesonotum og Scutellum tillige er opretstaaende uden tilblandede sorte Haar; Pleura og Postnotum sorte, graat duggede; Mesopleura nøgen. Halteres brunlige med mørk Rand. Abdomen: fløjelssort; 1. Ring med lang, gylden Behaaring, 2.—4. med lange, sorte og gyldne Haar, 5.—9. med tilliggende, kort, gylden Behaaring; Sølvplet paa 2.

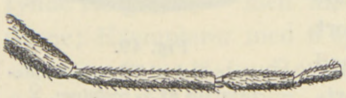


Fig. 50.
Distale Del af Tibia$_1$ med 1—3 Tarsalled af *S. latipes*. ♂

Hypopygium (Fig. 28). Basalstykket stort og højere end bredt, Tanggrenen stor; den er bøjet indad, krummet og dens yderste, buede Del vredet indad og bagtil; Inderranden ender i en Torn. Adminiculum (Fig. 29) har Form som en oventil buet Plade, der nedad til Siderne forlænger sig i 2 Chitinstøtter. Den øverste Rands midterste Parti bøjer sig tungeformet bagtil, gaar som en hvælvet Køl ned langs Bagfladen og ender udenfor nederste Rand frit i en snabelformet Forlængelse. Det tungeformede Parti er forsynet med

opretstaaende, det kølformede med faa opadrettede Haar. Ben mørkebrune, Tarser sorte; gylden, tilliggende Behaaring undtagen paa Tarserne; lange, sorte Haar paa Bagsiden af $Femur_1$, Basis af $Femur_3$, $Tibia_3$ og $Metatarsus_3$. Fortarser (Fig. 50) ikke udvidede; $Metatarsus_3$ meget stærkt vertikalt udbredt, omtrent af $Tibia_3$'s Bredde, og skarpt afsat fra de efterfølgende ikke udvidede Tarsalled.

Hun. Hoved graat med messinggul eller graa Behaaring. Palper og Antenner sorte, Grundleddel paa Antennerne gulligt. Thorax sort, messinggult behaaret; paa Scutellum er Haarene gyldne. Pleura sort, nøgen, graagult pudret; Postnotum matsort med Sølvglans. Halteres gule. Abdomen gul med smalle, sorte Ringe; 1. Ring med lange, hvide Haar, de øvrige med meget sparsom Pubescens af korte, gule Haar, saaledes at den i levende Live rødgule Abdomen overalt skinner igennem. Benene: Coxæ sorte; Femora smudsig gule med yderste Spidser sorte, Tibier ligesaa, dog er disse ogsaa sorte ved Basis; Tarser sorte, $Metatarsus_3$ paa Midten gul. Fortarser ikke udvidede; $Metatarsus_3$ forlænget, lidt sammentrykt, meget lidt udvidet, med omtr. parallele Rande. Kløerne fine, meget krumme, med tungeformet Rodtand paa Indsiden.

Larven c. 7—8 mm, graa eller brun med svag Ringtegning; Hovedet mørkt brunligt med 4 noget udviskede Centralpletter (Fig. 32). Antenner lange og slanke, 2. Led længere end 1., 3. halvt saa langt som 2. Mentum: 9 kraftige Tænder i Forranden, af hvilke Midt- og Hjørnetanden er størst; udenfor denne sidste findes paa hver Side 2 mørktchitiniserede, ret kraftige Tænder foruden de sædvanlige lyse. 4 kraftige Børster paa hver Side. Viften med c. 40 Straaler. Store Analpapiller; fine, klare Torne paa Huden rundt Anus; 3 Analgæller med c. 4—5 Flige[1]) paa hver. Analfod med c. 60 Krogrækker, 12—14 Kroge i hver.

Puppen c. 4 mm. Pupperørene (Fig. 40) længere end Puppen; 4 ordnede i 2 Par udgaaende fra Stammen med tydelige, lige lange Stilke; de ligger i et vertikalt Plan, er lange, slanke og løber nær hinanden. Coconen er bredest paa Midten, c. 2 Gange saa lang som bred (Tappen regnet med) og næsten lige saa høj som bred; dens forreste Rand er paa hver Side indskaaren og løber i Midten ud i en lang, nedad buet Spids eller Tap. Vævet grovt med tydelig Rand. Gulvet ligger i højere Plan end Randene og er saaledes hævet over Underlaget, hvortil Coconen er fæstet; det dækker Abdomens Underside.

Findesteder. Jylland: Horsekildebæk, Allerup Bakker, 15.—20. V. 18, Larver, Pupper (U. f. L.); Sortbæk, Allerup Bakker, 19. V. 18, Larver (U. f. L.); Bæk i Stagsted Skov, 20. V. 18, Larver, 1 Puppe (U. f. L.); Stagsted Skov, 22. IX. 20 (2 ♂♂, 3 ♀♀) samt Allerup Bakker, 17. IX. og 5. X. 20 (Lærer Thomsen); Bæk, »Djævlekløften«, Vejle, 28. VII. 15, Pupper paa Sten (U. f. L.); Jelling, 21. IV. 16, Pupper (U. f. L.); Stenet Skovbæk, Sveibæk, 5. V. 20, Larver og Pupper (paa *Fontinalis*) med enkelte *S. ornatum* (klækkede), Bækken tørrer som Regel ud om Sommeren; Bred Bæk med ringe Dybde, Siderne bevoxede med El etc., Nebel Bæk, 6. V. 20, Larver og Pupper; Bæk ved Lysbro, 16. V. 20, Larver og Pupper; Bæk med Okker, Hvinningdal, 16. V. 20, Larver og Pupper med *S. ornatum*; Bæk ved Voel, 17. V. 20, Larver og Pupper; Ommeaa, Sdr. Omme, 12. VII. 21,

[1]) Antallet varierer og tiltager med Antallet af Hudskifter.

Larver og Pupper; Skovbæk til Aaen 20. VII. til 1. VIII. 22 med *S. ornatum*, Larver i alle Størrelser og Pupper; fandtes ikke i Bækken i Oktober, men atter 5. I. 23 (tilsendt Materiale), talrige Larver fra 1,5 til 4,5 mm. Møen: Smal Vandstribe paa »Jyderen«, 18. VII. 18, Larver og Pupper. Sjælland: Grøft m. rindende Vand, Kærehave, Ringsted, 16. IV.—3. V. 19, Larver og Pupper; Bæk ved Kværkeby, 10. V. 19, Pupper m. *S. angustitarse* og *S. aureum*; Allindelille Skov, 16. V. 19, ♂♂ paa Pil; Skovbæk, Vrangeskov, 4. IV. 20, Larver (under Blade); Grøft, Valsømagle, 4. IV. 20, Larver; Bæk NV. f. Allindelille, 30. V.—13. VI. 20, Larver og Pupper m. *S. venustum* og *S. ornatum*; Køgeaa, Lellingeskov, 10. V. 16, Larver og Pupper (Wesenberg-Lund); Bæk, Grib Skov, 14. V. 22 (J. P. Kryger); Bæk, Svenstrup, Borup, 10. VI. 23.

S. latipes hører hjemme i Skovbække, men findes ogsaa udenfor disse. Det er en af vore Arter, der optræder i ret ringe Individantal; dens Hunner hjemsøger maaske Skovens Dyr; for vore Husdyr spiller den sikkert som Blodsuger en ganske underordnet Rolle. Pupperne sidder ofte i stenede Skovbække paa Stenenes nedadvendende Side, med Coconens Aabning vendende i forskellige Retninger (mulig dog i de smaa Strømmes Retning, som Vandet danner saadanne Steder).

9. ***S. augustitarse.*** Lundstr.

Imago. Længde: 2,5—3,5 mm.

Han. Sort; Antenner og Palper sorte; Epistoma graat med overvejende hvidlig Behaaring. Thorax fløjelssort med gylden Behaaring, dog er Haarene i en Bræmme rundt Thorax blegere end midt paa Mesonotum; Scutellum sort med gul, opret Behaaring; Pleura og Postnotum brungraa, graat duggede. Halteres sortbrune. Abdomen fløjelssort; 1. Ring med lang, sort og gul Behaaring; 2.—5. med længere, sorte og gule Haar; 5.—6. med tilliggende, kraftige, gyldne Haar; spredte, smaa, sorte og gyldne Haar paa de 3 sidste Led; Sølvplet paa 2. Hypopygium (Fig. 30): Tangens Grene lange, noget smallere mod Spidsen, ikke snoede. Ydersiden svagt hvælvet; Yderranden gaar, distalt buet, over i Inderranden, der ender i en Torn. Adminiculum: en Plade af lignende Form som hos *S. latipes*, dog med bred øverste og nederste Rand; paa dens Bagside staar vertikalt en buet Køl, der langs hele sin Rand er forsynet med lange, ret kraftige Haar. Ovenfor Randen, ud for Kølen, findes et korthaaret Parti. Ben begbrune; Spidserne af Femora, Basis og Spidser af Tibier samt Tarser med Undtagelse af $Metatarsus_3$ sorte. Behaaring omtrent som hos *S. latipes*. $Metatarsus_1$ lang, cylindrisk; $Metatarsus_3$ ikke udvidet, gaar jævnt over i de øvrige Tarsalled.

Hun. Hoved graat med sølvhvide Haar; Antenner sorte, de 2 Basalled gule eller rødlige. Den kraftige, dækkende, metalglinsende Behaaring paa Thorax er sølvhvid eller lys messingfarvet, undtagen paa Midten af Mesonotum, hvor den som Regel har en lidt mørkere Tone. Paa Thorax er en fin Midtlinje bagtil forenet med to fortil afkortede Sidelinjer. Pleura nøgen, graabrunt dugget; Postnotum ligeledes. Halteres gule; Abdomen: Tergiter mørke, undertiden lysere med mørke Rande, forsynede med en dækkende, kraftig, metallisk Behaaring. Ben gule. Coxæ graatduggede, sorte; mørktbrune er Spidsen af Femora,

Basis og Spids af Tibier; Tarser sorte; Metatarsus$_3$, der næsten ikke er udvidet, er gul med sort Skygning ved Basis, øverste Rand og Spids.

Larven 7—8 mm, brunlig, uden tydelig Ringtegning. Centralpletterne (Fig. 32) skarpt tegnede, korsstillede; ved Bagranden i hvert Hjørne 2 Pletter; »Øjenbryn«. 4-leddede Antenner; 3. Led er fint og slankt, mindre end 1., der er tykt og kraftigt, lidt mindre end 2. Mentum har 9 meget spidse Tænder i Forranden; den yderste paa hver Side og Midttanden er størst; udenfor disse findes paa hver Side 1 mørkt chitiniseret Tand; 3 Børster paa hver Side, de to forreste kraftigst. Analhuden uden Torne. 3 simple Analgæller. Analpapiller. Analfod med c. 60 Krogrækker med 10—14 Kroge i hver.

Puppen c. 4 mm. 4 Pupperør (Fig. 41) af Puppens Længde; det øverste Par er kraftigst og udgaar med en kort, tyk Gren fra Basis, det nederste Par er tyndere og udgaar direkte fra Basis; det øverste Par og den ene af det nederste Pars Grene staar omtrent i et vertikalt Plan, den 4. Gren ligger udenfor dette. Den øverste Gren danner en stor Bue. Rørene divergerer noget. Coconen er af lignende Form som hos *S. latipes*, forsynet med Tap, der dog er kortere; den nærmer sig i Bredde Coconen hos *S. aureum*.

Findesteder: Tobøl Bæk (til Kongeaa), 4, 7, 8. VIII. 19, Pupper; 5. VIII. 20, Pupper; Plougstrup Bæk (til Kongeaa), 4. VIII. 20, Pupper; Kongeaa, Villebøl, 1, 2, 3, 24. VII. 21, Larver og Pupper; Bæk, Ribe Mark, 19. VIII. 20, Pupper; Bæk, Vedsted, 18. VIII. 20, Larver og Pupper; Allerup Bakker, 15. VII. 20, 1 ♀; 27. VIII., 2 ♀♀ (Lærer Thomsen, Dannerhøj); Ringsted Aa, Gyrstinge, 4. IV. 20, Pupper; Ringsted Aa, Ringsted, 6. IV. 20, Puppe; Vigersdals Aa, Stavedsbro, 25. III. 21, Larver; Ringsted Aa, Hømb Mølle, 30. IV. 22, Larver; 21. IX. 22, Larver; Bæk, Kværkeby, 19. VI. 20, Puppe; Ringsted Anlæget, 28. IV. 21, ♂; Ringsted, Have, 30. VIII. 22, ♂♂ i smaa Sværme; Lellingeaa, 31. V. 21; Hallebyaa, Kattrupskoven, Bromølle, 28. IX. 22, Larver og Pupper (klækkede); Stenede Bække, Klemensker, 28. IX. 20, Pupper (Dyrlæge Thorn).

S. angustitarse overvintrer som Larve og har mindst 3 Generationer; den findes baade i vore Bække og rolig flydende Aaer. Arten er ret sjælden og har faa Individer.

10. *S. aureum*. Fries.

(Af denne Art har jeg kun meget sparsomt Materiale, 2 Larver og nogle Pupper; af de sidste har jeg udpræpareret 2 Hanner og 1 Hun — samt Hannens Hypopygium; Beskrivelse af Farver er derfor næppe helt korrekt.)

Han. Thorax fløjelssort med metallisk Haarbeklædning, denne er lysere i en Bræmme Thorax rundt, mørkere gylden midt paa Mesonotum samt paa Scutellum. Abdomen sortbrunt; 1. Ring med lange, sorte og gullige Haar, 2.—6. med temmelig lange, bløde, metalglinsende Haar; korte, sorte og gule paa 3 sidste Led.

Hypopygium (Fig. 31). Basalstykkerne bredest forneden, indsnævrede oventil, udvendige Side hvælvet; Tanggrenen er lille, trind, tilspidset, den yderste Del vredet udad; i Spidsen en Torn. Adminiculum har en mellem Basalstykkerne staaende Køl, der er overordentlig stærkt haaret (fine, cilieagtige Haar); de øverste Vedhæng — Appendices superae — er paa Grund af Tanggrenens ringe Størrelse tydelig synlige. Ben sortbrune;

brungul er basalt $^4/_5$ af Femora, største, midterste Del af $Tibia_1$ (med Sølvglans) og Forsiden af $Tibia_2$; Tarser sorte, $Metatarsus_3$ dog i større Udstrækning gul.

Hun. Hoved lyst metallisk behaaret; Thorax sort med lys, messinggul eller sølvhvid Behaaring. Pleura nøgen. Halteres gule. Abdomens Tergiter mørke med lys, metallisk Behaaring; 1. Ring med lange, gule Haar. Ben gule; sort er $Coxa_2$ og $_3$, Yderspidsen af Femora og Tibier samt største, midterste Del af $Metatarsus_3$. Kløerne med tungeformet Rodtand.

Larven c. 6 mm, smudsig graagrøn af Farve, uden tydelig Ringtegning; af Hovedets Centralpletter (Fig. 32) danner de 2 langstrakte Længdepletter en noget udvisket stregformet Tegning; der er 2 Sidepletter; paa mit noget blege Exemplar er Længdepletterne adskilte — efter Edwards kan de være forenede, saa der kun er en. Der er 2 Striber i hvert af Baghjørnerne. Mentum har 9 lange, spidse Tænder, af hvilke Hjørne- og Midttanden er størst og desuden paa hver Side 2 mørktfarvede, lavere staaende Tænder, altsaa 13 ialt; desuden 4—5 svage, gule paa de skraatstillede Sider; der er 4—5 Børster paa hver Side. 2 koniske Ventralpapiller. Paa de forreste Grene af det X-formede Chitinstøtte er der korte, tykke Torne. Rundt Anus findes paa Huden fine, klare Haar eller Torne. I Analfodens Krogrækker, som jeg ikke kan tælle (Edwards angiver deres Tal til c. 70), findes 9—10 Kroge i hver Række.

Puppen. De 4 Pupperør (Fig. 42) (længere end Puppen) er slanke og løber fremefter omtrent i Puppens Længderetning; de er ordnede i 2 Par udgaaende fra Basis uden Stilke, de 3 inderste Rør staar i et næsten vertikalt Plan. Cocon: bred med udadbuede Siderande og uden Tap, er iøvrigt bygget som hos *S. angustitarse* og *S. latipes*.

Findesteder: Kværkeby, Bæk, 10. V. 19, Puppe, sammen med *S. angustitarse*; Præstø, Grøft, 16. VII. 19, 2 Larver og flere Pupper. Jeg har eftersøgt den paa begge Steder senere uden at finde den. Romaa ved Lemvig, 19. IX. 19, 1 Puppe; Vigersdals Aa, 7.—13. X. 18, tomme Coconer, Larver? (med Serumsporidier).

Kap. IV.

Faunistik og Periodicitet.

Simuliernes geografiske Udbredelse i Danmark.[1])

Kun Jylland og af Øerne Sjælland er nogenlunde godt undersøgte; de øvrige Øer meget mangelfuldt, Laaland-Falster endog slet ikke.

De 10 hidtil i Danmark fundne Simuliumarter synes alle at forekomme i Jylland (*S. venustum*'s Tilstedeværelse dog kun fastslaaet paa Grundlag af 2 ikke fuldt hærdede Han-Pupper fra Linaa). Paa Sjælland forekommer de alle med Undtagelse af *S. morsitans*;

[1]) Simulierne er spredt Verden over, baade i kolde og varme Egne, de findes i Lavlande og stiger i Bjærge, f. Ex. i Kanton Wallis i Schweiz indtil en Højde af 2579 m. (Galli Valerio. 1921.)

De er fundne og beskrevne i siciliansk og tysk Rav fra Miocæntiden, i Rav fra Alsace i mellemste Oligocæntid samt i østpreussisk Rav fra den nedre Oligocæntid. (Meunier. 1904).

paa Fyn er *S. ornatum*, *S. equinum* og *S. aureum*(?), paa Møen *S. latipes* og paa Bornholm *S. angustitarse* taget.

For at belyse Tilstedeværelse og Udvikling af Æg, Larver og Pupper af Simuliumarterne i vore rindende Vande, skal her gøres Rede for enkelte af disse, som jeg har haft Lejlighed til at undersøge.

Ringsted Aa — Vigersdals Aa.

Ringsted Aa løber ved Vrangstrup ud i Susaa, der fortsætter sit Løb i SV. til Tjustrup Sø; Ringsted Aa kommer nordfra, har Tilløb fra Gyrstinge Sø og Haraldstedsø; ud i denne løber fra Øst den lille Vigersdals Aa. — Vigersdals Aa er undersøgt ved Stavedsbro, Ringsted Aa flere Steder i Nærheden af Ringsted (Have Mølle, Syd for Jernbanelinjen etc.), og hvor Aaen løber bag Hømb Mølle, Syd for hvilken den faar Tilløb af en lille Aa fra Øst. (Susaa er undersøgt af WESENBERG-LUND ved Næsbybro.)

Besøger vi en Dag i Slutningen af September Ringsted Aa c. 3,5 km Syd for Ringsted, hvor den bag Hømb Mølle bøjer sit Løb fra Nord—Syd i SV.-Retning og løber over stenet Grund (Dybden c. 0,75 til 1 Meter), tegner Billedet af Simuliernes Liv omtrent som flg.: Paa Vandplanternes Blade og Stængler, som den stærke Strøm faar til at flottere langs Bredden, finder vi talrige Ægmasser, der synes at forekomme i to forskellige Former: 1) en, der væsentlig er lagt i enkelte Lag, nogle nylig aflagte, hvide, andre ældre, mørke til sortbrune, og 2) en, der udmærker sig ved mere uregelmæssig Ordning i flere Lag og af frisk brun Farve. Tager vi noget af denne Vegetation op og anbringer den i en flad, hvid Skaal, vil vi se Mængder af nylig udklækkede Larver, 0,5 til 0,75 mm lange, med tydelig Torn paa Clypeus. Den overvejende Mængde af de Simuliumlarver, der findes paa den kraftig flotterende Vegetation i Aalejet, viser sig at være i omtrent fuldt udviklet Tilstand, idet mange er forsynede med »sorte Pletter«, altsaa nær ved at skulle forpuppe sig. Hovedmængden tilhører *S. argyreatum*, dernæst kommer i Antal *S. equinum* og endelig *S. ornatum*; i ringere Antal Larver af *S. angustitarse* og ganske enkelte *S. subornatum* og *S. aureum*. Der optræder paa dette Sted et helt Selskab af forskellige Simuliumarters Larver i forskellige Stadier af deres Udvikling.

Desuden træffer vi en Del Pupper, betydelig mindre end Foraarets; her synes *S. ornatum* at være i Overtal og *S. argyreatum* og *S. equinum* at forekomme i omtrent lige stor, men ringere Mængde samt ganske enkeltvis Puppen af *S. subornatum*. Paa græssende Køer tages enkelte Hunner af *S. argyreatum*, men da Vejret er blæsende, indbyder det ikke til Sværmen. Det er disse Simuliers Efteraarsgeneration, vi her har for os; dens Sværmliv og Æglægning vil afhænge af, hvad Vejrliget vil byde den. En stor Del af Larverne er de samme Arters Vinterlarver, hvem der forestaar en lang Larvetilværelse. I det kommende Foraar vil disse som Aarets Foraarsgeneration plage de tidlig græssende Dyr, men da træffer vi yderligere en Larve, som vi nu ikke kan finde, Larven til *S. venustum*.

Jeg foretog en Række Undersøgelser fra September 1918 til Maj 1919; Resultatet af disse har jeg søgt at gøre fyldigere ved Undersøgelser foretagne i de følgende Aar og indføjer nu disse Resultater. Undersøgelserne omfatter Simuliumbestanden dels i Vigersdals- dels i selve Ringsted Aa; den er for de betydende Arters Vedkommende ens i de to Aaer,

hvad jeg ved talrige Stikprøver har godtgjort. (*S. subornatum* er ikke funden i Vigersdals Aa.)

7. og 13. X. 1918. Vigersdals Aa. Larver, Pupper, tomme Coconer.

Enkelte tomme Coconer	*S. aureum.*
En Del — —	*S. argyreatum.*
— — —	*S. ornatum.*
— Pupper	*S. ornatum.*
Mange fuldt udviklede Larver	*S. ornatum.*
— — — —	*S. equinum.*
— — — —	*S. argyreatum*
En Del 5,0—6,0 mm —	*S. aureum*? Angrebne af Serumsporidier.
— 1,5—2,0 — —	graagrønne og brune. Hovedmængden:
— 2,5—3,5 — —	*S. equinum.*

7. XI. 1920. Vigersdals Aa; der fandtes endnu enkelte Pupper af *S. argyreatum* og *S. equinum.*

24. XI. 1918. Vigersdals Aa. Larver. Størrelsegrupperne indbefatter forskellige Arter.

190: c. 1,5 —3,0 mm Larver	brunlige af Farve; enkelte med Ventral-
207: c. 3,5 —4,5 — —	papiller: *S. angustitarse*?
59: c. 4,75—5,5 — —	grønlige til frisk grønne, uden Ventral-
45: c. 6,0 —8,0 — —	papiller.
1: c. 9,5 — —	

Der fandtes utvivlsomme Larver af *S. equinum*; enkelte 3,0 mm lange kunde erkendes som saadanne, endvidere Larver af *S. ornatum* og *S. argyreatum.* Selv de ganske smaa Larver havde næsten alle 4 tydelige Centralpletter. Abdominale Microsporidier fandtes: 1 hos en 4,0 mm og 1 hos en 4,5 mm Larve; 1 (stor, lappet) fandtes hos en c. 9,5 mm graagrøn *S. ornatum*-Larve.

22. XII. 1918. Vigersdals Aa. Kun Larver, alle forsynede med 4 Centralpletter. Larverne kunne deles i tre Størrelsegrupper:

1. c. 2,75—3,00 mm
2. c. 4,0—5,0 —
3. c. 6,0—7,0—8,0 —

12. II. 1919. Vigersdals Aa. Larver.

36: 5,0—7,0 mm *S. argyreatum.*
11: 8,0—9,5 — *S. ornatum*; 2 fuldt udviklede.
2: 8,5—9,0 — *S. equinum*; fuldt udviklede.

11. III. 1921. Ringsted Aa. Første Pupper af *S. ornatum* og *S. equinum.*

25. III. 1921. Vigersdals Aa. Larver, Pupper, tomme Coconer.

7: 2,0— 3,5 mm	Larver.....	*S. venustum.*
Mange: 9,0—10,0 —	—	*S. ornatum*; fuldt udviklede.
I ringere Tal: 9,0—10,0 —	—	*S. equinum*; — —
— : 6,0— 6,5 —	—	*S. argyreatum*;— —
1: 7,5 —	—	*S. angustitarse*;— —
Mange Pupper		*S. ornatum.*
Faa —		*S. equinum.*
Faa —		*S. argyreatum.*
Mange tomme Coconer		*S. equinum.*
Enkelte — —		*S. ornatum.*
17: 1,75—2,0 mm	Larver.....	2den Generation.
1: 2,75 —	—.....	
1: 3,5 —	—	

30. IV. 1922. Ringsted Aa, Hømb Mølle. Larver, Pupper, Ægmasser.

Mange Larver.....	*S. venustum*; i alle Størrelser.
En Del —	*S. ornatum*; fuldt udviklede.
— —	*S. angustitarse*; — —
Pupper	*S. ornatum.*

11. V. 1919. Vigersdals Aa. Larver, Pupper, tomme Coconer.

Mange Larver.....	*S. venustum*; fuldt udviklede.
— Pupper	*S. venustum.*
I rigeligt Tal —	*S. argyreatum.*
Enkelte —	*S. equinum.*
Enkelte —	*S. ornatum.*

12. V. 1922. Ringsted Aa. Hømb Mølle. Larver, Pupper, tomme Coconer.

I Mængde Larver.....	*S. venustum*[1]); næsten eller fuldt udviklede.
Enkelte —	*S. ornatum.*
En Del Pupper	*S. argyreatum*[1]).
— —	*S. ornatum.*
Faa —	*S. equinum.*

12. VI. 1920. Ringsted Aa. Larver, Pupper, Ægmasser.

Ganske enkelte Pupper	*S. venustum.*
Enkelte —	*S. ornatum.*
Mange —	*S. argyreatum.*
— —	*S. equinum.*
Mange Larver i alle Størrelser; Hovedmæng-	*S. argyreatum.*
— — den store	*S. equinum.*
Færre —	*S. ornatum.*

S. venustum er i Færd med at afslutte sin første og eneste Generation, medens de andre Arter er paa Vej hen mod Aarets 2den: Sommergenerationen.

[1]) Den 17. Maj, den første Foraarsdag med stille, varmt Vejr, saas *S. argyreatum* angribe Heste oppe ved Ringsted og fra 22. Maj Han-Sværme af *S. venustum* (Arten har dog sikkert været fremme før).

Føjer jeg til, at i Tilløbene nordfra til Haraldsted Sø: Grøft i Valsømagle og Bæk i Vrange Skov findes *S. latipes* (4. IV. 20), og at i Ringsted Aa, hvor den løber ud fra Gyrstinge Sø, findes *S. argyreatum* og *S. ornatum*, samt at den før omtalte lille Aa ved Hømb Mølle indeholder *S. ornatum*, og at Wesenberg-Lund i Susaa ved Næsbybro 25. V. 1916 har taget Larver af *S. equinum* og *S. argyreatum*, vil vi have et Billede af disse Vandløbs Simuliumliv indtil Tjustrup Sø. Fælles for Aaløbene er i hvert Tilfælde *S. equinum* og *S. argyreatum*; det var at vente, at denne sidste til Tider kunde forekomme i saadant Tal og under saadanne Omstændigheder, at den gav Anledning til større Angreb[1]). Der er af Dyrlæge Nielsen, Sorø, berettet om fire Tilfælde af Kvægmygforgiftning, der indtraf 12. V. 1891: der døde i alt 3 Køer, 1 blev slagtet døende, 6 angrebne kom sig; siden da er der med Aars Mellemrum forekommet enkelte Tilfælde — dog sjældnere dødelige — (ref. efter B. Bang). Der er i tre af de fire Tilfælde Mulighed for, at Simulierne er komne fra Susaa (Broby Vesterskov, Broby Overdrev og Alsted Skov), og da kunde maaske *S. argyreatum* have været Dødbringeren.

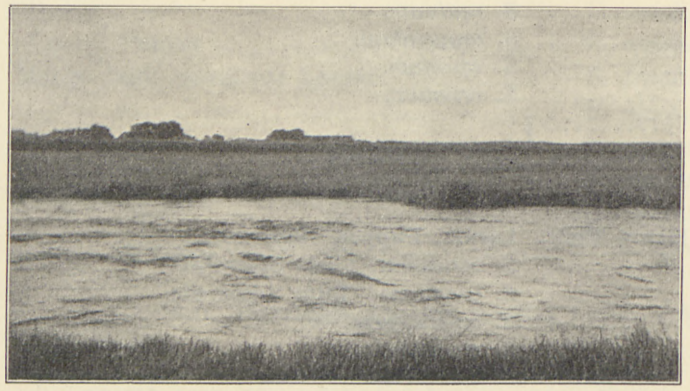


Fig. 51.
Kongeaa ved Villebøl.

Kongeaa har jeg undersøgt ved Villebøl et Stykke V. for Kongeaabroen ved Landevejen Kolding—Ribe paa en Strækning af c. 1 km; den har et enkelt Sted ringe Dybde, idet en Al-Banke i Retning S.—N. tværs paa Strømmens Retning fremkalder en betydelig Hindring for Vandmasserne, der her flyder stærkt brusende med kraftige Strømhvirvler (Fig. 51). Her findes Simuliumlarver og Pupper til Tider i stort Antal. Vest for Kongeaabroen optager Aaen Tobølbæk nordfra, længere vestpaa sydfra en Afløbsgrøft. Mine Undersøgelser begyndte i Juli 1918.

9. VII. 1918. Larver, Pupper.

Mange:	1,5—6,0 mm	Larver	de fleste kunde identificeres som *S. equinum*.
—		Pupper	*S. equinum*.
4:	2,0—2,5 mm	Larver	*S. morsitans*.
4:	4,5	— —	—

15. VII. 1918. Larver.

1:	2,0 mm	Larve	*S. morsitans*.
1:	3,0	— —	—

[1]) Jeg kender intet til, i hvor rigelig Mængde den forekommer i Susaa.

2: 4,0 mm Larver ..... *S. morsitans.*
2: 6,0 — — ..... —
1: 6,5 — — ..... — (fuldt udviklet.)
1: 5,0 — — ..... *S. equinum.*

17. VII. 1918.

2: 3,0	mm	Larver		20: 2,0—3,0 mm	Larver	2 fuldt udviklede *S. ornatum*; 7 do. *S. equinum*; de fleste af de øvrige kunde henregnes til denne sidste Art.
2: 4,0	—	—		20: 4,0—4,5 —	—	
3: 5,0	—	—	*S. morsitans.*	14: 5,0—6,0 —	—	
7: 6,0	—	—		20: 6,5 —	—	
6: 5,0—7,0	—	—		4: 7,0 —	—	

29. VII. 1918.

Mange	0,50—0,75 mm	Larver	Klare, gennemsigtige.
—	1,5 —2,0 —	—	
—	2,5 —3,5 —	—	Mørkebrune eller grønlige; de fleste *S. equinum.*
—	8,0 —	—	*S. equinum*; omtrent og fuldt udviklede.
—	8,0 —	—	*S. ornatum*; — - — —
En Del c.	6,5 —	—	*S. morsitans*; — - — —

Fra 6. til 19. VIII. 1920 og 26. til 31. VII. 1921 fandtes *S. morsitans* som Puppe.

27. VII. 1921. Ægmasser af *S. equinum* paa et Sted i Aaen, hvor Vandet flød roligt.

Fra 8. til 14. VIII. 1922 fandtes Larver, Pupper og talrige Ægmasser.[1])

15. X. 1922. Larver, Pupper.

Mange Pupper ..... *S. equinum.*
Faa — ..... *S. ornatum.*
En Del Larver ..... *S. equinum*; fuldt udviklede.
1: 7,0 mm Larver ..... *S. morsitans*; — —
2: 7,0—8,5 — — ..... med Protozoer; 1 fritgaaende Mermis.
30: 2,5—4,5 — — ..... *S. equinum.*

23. XI. 1918. Larver.

5: c. 2,0	mm	Larve		
50: c. 2,5 —3,0	—	—	Farven brunlig eller grønlig til helt grøn. De fleste *S. equinum*; 3 c. 5 mm lange Larver: *S. ornatum.*	
300: c. 3,25—4,5	—	—		
22: c. 5,0	—	—		
6: c. 6,0	—	—		
1: 7,0	—	—	*S. equinum.*	

Protozoer fandtes i enkelte Larver; i en 5 mm S. equinum-Larve 1 Mermis.

[1]) Paa Staldvinduer toges efter at Kvæg var taget paa Stald *S. equinum* (90 %) og *S. morsitans* (10 %).

22. XII. 1918. 110 Larver.

Enkelte	c. 2,5—3,0	mm	Larver....	Farven brunlig eller grønlig. De fleste kunde henføres til *S. equinum*. 3 med knoldformet Protozotumor.
Hovedmængden	c. 5,0	—	—	
Mange	c. 6,0	—	—	
1	c. 6,5	—	—	

1. II. 1919. Larver.

Enkelte	3,0	mm	Larver	Farven brunlig; ingen grønne. De fleste kunde henføres til *S. equinum*, ogsaa en 3,0 mm Larve; 1 c. 7 mm Larve = *S. ornatum*.
20	4,0 —5,0	—	—	
90	5,25—6,0	—	—	
40	6,25—7,0	—	—	

27—28. II. 21. Pupper af *S. equinum* paa de af Aaen oversvømmede Enge.

19. IV. 1919. Larver, Pupper[1]).

Hovedmængden Larver ..... *S. equinum*.
Enkelte — ..... *S. ornatum*.
Mængder af Pupper ..... *S. equinum*.
Enkelte — ..... *S. ornatum*.

I den før nævnte Tobøl Bæk findes *S. ornatum* og i langt ringere Tal *S. angustitarse*; i en Syd fra kommende Grøft fandtes temporært i Juli 1921 *S. ornatum*.

Sammenfattes Undersøgelsens Resultat af disse Stikprøver fra Aaret 1918—19 med Iagttagelser fra efterfølgende Aar, kan man drage den Slutning:

Hovedmængden af de i Kongeaa ved Villebøl forekommende Simulier tilhører Arten *S. equinum*; dens Larver findes i Aaen sikkert i alle Aarets Maaneder; dens Pupper er fundne (efter Aarets Temperatur) fra Februar til Oktober; dens Imagines er stadig i hele Flyvetiden tilstede, i rigeligst Tal ved Hoved-Generationernes Tilstedekomst; den har mere end tre Generationer. Det vil ses, at Hovedmængden af Larverne fra November til Februar vokser i Størrelse, men at der mærkeligt nok endnu i Februar findes enkelte *S. equinum*-Larver, der kun er c. 3 mm lange; her findes denne Art saa at sige i Renkultur — men i forskellige Størrelsegrupper — og dette fortsættes Aaret rundt.

Ved Undersøgelse af Vinterlarverne er *S. morsitans* ikke fundet. Jeg mangler Indsamlinger fra Maj, Juni og kan derfor ikke fastslaa Tiden for denne Arts Fremkomst i Kongeaa. Dens Larver er fundne i Vors Aa 20. V. 18 (Findal); Gudenaa 29. og 31. V. 1917 (Wesenberg-Lund) og Linding Aa (Nørholm) 15. VI. 1918 (Findal); det var da at vente, at den ogsaa kunde optræde med Foraarsgeneration i Kongeaa; den Mulighed er dog ikke udelukket, at den i Vestjyllands Aaer forholder sig afvigende; den er saaledes ved gentagne Undersøgelser i 1916 ikke funden i Linding Aa om Foraaret; det maa dog tages i Betragtning, at den er mindre almindelig; den optræder med en Efteraarsgeneration, hvad et Fund af 1 fuldmoden Larve 15. X. 1922 har oplyst.

S. ornatum derimod synes at være til Stede hele Aaret rundt som Larve, men oftest

[1]) Imagines klækkedes under Forsendelsen til Ringsted i Mængde.

i ringe Tal; dens egentlige Udviklingssted er de tilløbende Bække og Grøfter; dens Udvikling er som *S. equinum*'s.

Endelig findes *S. angustitarse* nu og da i enkelte Stykker; den maa betragtes som tilført fra Bække og Grøfter.

Gudenaa.

Wesenberg-Lund har i Gudenaa paa Sten ved Broen ved Aale 29. V. og ved Gammelstrupbro 31. V. 1917 taget Larver af *S. morsitans*.

Ved Ry er taget *S. ornatum*; i Mølledammen og Grøfter i Haven *S. subornatum* (Wesenberg-Lund; Forf.).

I Aaen fra Sanatorieskoven indtil Papirfabrikken findes ikke Simulier (Vegetation mangler) [P. Esben Petersen], men hvor Aaen fra Silkeborg Langsø løber mod Nordøst fyldes dens Leje af en yppig Vegetation, og i Partiet om Resenbro findes Yngplepladser for to af vore Arter, der begge er særprægede: den temporære Øreparasit *S. equinum* og den giftige *S. argyreatum*. Fra Øst løber — c. 1 km Nord for Broen — Linaa, og længere oppe den træge Voel Bæk ud i Aaen; fra Vest Nebel Bæk.

I Linaa, der har ret stærk Strøm, fandt jeg 17. V. 1920 *S. ornatum* i overvejende Mængde; desuden: *S. angustitarse* og *S. venustum*. I Voel Bæk: *S. latipes* og i Nebel Bæk *S. ornatum* og *S. latipes*. Samme Dag besøgtes Gudenaa ved Resenbro og fra Baad undersøgtes Vandplanterne: fortrinsvis *Potamogeton* o. a., der i store Samlinger ligger bølgende og flotterende i Strømmen. Planterne var besat i næsten hele deres Længde med uendelige Mængder af for største Delen tømte Coconer af *S. equinum*; paa andre, oftest de baandformede Vækster, fandtes Mængder af *S. argyreatum*-Pupper. Larver af begge fandtes ligeledes i betydelig Mængde. Det var rimeligvis S. argyreatum-Sværme, der den forrige Uge — 11. V. 1920 — havde foraarsaget de store Angreb i de øst for Aaen liggende Egne (se p. 82). Smaa Sværme af Hanner af *S. equinum* saas i Læ; Hunnerne toges i det græssende Kvægs Øren. Esben Petersen (1920) havde 6. VI. 1920 Lejlighed til paa Vejen fra Sminge Station til Tvilum Øst for Gudenaa, at se Million-Han-Sværme[1]) af denne Art: »Vinden var svag vestlig, saa det er utvivlsomt, at alle Kvægmyggene stammede fra selve Gudenaaen. Vi undersøgte nogle tøjrede Kreaturer for at finde Hunner[1]); paa Yver og andre tyndhaarede Steder var der tilsyneladende ingen, hvorimod Kreaturernes Øren inde i Vindingerne saa gyselige ud. Der sad Hunnerne, blodfyldte og i Mængder; selve Ørevindingen sad i en Blodkage. Dyrenes Øren var i uafladelig Bevægelse, ligesom de stadig stod og slog til Siden med Hovedet. Langs Vejen saa vi ikke et Kreatur, uden at det var plaget af Kvægmyg i Ørerne. Et Par Heste laa ned og gned uafbrudt deres Øren mod Jorden«.

25. VII. 1922 besøgte jeg samme Sted fra Kl. 12 til 4 Eftermiddag. I Læ: smaa Sværme af Hanner af *S. equinum*; paa Vegetationen ved Aabredderne talrige Hanner af *S. argyreatum*. Hunner af *S. equinum* saas flere Steder i Færd med Æglægning paa Blade af *Phragmites*, *Glyceria* etc. i Vandet langs Aaens Bredder; talrige Blade med Ægmasser iagttoges. Paa submers Vegetation fra Aaen — baade fra Strømløbet og nærmere Land:

[1]) Jeg har bestemt Hannerne, — Hunnerne har sikkert hovedsagelig været af samme Art.

talrige Pupper af de nævnte Arter (en stor Del, navnlig af *argyreatum*'s, var tømte); Larver i alle Størrelser, flest smaa, af begge Arter.

I det Følgende skal gives en Oversigt over Resultatet af Undersøgelser af Simuliumbestanden i vore hidtil undersøgte rindende Vande. Sammenholdes mine egne med Wesenberg-Lunds Larve- og Puppeindsamlinger Landet over, kan vi danne os følgende Billede af Simuliernes Optræden. (Hvor Autorangivelse mangler er Indsamlingen foretaget af Wesenberg-Lund, J. P. Kryger eller Findal. Indsamlingen er mærket med U. f. L. = Universitetets ferskvandsbiologiske Laboratorium.)

Jylland.

Bække i Allerup Bakker; Tilløb til Vorsaa:

Horsekildebæk, stærk Strøm, 15.—20. V. 1918, V. Tp. 13,3° C.[1]) (U. f. L.) — *S. ornatum.* *S. latipes.*

Sortbæk, nær Udspringet, 19. V. 18, L. Tp. 17°, V. Tp. 12,8°, c. 60 Meter o. H. (U. f. L.) — *S. latipes.*

— 1 km fra Udspringet (U. f. L.) — *S. latipes.*

— 2 km fra Udspringet, L. Tp. 14°, V. Tp. 13°, c. 50 Meter o. H., stærk Strøm (U. f. L.) — *S. latipes.*

Bæk i Stagsted Skov, 20. V. 18, L. Tp. 11°, V. Tp. 10° (U. f. L.) — *S. latipes.*

Vorsaa, 20. V. 18, V. Tp. 16°, svag Strøm (U. f. L.) — *S. morsitans*

— 20. V. 18, V. Tp. 16°, jævn Strøm (U. f. L.) — *S. morsitans.*

Lindenborg Aa, 16. VII. 17, L. Tp. 21°, V. Tp. 15° (U. f. L.) — *S. ornatum.*

Til denne Aa løber:

Ravnkilde-Rebild, 10. VII. 17, L. Tp. 20°. V. Tp. 9° (U. f. L.) — *S. costatum.*

Korsbæk-Rebild, 10. VII. 17, L. Tp. 20°, V. Tp. 13° (U. f. L.) — *S. costatum.*

Gudenaa.

Aale[2]), 29. V. 17, L. Tp. 27°, V. Tp. 19° (U. f. L.) — *S. morsitans.*

Gammelstrup, 31. V. 17, L. Tp. 17°, V. Tp. 15° (U. f. L.) — *S. morsitans.*

Tilløb:

Salten Aa, 4. V. 20 (Forf.) — *S. argyreatum.*

Ry (Ry Møllesø, 1895 (Wesenberg-Lund); 3. V. 20 (Forf.) — *S. subornatum.*

Ry Grøfter, 3. V. 20) (Forf.) — *S. ornatum.*

Tilløb:

»Hvidkilde« til Knudsø, 3. V., 8. VII. 20, 6. IV. 21 (Forf., Dyrlæge Østermark) — *S. costatum.* *S. ornatum.*

Skovbæk, Svejbæk, 5. V. 20 (Forf.) — *S. ornatum.* *S. latipes.*

[1]) Luftens og Vandets Temp. angivet i Celsiusgrader.

[2]) Aale, Gammelstrup, Ry og Resenbro er Stedbetegnelser ved selve Gudenaa.

Tilløb til
Silkeborg Langsø, der løber ud i Gudenaa:

Funderaa, Lysbro, 16. V. 20 (Forf.) ..... *S. ornatum.*
Bæk med Okker, Hvinningdal, 16. V. 20 (Forf.) ..... *S. latipes.*
S. ornatum.
Bæk ved Kjærsgaard, 16. V. 20 (Forf.) ..... *S. ornatum.*
Resenbro, 17. V. 20, 25. VII. 22 (Forf.) ..... *S. argyreatum.*
S. equinum.

Tilløb:

Linaa, 17. V. 20 (Forf.) ..... *S. ornatum.*
S. angustitarse.
S. venustum.
Voel Bæk, 17. V. 20 (Forf.) ..... *S. latipes.*
Bæk i Gjødvad, 6. V. 20 (Forf.) ..... *S. latipes.*
Nebel Bæk, 6. V. 20 (Forf.) ..... *S. ornatum.*
S. latipes.

Skovbække ved Aarhus.

Thors Møllebæk (Marselisborg) 27. IV. 18, L. Tp. 14,5°, V. Tp. 9° (U. f. L.) *S. ornatum.*
— — 5. VI. 18, L. Tp. 16°, V. Tp. 10° (U. f. L.) . *S. costatum?*
Bæk v. Silistria (Marselisborg), 12. II., 18. II. 16 (U. f. L.) ..... *S. costatum.*
— — 3. XII. 16, V. Tp. 7,5°; 25. II. 17, V. Tp. 7,5° (U. f. L.) ..... *S. costatum.*
Vejleaa. Randbøl, 4. X. 15 (U. f. L.) ..... *S. ornatum.*
— — 3. I. 16 (2den Bro) (U. f. L.) ..... *S. ornatum.*
— Jelling, 5. III. 16 (U. f. L.) ..... *S. costatum.*
— — 21. IV. 16 (U. f. L.) ..... *S. latipes.*
Kolding Aa, Ejstrup, 29. VII. 18, L. Tp. 19°, V. Tp. 15° (U. f. L.) ... *S. ornatum.*
S. equinum.
Vejen Aa mellem Vejen Vandmølle og Drostrup Bæk, 28. VII. 18, L. Tp. 16°, V. Tp. 14° (U. f. L.) ..... *S. ornatum.*
Skovbæk, Vilstrup Strand, Haderslev, 24. V. 20 (FINDAL) ..... *S. costatum.*
Skovbæk, Aabenraa, 26. VII. 20 (Forf.) ..... *S. ornatum.*
Romaa, Lemvig, 19. IX. 19 (Forf.) ..... *S. ornatum.*
S. aureum.
Storaa, Holstebro, 23. IX. 19 (Forf.) ..... *S. equinum.*
Ommeaa (til Skjernaa), Sdr. Omme, VII. 21; VII., VIII. og X. 22 (Forf.) *S. equinum.*
S. ornatum.
S. argyreatum.
S. morsitans.
S. latipes.
I en til Aaen løbende Skovbæk, VII., VIII. 22; 5. I. 23 (Forf.) .... *S. ornatum.*
S. latipes.

Varde Aa.

Aaen ved Letbæk Mølle (Tilløb nordfra til Vardeaa), 23. IV. 16; 16. VI. 18, L. Tp. 13°, V. Tp. 14° (U. f. L.) ..... *S. ornatum.*

Lindingaa (Tilløb nordfra ved Nørholm Skov), 21. IV. 16, L. Tp. 10°, V. Tp. 7,5°; 24. IV. 16 (U. f. L.) ..... *S. equinum.* *S. ornatum.*

do., ved Indløbet i Nørholm Skov, 15. VI. 18, L. Tp. 11°, V. Tp. 14° (U. f. L.) ..... *S. equinum.* *S. ornatum.* *S. morsitans.*

Sideaa, Nørholm Skov, 24. IV. 16, L. Tp. 7,5°, V. Tp. 7° (U. f. L.) . *S. ornatum.* *S. equinum.*

Kongeaa, Villebøl. Hele Aaret (Forf.)..... *S. equinum.* *S. ornatum.*

VII, VIII; X..... *S. morsitans.*

VII, VIII ..... *S. angustitarse.*

Tilløb til Kongeaa:

Tobøl Bæk, Juli—August (Forf.)..... *S. ornatum.* *S. angustitarse.*

Grøft ved Bobøl, 16. VIII. 20 (Forf.)..... *S. angustitarse.*

Bæk ved Plougstrup, 14. VIII. 20 (Forf.) ..... *S. angustitarse.* *S. ornatum.*

Grøft ved Villebøl, 2. VII. 21 (Forf.) ..... *S. ornatum.*

Grøft, Ribe (Forf.) ..... *S. angustitarse.*

Grøft, Ribe Mark, 19. VIII. 20 (Forf.)..... *S. ornatum.*

Hjortvad Aa (til Ribeaa), Kalvslund, 8. VIII. 19 (Forf.) ..... *S. ornatum.* *S. morsitans.*

Ribeaa, Ribe, 3. VIII. 18 (Forf.)..... *S. equinum.*

Ribe, V. V. 20 ..... *S. ornatum.*

Grøft, Vedsted, 18. VIII. 20 (Forf.) ..... *S. angustitarse.*

Bredeaa, 2 nordlige Grene, 8. VIII. 20 (Forf.)..... *S. ornatum.* *S. argyreatum.*

Aaen ved Bredebro, 18. VIII. 20 (Forf.) ..... *S. equinum.*

Sjælland.

Tilløb til Hallebyaa:

Bæk ved Allindelille, 30. V. og 13. VI. 20 (Forf.)..... *S. venustum.* *S. ornatum.* *S. latipes.*

Hallebyaa, Bromølle, Maj 1915—16—18, Grydemølle, Maj 1916 (Wesenberg-Lund); Maj 1922 (Forf.) ..... *S. venustum*

I to Skovbække til Aaen, 20. og 28. V. 22 (Forf.)	*S. costatum.* *S. ornatum.*
Hallebyaa, 28. IX. 22 (Forf.)	*S. costatum.* *S. angustitarse.*
Vigersdalsaa, Ringstedaa, Susaa til Tjustrup Sø med Tilløb (Forf., Wesenberg-Lund)	*S. equinum.* *S. argyreatum.* *S. venustum.* *S. ornatum.* *S. angustitarse.* *S. subornatum.* *S. latipes.* *S. aureum?*
Kold Kilde nær Frederikskilde til Tjustrup Sø, 5. VIII. 18 (Wesenberg-Lund)	*S. ornatum.*
Køgeaa, 26. III. 10 (Wesenberg-Lund)	*S. ornatum.*
Lellingeaa, 24. IV. 18 (Wesenberg-Lund)	*S. venustum.* *S. angustitarse.*
— 12. IX. 20; 31. V. 21 (Forf.)	*S. ornatum.*
31. V. 21 (Forf.)	*S. angustitarse*
— 10. V. 16 (Wesenberg-Lund)	*S. venustum.* *S. latipes.*
Havelseaa, 11. og 22. VI. 12 (Wesenberg-Lund)	*S. ornatum.*

Kap. V.

Bidrag til de yngre Stadiers Biologi.

Æggene.

Æggene lægges paa rene Flader af Vandplanter, Sten etc., der enten er under Vandets Overflade eller dog fugtede ved Vandets Sprøjten; hos visse Arter aflægges de maaske i selve Vandet. Æggene er sammenkittede af en sejg, klæbende Substans, saaledes at de danner sammenhængende, i Reglen flade, Ægmasser (Tab. I Fig. 1); de lægges ofte i et enkelt, men undertiden ogsaa i flere Lag ovenpaa hinanden eller uden bestemt Orden i uregelmæssige Hobe; hele Ægmassen viser sig da som en slimet, knudret, strengformet Dannelse. Ægmasserne kan findes som udbredte slimede Lag, ofte sorte af Farve, der som et Overtræk dækker Vandplanter, Sten, Pæle, Bropiller, Hjulkasser ved Vandmøller etc. Man kan finde dem midt i Strømløbet, i Snævringer etc. i mægtige Lag paa Planter, f. Ex. paa Spidserne af *Juncus*, der dyppes ned i Vandet, eller paa Blade af *Sparganium* eller paa Sten; men Ægmasser findes ogsaa i Mængde paa Steder, der ikke netop ligger i den stærkeste Strøm, men nær Bredderne af Vandløbet eller bag Bøjninger, hvor der er mere Ro og Læ.

For at illustrere disse Forhold og Æglægning vil jeg beskrive mine Iagttagelser 25

Juli 1922 fra Kl. 1 til 4 Efterm. ved Gudenaaens nordlige Bred ved Resenbro NØ. for Silkeborg: Det var Graavejr, der ved 3—4-Tiden afløstes af Sol; det var ret varmt, ringe Vind; Vandstanden saa høj, at Bredderne var noget oversvømmede. I Læ saas smaa Hansværme af *S. equinum*; paa Vandplanter ved Aabredden talrige Hanner og en enkelt Hun af *S. argyreatum*. Ægmasser af Simulier var tilstede i stor Mængde paa de i Vandets Overflade flydende Blade af *Phragmites* o. a. og paa deres under Vandet værende Dele og Stænglerne.

Æglægningen blev iagttaget forskellige Steder nær Bredden, hvor der var Læ, og hvor Vandet flød roligt. Til Forstaaelse af min Beskrivelse skal jeg anføre, at af det Blad (Tab. I Fig. 1 [øverst]), paa hvilket jeg gjorde mine Iagttagelser, var Halvdelen (c. 22 cm) fra Bladets Grund til midt paa Bladet under Vand, medens Resten af Bladet flød paa Vandets Overflade; det i Vand værende Stykke af Bladpladen stod vinkelret paa Strømmen, og jeg vil af Hensyn til Beskrivelsen for denne Dels Vedkommende benævne dens Overside for »Forside« og Underside for »Bagside«. Omkring den i Vandets Overflade flydende Del af Bladet var der en livlig Færd af c. 20 Hunner af *S. equinum*, der ivrige fløj eller gik omkring paa det — aabenbart i Æglægningstrang. En Hun gik fra Bladets Overside ned i Vandet paa Bladets »Forside«, indtil den var kommen c. 15 cm under Vandoverfladen; idet den gik ned under denne, pressedes Vingerne som et fastliggende Svøb om Bagkroppen og den øverste Del af Mellem- og Bagbenene, saaledes at der dannedes en Fold ind i Vinklen mellem disse og Bagkroppen. Paa hele Myggens Underside saas en stor Luftblære, der laa flad mod Bladet, naar Myggen bevægede sig paa Bladets »Forside«, men ændrede Form idet Myggen gik om Bladets Rand til dets »Bagside«, og tømtes, naar Myggen atter vendte tilbage til Overfladen, idet Luftblæren først udvidedes fortil mellem Forbenene og tillod Dyret fuldstændig tørt atter at bevæge sig i Luften. Myggen bevægede sig med Lethed under Vandet, vendte og drejede sig, gik om Bladets Rand og tilbage igen, og søgte sig en passende Plads til at begynde Æglægningen paa, hvilken Plads i dette Tilfælde valgtes i Fortsættelse af en lille, tidligere aflagt Ægmasse, idet Hunnen fandt sig til Rette her. Denne Hun aflagde her 172 Æg; jeg tog den til senere Undersøgelse og fandt, at der var efterladt et Æg i hver af dens Ægledere.

Hovedmængden af de omtalte Hunner gik dog lige fra Bladets Overside omkring dets Rand ned i Vandet og om paa dets Underside og unddrog sig derved al Iagttagelse, men da jeg senere tog Bladet op (se Fig. 1 øverst Tab. I), viste dets Underside sig i næsten hele sin Udstrækning, c. 40 cm, belagt med en enlaget Ægmasse, hvis midterste, c. 22 cm, lange Parti udbredte sig paa hele Undersidens Flade som en i Randen lappet, sammenhængende Del, hvis Farve varierede fra hvid til smudsig gul og lys brun.

Myggene gik tilbage til Luften om Bladranden uden Besvær; de fløj dog ikke straks; forinden maatte de krøllede Vinger rettes ud og stryges ved Bevægelser af Bagbenene; Myggene kunde da — og naturligvis, naar de var under Vandet, let tages. Æglægningen blev som nævnt iagttaget flere Steder; det var overalt samme Art. Dyrene opholdt sig ret længe under Vandet; en Hun, der ikke syntes at kunne finde sig til Rette der, men gik fra det førstnævnte Blads »Forside« til dets »Bagside« adskillige Gange frem og tilbage, opholdt sig i c. 30 Minutter under Vandet; da tog jeg den op for at opbevare Bladet.

Ægmasserne laa hyppigst som sammenhængende, lappede Belægninger eller ogsaa

som større eller mindre Øer baade paa Bladenes Under- og Overside, især paa Undersiden, paa Oversiden kun, naar den var under Vandoverfladen (Tab. I, 1). Hunnerne viser ved Æglægningen Trang til at færdes selskabelig; til Trods for at der fandtes andre Blade lige op ad dette, kredsede dog alle disse 20 Hunner herom, og udfyldte med Æg de Mellemrum, der fandtes mellem tidligere lagte, nu mørkere Ægmasser; andre Hunner fandtes i Afstand derfra ogsaa benyttende et enkelt Blad.

Denne Selskabelighedstrang træffer vi paa flere Steder i Simuliernes Liv og den er næppe uden Betydning for dem; vi finder Larver og Pupper i Kolonier; hos Imagines ses Hanner og Hunner i Sværme, ligesom Hunner, der vil suge Blod, anbringer sig i Nærheden af — ofte lige opad — hinanden [Irritationen ved den enes Stik giver vistnok rigeligere Blodtilstrømning for den anden.]

Foruden disse sammenhængende, store, ses ogsaa smaa tilsyneladende af en enkelt Hun aflagte Ægmasser; en saadan var den før omtalte, der indeholdt 172 Stk.; andre isolerede Ægmasser, jeg har talt, indeholdt 191, 233, 270, 370 o. s. v., men det er muligt, at disse Tal ikke giver det samlede Antal Æg, vedkommende Hun har lagt; den førstnævnte Hun indeholdt som nævnt kun 2 modne Æg mere i sine Ægledere; den kan jo have fuldendt en tidligere paabegyndt Æglægning her.

Det bemærkes, at Britten (1915) og Edwards (1920) har beskrevet Æglægningen hos *S. equinum*.

Pomeroy (1916) har fanget en drægtig Hun af *S. venustum*, der var i Æglægningstrang; den aflagde paa den indvendige, fugtige Side af en Flaske 349 Æg i c. 12 Minutter, med kun to — faa Sekunder varende — Ophold; de første 10 Æg blev lagte i en Halvkreds og Mellemrummene fyldt ud, indtil hvert Æg berørte et andet; nogle faa blev lagte i mindre Afstand derfra og Mellemrummene udfyldt etc. Pomeroy angiver, at de fem Simuliumarter, han har iagttaget, fortrinsvis valgte Eftermiddagstimerne fra Kl. 4,30 til 5,30 ja endog Tiden indtil Mørkning til Æglægning; de Vejrforhold, der var mest indbydende for Simulierne, var Solskin og Vindstille.

Udtørring. Medens Simuliernes Ægperiode[1]) for de fleste af vore Arters Vedkommende er kort, maa Forholdet være et andet for de Arter, der kun optræder med en enkelt eller faa Generationer om Aaret. Hvor opbevares f. Ex. *Simulium venustum*'s Æg fra Slutningen af Juni Maaned, indtil man i (Februar)—Marts det følgende Aar træffer de smaa Larver, og hvor ligger Æggene af *S. latipes* og *S. ornatum*, der lever i Bække, som kun om Foraaret og en Del af Sommeren er vandførende, indtil Livsbetingelserne for Æggenes Udvikling atter kommer til Stede?

De Vandløb, hvorfra jeg kender *S. venustum*, tørrer som Regel ikke ud om Sommeren, men et enkelt gør det dog, og i et andet sænkes Vandstanden i tørre Somre meget betydeligt. I en om Foraaret indtil Slutningen af Juni kraftig rindende, stenet Bæk NV. for Allindelille (N. for Ringsted) forekommer *S. venustum*'s Larver og Pupper i stor Mængde (med enkelte Stykker af *S. ornatum* og *S. latipes*); denne Bæk bliver i Sommerens Løb saa tør, at der kun med store Mellemrum findes smaa fugtige Pletter i Lejets Bund; paa Sten

[1]) Æggets Modning tager efter Pomeroy for fire af ham undersøgte amerikanske Arters Vedkommende fra 7 til 13 Dage.

herfra har det ved gentagne Undersøgelser med Lup og binokulært Mikroskop ikke været mig muligt at finde Simulium-Æg; ej heller ved Eftersøgning i Bækkens Leje.

Hvor Halleby Aa løber inde i Kattrup Skov, har jeg set Hunner af *S. venustum* flyvende langs Vandets Overflade berørende dette med Bagkroppens Spids; de »sejlede« saaledes et længere Stykke, før de fløj op; om de herved aflagde Æg, kunde jeg ikke afgøre. Halleby Aa frembød i sit Forløb i Skoven fra 19. til 21. og fra 26. til 28. Maj 1922 trods min ivrige Eftersøgning ikke synlige Ægmasser af Simulier; paa Undersiden af Sten langs Bredden, endnu delvis overskyllede af Vandet, fandtes talrige kolbeformede Ægmasser af Døgnfluer (en af disse indeholdt c. 4500 Æg). Vandstanden falder i tørre Somre meget betydelig — var allerede sænket saameget 8. VI., at Sten, der netop blev beskyllede af Vandet den 19. V., nu laa tørre.

Fig. 52.
Stenet Bæk N. V. for Allindelille. (N. f. Ringsted).

I en stenet Skovbæk ved Svejbæk fandtes 5. V. 1920 *S. latipes* og *S. ornatum*; Bækken tørrer ud om Sommeren. I en Skovbæk ved Sønder Omme forekommer ogsaa disse sidstnævnte to Arter; i Juli 1922 toges de saaledes i deres 2. og 3. Generation. I Efteraaret 1922 fandtes de ikke i tilsendt Materiale fra Bækken, men derimod i saadant taget i denne 5. I. 1923. I det fine Sand, der var indfiltret i noget af Larvernes Spind, fandtes en tømt Ægskal, der uden Tvivl maatte antages for tilhørende en Simulium. Det maa anses for rimeligt, at Æggenes Udvikling er begyndt i November-December, idet Larvernes Længde varierede fra 1,5 til 4,5 mm. — *S. latipes* synes at forholde sig paa lignende Maade i England; Edwards (1920) beretter saaledes om dens Forekomst der i smaa Vandløb, der tørrer ud om Sommeren; han har om Vinteren ikke fundet de unge Larver før omkring ved Juletid.

Der maa baade for disse tildels temporært tørlagte Ægs Vedkommende og undertiden ogsaa for andre være en Hvileperiode; selv om Vandet atter skyller over dem, behøver de ikke straks at komme til Udvikling; *S. venustum* forekommer saaledes først igen det følgende Aar i (Februar?)—Marts som Larve. Den 1. Februar 1919 blev der i Kongeaa taget faa c. 3,0 mm lange Larver, af hvilke en kunde bestemmes som *S. equinum*; Hovedmængden havde en Længde af 5,0—7,0 mm; det kunde synes som om Æggene til disse 3 mm lange Larver havde en Hvileperiode før Udviklingen til Larve begyndte; men

man kan dog ej heller se bort fra den Mulighed, at enkelte Hunner er optraadt meget sent paa Aaret. Se p. 74.

Fra forskellig Side har Spørgsmaalet om Simuliernes Æg kan taale Udtørring været drøftet. POMEROY (1916) ansaa det for ikke muligt for de Arters Vedkommende, han undersøgte. — Det maa dog i hvert Tilfælde for visse Arters Vedkommende kunne lade sig gøre; Æg lagte i fugtig Jord maa kunne udholde nogle Maaneders Udtørring, hvad Forholdene i de nævnte Bække og i lignende Vandløb (EDWARDS o. a.) vidner om.

EDWARDS gør opmærksom paa, at Æggene af *S. aureum* har en haardere Skal end f. Ex. Æggene af *S. equinum*, at de ikke ligger i Gelémasse og tilføjer, »at det kunde synes, som om denne Art maa være indrettet paa at kunne taale Udtørring i Ægstadiet«. Ogsaa det Forhold, at 1-Stadium Larven baade hos *S. latipes* og *S. aureum* har en kraftigere Clypeus-Tand, sætter han i Forbindelse med et mere haardskallet Æg.

CAMERON omtaler (1922) en Simulium *S. simile* Malloch, der optræder i Syd-Saskatchewan-Floderne i Canada; den formodes at forholde sig paa lignende Maade som de af vore Arter, der forekommer i de om Sommeren tørlagte Bække. Han har kun set Hunnerne lægge Æg (enlagede Gelémasser) paa Sten lige i Vandlinjen eller fugtede ved Vandets Sprøjten. Visse stenede Dele af Flodlejet tørlægges fuldstændig to til tre Uger om Sommeren; unge Larver i 1-Stadium viser sig i Mængde dækkende disse Sten, naar Vandet atter skyller over dem. Cameron formoder, at Æggene kan taale Udtørring paa disse Sten eller deres nære Omgivelser.

Larverne.

Bevægelse. Larverne lever kun i rindende Vand; bedst ynder de Vande med stærk Strøm og søger i alle Tilfælde med Forkærlighed Steder, hvor denne er kraftigst, der, hvor den møder Forhindringer, Indsnevringer, Ujævnheder i Lejet, Sten etc.; men ogsaa i Vande med rolig Strøm forekommer de. Det kan vistnok siges, at de fleste af vore rindende Vande huser Simuliumlarverne i større eller mindre Mængde; jeg har fundet dem i vore Aaer og Bække, i Grøfter med svagt rindende Vand, ja endog i den smalle Vandstribe, der i Juli 1919 rislede ned ad »Jyderen«s Kridtside paa Møens Klint (Larver og Pupper af *S. latipes*).

Naar Larven har brudt Æggeskallen, fæster den sig efter nogle søgende Bevægelser straks fast med Analfoden og giver sig til at gnave løs med de store Kindbakker paa den Klæbemasse, der sammenholder Æggene, og de Alger etc., der findes paa den.

Iagttager man ovenfra Larven, naar den f. Ex. sidder udstrakt paa Bunden af en lille Porcellainsskaal, vil man se den føre Forfoden med Skiven cirkelrundt udspilet op mod Munden, hvis Kindbakker er i stadig Bevægelse. Idet Skiven nærmes Munden folder den sig sammen; dens Flade deles efter en median Diameter i to Planer, der bøjes mod hinanden. Naar Foden føres tilbage, holder Skiven sig lukket: den har grebet om Traaden og bøjes nu med et Knæk ind i den Vinkel, der er mellem Forfoden og Partiet op til Hovedet: Larven spinder. Bevægelserne kan fortsættes længe. Man kan ikke se den nylig afsondrede Traad i Vandet, men jeg har tænkt mig, at Larven spandt et Stykke Netværk, som den samlet førte ned paa Underlaget og fæstede der; men ogsaa paa selve Underlaget

spinder den; den fører nemlig med bøjende Bevægelser Hovedet ned mod dette og med Munden og Foden anbringer den sin Traad rundt omkring sig paa Underlaget, den danner et Tæppe af Netværk (se Tab. II, 7), hvori den kan fæste Krogene paa sine Fødder eller om hvilket den kan fatte. Har man Larver staaende i et fladt Fad en Dags Tid, vil man, naar man forsigtig har hældt Vandet bort, med en Pensel kunne skyde hele dette Netværk bort som et samlet Hele.

Bevægelsen foregaar som nævnt paa Maalernes Vis ved Hjælp af de to Fødder, og man vil lægge Mærke til, at Larven omhyggelig anbringer sin bageste Fod netop paa det Sted, hvor Munden og Forfoden umiddelbart forud har beredt Bunden for den med nogle Traade. Løsner man en med bageste Fod fastsiddende Larve fra sit Underlag, vil man se den først med Munddelene og Forfoden forberede Underlaget med klæbende Traade for derpaa at fæste sin bageste Fod om disse; den kan ikke fæste sig til Underlaget straks med Bagfoden. Tonnoir (1923) har for nylig gjort opmærksom paa, »at i det korte Øjeblik, hvor Larven med sin Krop danner Buen, kommer dens Krans af Kroge i den bageste saakaldte Sugeskaal altid i Berøring med Munden«. Dette er rigtigt; man ser Larven føre Siden af sin bageste Fod hen til Undersiden af Hovedet, der med sin forreste Del og forreste Fod er i Berøring med Underlaget; Analfoden føres med aaben Skive hen til Munden, lukker sig sammen og ligesom vrider den usynlige, frisk udgydte Traad- eller Klæbemasse ned mod Underlaget; derpaa rejser Larven Hovedet med et Ryk, strækker Kroppen ud og gentager den samme Akt.

Tonnoir fastslaar, at Larverne overhovedet ikke er forsynede med Sugeskaale; han anfører som Bevis, at Larverne f. Ex. kan fæste sig paa et Underlag, der ikke frembyder tilstrækkelig Overflade for Sugning, som Spidsen af en Naal, et Haar eller lign. og at man kan løfte Fodskivens Rand paa en Larve, der er fasthæftet, hvad der paa ingen Maade tvinger den til at slippe Grebet; endvidere, at dersom man lader en Larve gaa i et Rør, der er fyldt med Vand, vil man under Mikroskopet paa Røret kunne iagttage, at der paa det Sted, hvor Skiven er hæftet, ikke dannes noget tomt Rum, men at der næsten altid paa Glasset vil findes en Traad af et klæbrigt Stof der, hvor Skiven har været fæstet. Tonnoir betragter ligeledes Krogkransens Tilstedeværelse som et Bevis mod Teorien om Sugeskaal, idet de fine Kroge er egnede til at give den omgivende Vandmængde Adgang til Sugeskaalen og meddeler endelig, at Dissektion viser, at der ikke existerer Muskelbundter bestemte til Dannelse af en Sugeskaal. Jeg kan tildels bekræfte disse Undersøgelsers Resultat, men om Larven kan sidde fast i den rivende Strøm, hvori man finder den, kun fastklamret med den bageste Fod til Traadene eller en udpresset Klæbemasse uden nogen egentlig Sugning, er jeg ikke overbevist om.

Man ser undertiden paa Vandplanters Blade nogle gullige, runde, flade Pletter (Fig. 53) af Klæbemasse (?), i hvis Rand man kan iagttage fine radiært liggende Striber, som formentlig hidrører fra Indtryk af Krogrækkerne i Simuliumlarvens Analfod. Jeg har opfattet dem som Pletter af Klæbemasse, Larven har udgydt i særlig rigelig Mængde enten for at fæste sin bageste Fodskive i, før den begynder at spinde sin Cocon, men atter har forladt, eller for at de kan tjene til at fastholde Huden med under et Hudskifte.

Larverne bevæger sig vistnok som Regel ikke meget; jo ældre de bliver, desto mindre.

I et Tilfælde iagttog jeg dog, at af 5 fuldvoksne Larver, der Kl. 1 Middag sad bag 2 Pupper paa et bændelformet Blad i Strømmen, var der om Aftenen Kl. 6 kun 1 Larve tilbage; denne ene, der sad umiddelbart bag en Puppe, var i Færd med at spinde sin Cocon. Larverne sidder, stive som udspilede Fingre, ofte paa langstrakte Blade eller lignende, den ene bag den anden, alle af samme Størrelse med omtrent samme Afstand imellem sig. Billedet er ejendommelig symmetrisk; men Symmetrien kan mangle, Størrelsen variere, ja undertiden ser man en enlig mægtig »Kæmpe« siddende mellem smaa Larver; det er en Larve, der indeholder Parasiter; saadanne Larver opnaar ofte betydelig Størrelse og er ikke sjælden deforme paa Grund af Parasitens Vækst (Protozoer).

Foruroliges Larver, kan man undertiden iagttage, at de lægger sig ned mod Underlaget i en Bue til Siden; lader de sig yderligere forskrække, giver de Slip med Analfoden, og idet de fæster Traaden til Underlaget eller ogsaa uden dette, lader de sig føre af Strømmen adskillige Centimeter og hænger da svingende fra Side til Side i Enden af den størknede Traad. De kan da svinge hen til en anden Genstand i Vandløbet, hvor de kan hæfte sig fast, men ofte arbejder de sig tilbage ad den frelsende Traad ved Bevægelser af Forfoden og Munden. — Tager man den Genstand, hvorpaa de sidder, op af Vandet, vil enkelte give Slip og lade sig falde, men Traaden vil følge dem, og man ser dem da hængende i Traaden ofte et langt Stykke fra Fasthæftningsstedet. De er ved deres Traad altid i Forbindelse med Underlaget eller deres Omgivelser.

Miall (1895) har givet en indgaaende Beskrivelse af den spindende Larve og dens Færd.

Larverne dækker ofte i store Mængder de Dele, hvorpaa de sidder[1]); er det Sten, Træværk eller deslige minder Billedet om et Tæppe med lange Trevler, og en stærk Strøm kan da tvinge Larverne helt ned mod Underlaget, hvor de svinger og svajer, saa man maa undres over deres Kraft til at holde sig fast. Der er dog visse Forhold, der kan faa dem til at slippe Taget, saa at Strømmen ofte fører dem langt bort: navnlig stærke Regnskyl og pludselig Stigen af Floder (Friederichs (1919), Pomeroy (1916) o. a.). Sidstnævnte iagttog ved Spartanburg, at et Vandløb, der gennem c. 2 Mdr. havde været fri for Larver, blev kraftig inficeret fra et af dets Tilløb, som nær ved sit Udspring var rigelig forsynet med unge og halvtvoksne Larver; de blev skyllede næsten en engelsk Mil ned til Hovedløbet, hvor de satte sig fast. Jeg har set en Grøft i Løbet af faa Dage miste hele sin Larvebestand ud til en Aa, uden at nogen af de nævnte Aarsager havde virket.

Føden. For Fødens Skyld behøver Simuliumlarven ikke at bevæge sig synderlig langt fra det Sted, hvor den er kommen ud af Ægget; Føden tilføres den nemlig med det strømmende Vand, hvori den sidder. Selv om man kan se fangede Larver gnave paa Underlaget med deres Kindbakker og skuffe det op med Mentum, sker Hovedtilførselen af Føde dog ved Hjælp af Vifterne.

Vifternes Funktion er i Almindelighed bleven opfattet saaledes, at deres hule indre Flade satte den Vandmængde, de i et givet Øjeblik indesluttede i hvirvlende Bevægelse ned mod Munden. Saaledes kan de maaske virke, naar Larven sidder i en svagt

[1]) Paa 5—6 Blade af *Sparganium* fandt jeg i Juli 1921 i Ommeaa ca. 5000 Larver og der tabtes en Del. Wesenberg-Lund meddeler, at Stenene i Lellingeaa i Maj dækkes med store sammenhængende Larvelag.

rindende Grøft eller i roligt Vand, men naar Vandet er i saa kraftig Bevægelse, som det oftest er paa de Steder, hvor netop Larverne gerne opholder sig, ligger det vistnok nærmere at opfatte Funktionen væsentligst som en Afsining eller Filtrering af Vandmængdens Indhold af faste Dele. Ved Hjælp af Mandiblernes Tand- og Børsteforsyning afbørstes det Materiale, der sidder paa den mediane Side af Viften. Maaske evner den øvrige Del af Viften at bringe Dele helt ned mod Munden, hvortil ogsaa den sammenfoldede Viftes Spids kan føres og mulig derved være behjælpelig med at fastholde større Genstande (Spidsen af Viften lægges ind mellem Overlæben og Mandiblen). — Vifterne bevæges rhytmisk — skiftevis, — hver foretager ofte to maaske flere Tag efter hinanden; samtidig bevæges Mandiblerne, hvis yderste udspærrede Del passerer indefra udad under Viftens Hvælv i Straalernes Retning; idet de bestryger disse, fanger de i Mellemrummene mellem Tand- og Børsterækkerne de Dele, de kan naa. Overlæbe og Palper er ligeledes i livlig Bevægelse og fører med deres mægtige Haarforsyning Delene ned i Svælget. (Det er ved at betragte Larver under binokulært Mikroskop, at jeg har faaet denne Opfattelse, der, hvad jeg senere har haft Lejlighed til at erfare, ogsaa deles af Strickland (1911). Føden kommer altsaa til at bestaa af smaa i det omgivende Vand tilstedeværende Alger, Diatomeer, Bakterier, organiske Dele, Detritus etc. Jeg har set Diatomeer, grønne Alger, samt mere eller mindre opløste Planteceller, ja endog Sandskorn i Tarmkanalen. Emery (1913) meddeler, at man har iagttaget Larverne af *S. pecuarum* Riley fange Larver af smaa Copepoder og Isopoder. I en Skaal saa jeg en ca. 1,5 mm lang Larve, der vandrede om paa en fuldt udviklet Larve, og som kom i nær Berøring med dennes Mund, blive malet ned i Svælget af Munddelene.

Larvernes Føde synes at indvirke paa Larvernes Farve, ogsaa derigennem, at Tarmkanalens Farve skinner igennem Kroppens Dele. Farven hos den enkelte Art er ikke konstant, men underkastet Variationer. — Det synes efter Pomeroys (1916) Undersøgelser at være nødvendigt for Larvernes Trivsel, at der er smaa, levende Planteorganismer etc. tilstede, idet Larver, der blev holdt i rindende Vand, men kun fik raadnende Plantedele, blev udmattede og døde, (der var levende Græsblade i Beholderen), medens de fik deres Levedygtighed tilbage, naar der blev tilført dem Grønalger og Spirogyra; samtidig ændredes Tarmkanalens Farve fra brun til grøn.

Lufttilførsel. Som nævnt opholder Larverne sig helst paa saadanne Steder i Vandløbene (Indsnevringer etc.), hvor der tilføres dem en betydelig Fødemængde, og hvor der sker en rigelig Lufttilblanding til Vandet (Hvirvler, smaa Vandfald, i Hjulkasser ved Vandmøller etc.); dette sidste staar i Forbindelse med deres Krav om meget iltrigt Vand. Larverne dør i stillestaaende Vand; bringer man dem hjem i en Flaske fyldt med Vand, dør de. Anbringes de derimod indpakkede løst mellem Vandplanter, fugtigt Græs eller deslige, kan de holde sig i Live længe. De kan ogsaa holde sig levende fra en til flere Dage i et fladt Fad med kun lidt Vand over sig, vel at mærke naar der er iltgivende Planter til Stede, og især naar Temperaturen er lav. Jeg har holdt Larver i Live i 16 Dage i et Aquarium, hvori *Elodea* og talrige Alger fandtes i rigelig Mængde, Temp. var c. 8° C. (November).

Larverne kan ogsaa findes i forurenet Vand, saaledes i Ringsted Aa, i dens Løb syd for Byen, hvor Vandet er meget slamfyldt paa Grund af Byens Afløb (*S. argyreatum*, *S. venu-*

stum, *S. equinum*, *S. ornatum* og *S. angustitarse* m. fl.); ligesaa i Leine (Wilhelmi (1920)); Forbes (1912) beretter, at Larverne fandtes i Kloakrørene langt op i Chicago, og Emery (1913), at to Vandløb i Kansas, der førte Kloakvand, indeholdt talrige Larver.

Visse kemiske Stoffer kan Larverne dog øjensynlig ikke taale: Vandløbene i South Carolina, der forurenes ved kemiske Affaldsstoffer fra Bomuldsspinderierne, var saaledes fuldstændig fri for dem (Pomeroy, 1916).

De forskellige Arters Krav til Iltmængden er forskellig; her i Landet synes *S. latipes* og *S. ornatum* at være de nøjsomste; jeg har holdt Larver af disse to Arter fra en Skovbæk i en lille Skaal med 5 cm højt Vand levende i indtil 5 Dage i Juli Maaned, til Trods for at Vandet fordærvedes.

Vandløbenes Beskaffenhed. Der er Arter, der har tilpasset sig til Liv i Skovbække, hvis Vandforsyning til Tider — Foraar og Sommer — er meget sparsom (nogle tørrer ganske ud om Sommeren, saa at alt Liv ophører). Disse Skovbækarter forholder sig dog paa forskellig Maade; vi har her i Danmark to Arter: *S. costatum* og *S. latipes*, af hvilke den førstnævnte er den mest udprægede; den findes i kølige Bække og kolde Kilders Afløb, saaledes i Ravnkilde (Rebild), Silistria (Marselisborg, Aarhus), »Hvidkilde« (Ry) og i en rindende Grøft i Skovmosen ved »Parnas« ved Sorø [Mosen ligger mellem to Skovpartier] samt i en Bæk til Halleby Aa i Kattrupskoven (Bromølle); denne Art synes at forlange klart Vand — helst i livlig Bevægelse — men kan dog ogsaa undtagelsesvis tage til Takke med Vand med roligt Løb. *S. latipes* kan lade sig nøje med overmaade lidt Vand — endog en Stribe i en Grøft — blot det er i Bevægelse; den trives dog sikkert bedst, naar Forholdet er som for *S. costatum* skildret.

Overfor Vandløb med Okkerslam synes disse to Arter at forholde sig forskellig. To Kilder løber hver fra sit lille Skovstykke mod Nord ud i Knudsø ved Ry; i den ene »Rødkilde« findes Okker, og i den fandtes i Maj 1920 ingen Larver; i den anden »Hvidkilde«, der er klar, Mængder af *S. costatum* og *S. ornatum*. I en Bæk, der nordfra løber gennem Marker til Silkeborg Langsø, fandtes i Maj 1920 paa Vegetationen, der var dækket af Okkerslam, *S. latipes* og *S. ornatum* i Mængde. Det vil ses, at *S. ornatum* følger de to Skovbækarter baade i den klare Kilde og i Okkerbækken.

I en Bæk, der tørrer ud om Sommeren i Silkeborgskoven ved Svejbæk fandtes, som tidligere nævnt, *S. latipes* og *S. ornatum* som Larve og Puppe 5. V. 1920 (begge klækkedes).

Baade *S. costatum* og *S. latipes* kan fra Skovbækkene skylles ud i Aaer, hvor jeg har fundet dem som Larve og Puppe.

I vore større Bække og mindre Aaer har *S. ornatum* sit egentlige Hjem; den findes iøvrigt ogsaa i vore store Aaer og kan træffes overalt, da den er i Besiddelse af en meget stor Tilpasningsevne.

Arter, der er bundne til vore større og største Aaer er *S. equinum*, *S. argyreatum* og *S. morsitans*; men skylles de ind i Afledningskanaler eller Grøfter, kan de ogsaa friste Livet der. *S. venustum* synes at søge stenede Aaer og Bække; i saadanne kan ogsaa *S. angustitarse* findes (Ringsted Aa, Halleby Aa, Bække paa Bornholm).

Bundne til disse Kategorier af Vandløb er Arterne kun til en vis Grad, dertil bidrager maaske ogsaa vort Lands Natur.

Det havde været at vente, at det midtjydske Randmoræneterrain med sine kolde Kilder og Bække vilde have vist os særlige Former; dette synes ved de hidtil foretagne Undersøgelser ikke at være Tilfældet. *S. costatum* er efter FRIEDERICHS taget i mindre Vandløb ved Rostock. *S. latipes* maa vel nærmest betegnes som en Bjærgart — men det maa dog bemærkes, at den vel findes hos os, f. Ex. i Allerupbakkernes Skovbække — men f. Ex. ogsaa i Voel Bæk NØ. for Silkeborg, i en lille Skovbæk til Ommeaa ved Sdr. Omme og mange andre Steder i Landet.

Larverne vælger, saafremt det er muligt, rene Flader uden Alger etc. at sætte sig fast paa. Undertiden frembyder dog de Blade, Stængler etc., hvorpaa de har anbragt sig, et yderst broget Skue; foruden af Simuliumlarver finder man dem besatte med Pupper i Mængde, Ægmasser ved Siden af eller endog udenpaa Coconerne og store Mængder af Chironomuslarver; det Hele ligner, naar man tager det op af Vandet, en sort, slimet, levende Masse; dette er særlig Tilfældet, hvor Vandløbet snævres ind og Strømmen er særlig stærk.

Larverne opholder sig som Regel i de øvre Vandlag, men synes i de større Vandløb om Vinteren at søge mod Bunden. USSING (1910) tog saaledes i Marts 1910 ved Fladbro ved Nørreaa paa 2 Meters Dybde Simuliumlarver. MATTHIESEN, PEETS og DAHLGRÜN (WILHELMI 1920) tog 1917 om Vinteren i Leine Simuliumlarver fra Vandplanter paa dybt Vand.

Larvestadiets Længde afhænger af 1) Aarstiden, og ganske særlig af 2) Temperaturen. Den er iøvrigt stærkt varierende hos de forskellige Arter. Om Vinteren er Larvestadiet meget længere end til andre Aarstider. De fleste Simuliumarter tilbringer hele Vinteren i Larvestadiet; dette vil i milde Vintre og kolde Foraar kunne vare fra September, Oktober til Maj; men der er som nævnt p. 63—64 Arter, hvis Overvintring sker baade i Æg- og Larvestadiet, saaledes *S. latipes*, *S. venustum* og maaske flere; det synes endvidere som om ogsaa *S. ornatum* i visse Tilfælde (se p. 64) hører herhen. I de andre Aarstider vil Længden af Larvestadiet vare fra c. 3 til c. 6 Uger.

Temperaturen har en meget betydende Indflydelse paa Larvens Udvikling, idet denne fremskyndes, naar Temperaturen stiger, den kommer derfor for en stor Del til at bestemme Generationernes Antal.

Rimeligvis varierer Generationernes Antal med Breddegraden og er næppe heller lige stort i alle Aar paa samme Lokalitet (WESENBERG-LUND, Forf.).

Larverne taaler udmærket lave Temperaturer; EMERY (1913) gjorde 1912 den Iagttagelse, at de kunde holde sig levende indpakkede i Sne; han pakkede nogle Larver i Sne Kl. 5 om Eftermiddagen, førte dem andetsteds hen, pakkede dem ud Kl. 8 om Aftenen og satte dem i rindende Vand i et Laboratorium; Pakken var frossen, da de blev pakkede ud, de kunde bevæge sig og levede videre i Laboratoriet. Forf. har gjort en lignende Iagttagelse.

Larverne er lyssøgende; saaledes finder man f. Ex. om Sommeren i Lellinge Aa, der løber gennem Skov med aabne Partier, paa de Steder, hvor der er Skygge, yderst faa Larver; hvor der er svagt belyste Partier, flere, og hvor Aaen løber helt aaben for Lyset, mange. — Har man Larverne staaende i en flad Beholder, vil man se dem vandre mod den Side, der er nærmest Lyset.

Kokondannelse og Puppestadium.

Naar Larven i sidste Stadium nærmer sig Forpupningstiden, vil man bag Hovedet under Larvehuden kunne se Anlægene til Imagos Ben, Vinger og Halterer som hvidlige, uregelmæssige Dannelser; foran Vingernes og det mellemste Benpars Anlæg ses de spiraloprullede eller foldede Pupperør; de er først hvide, senere brune næsten sorte, tilsidst formede som en sort »Plet«. Paa Bagkroppen skinner Puppens Kroge — navnlig Rygsidens — igennem.

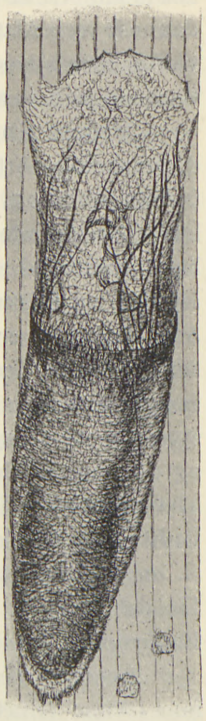


Fig. 53.
Puppe af *S. ornatum* i sin Cocon paa et Blad af en Vandplante. Under det provisoriske Spind ses Pupperørene, den afstødte sidste Larvehuds Krogkrans fra Analfoden og Hovedets Kapsel. Forneden paa Bladet findes to rundagtige Pletter formentlig dannede af Klæbestof fra Simuliumlarvens Spindekirtler. Forstørret.

Før Forpupningen spinder eller væver Larven sin Cocon, hvori Forpupningen foregaar; jeg har haft Lejlighed til at se en Del af denne Akt: Den p. 67 nævnte tilbageblevne Larve forholdt sig paa en fra det sædvanlige afvigende Maade og blev taget op med Bladet; det viste sig da, at den sad fasthæftet paa Bladet med Analfoden, men med fuldstændig bagoverbøjet Forkrop; Hovedets Overside berørte Bagkroppens yderste Del. Over hele Larven og lige saa langt fortil fandtes der med omtrent oval Basis udspændt et Spind, der foran Larven var meget fint og tyndt; Spindet indesluttede en Vanddraabe, der omgav Larven og var af samme Form som dette. Larven var i Færd med at spinde sin Cocon og sad fasthæftet lidt bag Coconens Rand. Ved stadig at lade Vanddraaber glide ned ad Bladet for at forhindre Udtørring, kunde jeg holde Spindet vandfyldt og se, hvorledes Larven i den meget sammenklemte Stilling arbejdede med sine Munddele og Forfoden, indtil et af fine Traade dannet Netværk var flettet. Jeg iagttog Dyret c. en halv Time; da Mørket faldt paa, forsøgte jeg at tage Larven med hjem for at kunne følge Processen der; det mislykkedes, idet ufuldstændig Forpupning fandt Sted; Puppen havde da c. 8 Min. senere indtaget en tværliggende Stilling i Coconens Aabning og sprængt det tynde Netværk midt over. Den forreste Del af dette Spind bestod af kun et tyndt Lag af Netværk, medens den egentlige Cocon dannedes af flere Lag. Coconens Rand er oftest meget fast formet. Som et fint gennemsigtigt Slør (Fig. 53) eller som et kuplet Laag (*S. equinum*) ligger det provisoriske Spind ud over Coconens Aabning; som Regel stødes det af, naar Forpupningen foregaar; det ses sjælden; jeg har iagttaget det hos *S. venustum*, *S. ornatum* og *S. equinum* og har da fundet enten Larven indesluttet i Spindet eller Puppen liggende i Coconen. Foran Puppen dækket af det provisoriske Spind ses dennes Pupperør og den afstødte Larvehud, hvoraf baade Hovedets Kapsel og Analfodens Krogkrans tydelig kan iagttages[1]) (Fig. 53).

Allerede tidligere har J. C. Schiødte (1878), Miall (1895) og Wesenberg-Lund (1915), omtalt at Larvens Forpupning sker i en fuldstændig lukket Cocon. Schiødte skriver, at Larven

[1]) Trues fuldtudviklede Larvers Tilværelse f. Ex. af, at Vandet unddrages dem eller fordærves ved Mangel paa Ilt, kan der finde en ufuldstændig Forpupning Sted; Coconen bestaar maaske kun af et tyndt Væv eller faa Traade, Puppen er langstrakt og Pupperørene spiles ikke ud i Kroppens Længderetning, Chitiniseringen er mangelfuld etc.

tilsidst gnaver Laaget af; MIALL og WESENBERG-LUND, at det stødes af ved Forpupningen; dette sidste er rigtigt. Hos *S. equinum*, hvor Laaget er tættere og fastere vævet — som Coconens Rand — end hos Arterne med Tøffelcocon, vil man nu og da finde Randen, der hos denne Art er tynd og ikke skarpt markeret, forsynet med uregelmæssigt formede Lapper, dannede ved Afstødningen af Laaget. MEINERT (1886) kendte denne Opfattelse fra WESTWOOD, men synes at have været utilbøjelig til at gaa ind paa den, da han altid har fundet Coconen aaben med fortykket, afrundet Forrand.

Medens Coconens Form og Textur er konstante for Arten varierer de ofte hos de forskellige Arter. Formen er hos en af vore Arter som en Støvle eller Mørser med rørformet Aabning, hos de andre som en Tøffel eller Lomme med Aabningens Rand enten lige eller løbende paa Midten ud i en Spids eller Tap. Coconens Forbindelse med Underlaget dannes af en bred, fast Rand af Klæbestof; Vævet i Coconens Hvælv er tættest paa Ryggen og bliver i Tøffelcoconen mere aabent op mod de øverste, yderste Hjørner; hos *S. subornatum* er der her et yderst vidmasket Parti. Aabningens Rand er navnlig i den tøffelformede Cocon tæt og fast vævet af tværløbende Traade. Traadene viser sig hos samme Art af noget forskellig Vidde. Det nylig udgydte Klæbestof er meget elastisk og synes at være noget plastisk; Traade, der ligger opad hinanden, kan derfor klæbe sammen og de smaa Mellemrum udfyldes af en tynd Hinde af Klæbestof. Coconens Gulv bestaar af tværløbende Traade; det strækker sig fra dens Spids til c. dens halve Længde. Dette Gulv ligger hos de af vore Arter, der har en bred Cocon med udadbuede Siderande (*S. latipes*, *S. angustitarse* og *S. aureum*) i et højere Plan end Coconens Tilhæftning paa Underlaget. Da det er langt mere udviklet end hos de andre Arter, indhyller det nedenfra Puppens Bagkrop og hæver den fra Underlaget.

Coconen fæstes til Underlaget: Blade, Sten, Træværk etc. og dette Underlags Form faar i visse Tilfælde Indflydelse paa Coconens Form; naar det er meget smalt, f. Ex. linjeformede Blade af Vandplanter, mødes Siderne af Coconens Overdel omtrent ved Basis, og Gulvet forsvinder næsten helt, ogsaa i Coconen med de udbuede Rande. Den 13. IX. 19 fandt jeg i Vigersdals Aa Pupper af *S. ornatum*, *S. argyreatum*, *S. equinum* og *S. angustitarse* af denne Form, idet Larverne havde været nødsaget til at indrette sig paa denne Maade, da der kun fandtes en sparsom Vegetation af linjeformede Vandplanter.

TONNOIR (1923) har hos en ny Simuliumart, *S. Tillyardi* (fra Ny Zeeland), som han holdt i et Aquarium med rindende Vand, iagttaget Coconens Dannelse; denne falder i to Faser: 1) Dannelsen af dens ydre og 2) af dens indre Lag. Under hele Arbejdet sidder Larven fasthæftet med sin bageste Fod paa samme Sted. Larven bøjer og vrider sin Forpart tilbage langt ud over sin Tilhæftning til Underlaget og berører med Munden en Række Punkter paa dette i en Kreds uden om Bagenden; den danner først Yderranden for Coconens yderste Omrids, dernæst det ydre Lags Netværk med Coconens Aabning, og fører sluttelig nogle faa Traade ud til et Punkt, der er beliggende paa det Sted af Underlaget, hvortil Larven kan naa ud med sin Mund, naar den retter sit Legeme ud i hele dets Længde. Derefter foregaar Arbejdet ikke mere frit udenfor den paabegyndte Cocon, Larven bevæger sig nu indenfor dette ydre Lag, idet den, stadig fasthæftet, som før nævnt fører sin Forpart i vridende Bevægelser ud til Siderne og fæster Traaden fra Indsiden af Yderranden

af Coconen til Punkter paa Indsiden, der ligger centralt derfor. Da Coconen hos denne Art har en rørformet Aabning, føres Hovedet under og foran Kroppen og sluttelig paabegyndes den Akt, som jeg har iagttaget herhjemme hos *S. venustum*, en Slags Tapetsering af Coconens Indre, hvor Larven er bøjet med sin Forparts Underside opadvendt mod Coconens Loft; naar Coconen er fuldstændig færdig, løsner endelig Larven Forbindelsen med sin bageste Fod fra det Sted, hvor den har været fasthæftet under hele Arbejdet; den bøjer sin Krop som et U, idet den udenfor eller rettere i Coconens Aabning ligger med sin forreste Halvdel af Ryggen i Berøring med den bageste Halvdel. Hovedet og Bagkroppens Yderende er fæstede til Traadene, der forbinder Coconens Aabning med det før nævnte Punkt. Efter en Række Omdrejninger paa 180° om sig selv, der varer c. 10—15 Minutter, begynder Forpupningen. Man ser pludselig Puppens Bagkrop komme tilsyne under Larvehuden, medens samtidig den forreste Del af Puppen svulmer op og viser Hovedet, som skilles fuldstændig fra Larvehuden; Puppen finder sin Plads i Coconen, de lange Traade sprænges og det afkastede Larvehoved samt den øvrige Del af Larvehuden skylles bort af Strømmen. — De tre af vore Arter, hos hvilke Forholdet er iagttaget, synes at forholde sig paa lignende Maade; dog dannes hos disse et virkeligt om end tyndt provisorisk Spind af mange Traade, der hos de to Arter med tøffelformet Cocon fæstes ikke til et, men til flere Punkter ud for Coconens Aabning og hos den tredje danner et kuplet Laag.

Da man meget sjælden om Dagen finder Larver i Færd med at spinde Cocon og forpuppe sig, er det muligt, at denne Proces væsentligst foregaar i Tider paa Døgnet, hvor Lyset er svagere eller maaske om Natten.

Coconens Aabning vender altid i samme Retning som Strømmen, derfor i lave, stenede Smaabække i meget forskellig Retning (smaa Strømhvirvler), i andre Vandløb i samme Retning. Her som f. Ex. i England (Edwards 1920) findes smaa Chironomuslarver, der har anbragt deres Spind langs og opad Coconens Inderside i Vinklen mellem denne og Bladet; disse Larver kan ogsaa findes i tomme Coconer og langs Coconens Yderrand.

Bristningen af Puppehuden finder som Regel Sted under Vandet; jeg har taget Coconer op fra Gudenaa paa den nederste Del af 1,5 Meter lange Vandplanter. Men Udviklingen forstyrres ikke ved, at Puppen unddrages Vandet; der maa dog altid være en vis Fugtighedsgrad i Luften om den. Indtørring dræber den. Naar Vandstanden i Aaer og Bække, der er gaaet over deres Bredder, som det sker om Foraaret, pludselig sænkes, vil en Del Pupper, der sidder paa de nu tørlagte Arealers Vegetation, udsættes for Luftens Paavirkning; er der samtidig Stigning i Temperaturen, vil deres Udvikling fremskyndes.

Man kan i Overensstemmelse hermed holde Puppen udenfor Vandet saa længe i Live, at den kan fuldende sin Udvikling. Anbringer man den i et almindeligt 8 cm Præparatglas, med en fugtet Prop af hygroscopisk Bomuld i Bunden og lukket med en Prop af almindeligt Bomuld eller løst indpakket mellem Vandplanter, Mos etc., vil dens Udvikling til Imago kunne foregaa.

I stillestaaende Vand dør Puppen ligesom Larven, med mindre der er meget lidt Vand over den. Jeg har nedsænket Pupper, der var lige ved at forvandle sig, idet de var pressede frem i Coconen af den dannede Luftblære, c. 2 cm under Overfladen af et 2,5 cm vidt Præparatglas, fyldt med Vand; Puppen blev hurtig urolig, vred Bagkroppen gentagne Gange, Luftblæren begyndte at svinde, og efter 20 Minutters Forløb var Puppen død.

I adskillige Tilfælde iagttoges Sprængningen af Puppehuden og Imagos Udtræden af den (dog kun paa Pupper, optagne af Vandet): En Hunpuppe af *S. argyreatum* (Foraaret 1920) viste flg. Forhold: Kl. 6,17 Efterm. var Puppen rykket saa langt frem i Coconen, at hele Thorax ragede udenfor dens Rand. Huden over Thorax var skinnende sort og Abdomen løsnet fra Puppehuden nedad og bagtil, idet en Luftblære pressede det opad; det saas tydelig, at Puppehuden var udsat for et stærkt Pres. Kl. 6,51 spaltedes langsomt Puppehuden paa langs over forreste Del af Thorax, derefter paa tværs i en Tværfure bag Hovedet og fra den i to Længdespaltninger ned over dette. En fortil fæstet Lap af Puppehuden blev derved fri, hvorved Hovedet lettere frigjordes. Myggens Thorax begyndte at komme tilsyne, hvorpaa Dyret skubbedes fremad: Følehornene udspiledes først; da 4—5 af Abdominalringene var fri, saas nogle vrikkende Bevægelser af Abdomen og en let Vibreren af Vingernes indvendige, frie Rand; Benene var passive, indtil endelig Myggen Kl. 6,59 med en rask Bevægelse forlod Coconen, gav sig til at pudse Abdomen og Vinger og fløj Kl. 7,05. Processen havde taget omtr. 1 Time. I Naturen foregaar denne Sprængning af Puppehuden med Undtagelse af de Pupper, der sidder paa tørlagte Arealer, under Vand, og Imago føres med Luftblæren til Vandets Overflade.

Jeg har set talrige Simulier komme til Syne paa Vandoverfladen af Halleby Aa ved Bromølle uden dog at kunne se Luftblærens Bristning, som VERDAT o. a. omtaler, men jeg har iagttaget Dyrenes videre Færd over Vandets Overflade, deres Udhviling, Pudsning af Vinger og Abdomen og deres Flugt. Da VERDATS (1830) Beskrivelse giver et udmærket Billede af denne Akt, skal jeg citere den efter MIALL (1895). »I det Øjeblik Myggen naar Vandets Overflade«, skriver han, »tous ses membres se déploient à la fois comme par explosion. Il se tient facilement sur l'eau, où il marche par le secours des pelottes de l'extrémité des tarses, qui sont alors bien développés, et il gagne une tige voisine sans se mouiller. En très peu de temps ses ailes sont déployées et affermies. Il quitte son berceau en prenant son essor, se répand partout dans la campagne pour y chercher des aliments et sa femelle«.

Puppestadiets Varighed er afhængig af Temperaturen og undertiden af Tørlægning af de Dele Puppen sidder paa; Stigning af Temperatur og rimeligvis Tørlægning vil fremskynde Klækningen. *S. ornatum* og *S. latipes* fra Skovbække er bragt til at forpuppe sig i Juli Maaned; Puppestadiet varede 7 Dage. MIALL regner Puppestadiets Varighed til 14 Dage.

Kap. VI.

Bidrag til Imagines Biologi.

Simuliernes Forekomst i Løbet af Aaret.

De første Dage af April er det tidligste Tidspunkt, paa hvilket jeg har fanget Imagines. 27. og 28. Februar 1921 toges talrige Pupper af *S. equinum* paa de af Kongeaaen oversvømmede Enge ved Villebøl (af Pupperne fremkom Imagines faa Dage efter). Saa sent som 7. November 1920 fangede jeg 2 ♀♀ af *S. argyreatum* ved Vigersdalsaa, hvor der ogsaa fandtes talrige tomme Coconer og en enkelt Puppe (klækket 9. XI ♀) af *S. equinum*, samt enkelte Puppehylstre af *S. ornatum*.

Disse tidligst og senest paa Aaret optrædende Simulier maa betragtes som Forløbere og Efternølere af Simuliernes store Hær, der er tilstede fra tidligt Foraar til sent Efteraar; kun paa visse Egne gør de sig aarlig — og endda kun med ofte mange Aars Mellemrum — saa bemærket, at de bliver Genstand for særlig Omtale.

Folkene paa Gudenaa- og Nørreaaegnene i Jylland ved god Besked om »de smaa sorte Fluers«[1]) eller »de giftige Fluers« Tilstedekomst hvert Foraar; de holder derfor Kvæget borte fra Græsning om Dagen indtil efter 20. Maj; i Egnene om Hallebyaa i Skovdistrikterne Syd for Jyderup kender man ogsaa »de smaa blanke Fluers« Plagsomhed i Foraarsmaanederne. Iøvrigt er Kvægmyggenes Tilstedeværelse i Naturen ganske ukendt for Befolkningen; og dog findes Simulierne omtrent overalt, hvor rindende Vande giver Livsbetingelser for dem. Det er Simuliernes Lidenhed der — udenfor de større Angreb — bevirker, at de upaaagtet kan færdes som Blodsugere paa vore græssende Husdyr.

Generationernes Antal.

Hos alle vore Arter optræder en Foraarsgeneration, der plejer at udmærke sig ved at have de talrigste og største Individer.

For en Arts Vedkommende: *S. venustum* Say. optræder kun denne Generation.

Hos de mest betydende af vore Arter: *S. argyreatum*, *S. ornatum* og *S. equinum* findes der tillige en anden og en tredje Generation (Sommer- og Efteraarsgen.); den første optræder i Maanederne (Maj), Juni, Juli, den sidste i August, September, Oktober — alt afhængigt af Vejrforholdene. Naar man taler om disse tre Generationer, maa de opfattes som Hovedgenerationer; de tre nævnte Arter har som Regel flere.

S. morsitans har 3 Generationer, *S. subornatum* sikkert ogsaa (fundet Foraar og Sommer i Jylland, Efteraar paa Sjælland). For de øvrige Arter, der er ret fattige paa Individer, (*S. latipes*, *S. angustitarse*, *S. costatum* og *S. aureum*) afhænger Generationernes Antal for en Del af, om Naturforholdene muliggør deres Udvikling.

Forholdene er vistnok forskellige for de forskellige Arter. I de Bække, der tørrer ud, efter at Foraarsgenerationen har forladt dem, bliver der Mulighed for fornyet Liv, naar de atter bliver vandførende, men det er ikke givet, at Ægget, der har oversomret tørt eller i bedste Tilfælde i fugtig Jord, straks vaagner til fortsat Udvikling; det synes at skulle have en Hvileperiode. *S. latipes* findes i Foraarsmaanederne, og, om Bækken fører Vand gennem Sommermaanederne, ogsaa i disse. Selv om Vandløbet ikke tørrer ud, synes Simuliumlarverne, i hvert Tilfælde i visse Egne, at forsvinde; jeg har saaledes *S. latipes* i rigeligt Tal og *S. ornatum* i ringe Mængde fra en Bæk ved Sdr. Omme i Juli; i Oktober var begge Arter borte, medens i December-Januar de unge Larver af *S. latipes* atter fandtes i stort Tal tillige med enkelte *S. ornatum*-Larver. At *S. latipes* kan optræde med en Efteraarsgeneration her i Landet, fremgaar af Fund af Imagines i Stagsted Skov 22. IX og Allerup Bakker 5. X. 1920 (A. Chr. Thomsen).

[1]) Betegnelsen »Flue« for Kvægmyg er almindelig i Folkesprog Verden over; i fransktalende Lande benævnes de »mouche«, og i engelsktalende »fly« med Tillægsbetegnelse: petite, venimeuse, black etc. Dog anvendes ogsaa i Folkesproget Betegnelsen Myg: »Turkey Gnat«, »Buffalo Gnat« i Amerika, »Kriebelmücken« i Tyskland.

S. costatum har jeg fra Bækken ved Ry baade Foraar og Sommer; fra en Skovbæk til Hallebyaa — Foraar, og fra selve Hallebyaa ud for Skovbækkens Udløb — Efteraar.

S. angustitarse og *S. aureum* kan forekomme hele Aaret.

Hovedmængden af Imagines træffes i Foraarsmaanederne som Regel sidst i April og først i Maj, alt afhængigt af Aarstidens Temperatur. Paa dette Tidspunkt vil man træffe den største Mængde Larver i det sidste Stadium; som nævnt under Omtalen af Larverne findes der dog for en given Art en Del, der er senere udviklede end Hovedmængden, og de vil komme som den første Generations — Foraarsgenerationens — Efternølere; *S. venustum*'s Larvestadium tager først sin Begyndelse i Februar(?)-Marts. Den videre Udvikling afhænger nu af Temperatur og Vejrforhold. En stor Del af Larverne vil gaa over i Puppestadiet. Afbrydes Vinterkulden pludselig af varme Foraarsdage med stille Vejr, og sænkes tilmed Vandstanden paa oversvømmede Enge, vil vi faa Simulierne at se ikke alene i mindre Skarer angribende de græssende Dyr eller i Smaasværme af Hanner eller Hunner, men ogsaa i store Sværme. Holder Vejret sig, vil Foraarsgenerationen straks faa Lejlighed til Sværmliv, Parring og Æglægning, og næste Generation, Sommergenerationen, vil i Maj—Juli kunne fremtræde som en ret velafgrænset 2den Generation med Individer, der er noget mindre end 1ste Generations, men hvis Antal er stort.

Er Vejrforholdene i Foraarsdagene vekslende: varme Dage afløste af adskillige kolde, Vejret regnfuldt og blæsende, vil Udviklingen ikke foregaa jævnt, idet Larvers og Puppers Udvikling ikke fremskyndes saa stærkt, hvortil kommer, at de udviklede Myg paa Grund af det ugunstige Vejr vil forholde sig i Ro; herved vil der tillige komme Brud i Æglægningen og i Størrelsen af de forskellige Hold af Larver af næste Generation.

Er Vinteren, som f. Ex. i Danmark 1920—21, meget mild, vil Udviklingen fra Larve til Puppe begynde tidlig, sidst i Februar og først i Marts; den jævnt stigende Temperatur gav en langsomt forløbende Udvikling af Simulierne. De udegaaende Husdyr vil under saadanne Forhold vel angribes gennem Foraaret, men den pludselige Udvikling finder ikke Sted, og dermed mangler Betingelsen for det store Angreb.

Udenfor de store Generationer kan man finde visse Arter i alle Udviklingstrin; dels fordi hele Larvebestanden i et Vandløb ikke er saa ensartet udviklet, at den kan gaa over i Puppestadiet paa en Gang, dels fordi Vejrforholdene sjælden er saa konstante, at der ikke kommer Brud i Dyrenes Udvikling og Sværmliv. Paa Egne, hvor f. Ex. *S. equinum* forekommer, er dette Forhold meget iøjnefaldende, og her findes Arten ogsaa som Imago ligefra Foraar til Efteraar.

Simuliernes Forekomst i Naturen.

Sværmdannelse. Parringsdanse. Sædvanlig finder man Simulierne i Nærheden af de Steder, hvor Udviklingen er foregaaet: paa Vegetationen langs Vandløbenes Bredder baade Hanner og Hunner; i Luften Hannerne i mindre eller større Sværme, ofte i Nærheden af Hunnernes Opholdssteder, men ogsaa ofte langt derfra. Som bekendt optræder Simulierne overvejende i Sværme; i disse kan enten Hanner, Hunner eller begge Køn deltage. I køligt Vejr holder Simulierne sig skjult. Hunnerne af *S. equinum* og *S. ornatum* har jeg saaledes paa kolde Sommerdage ketsjet paa Græs i længere Afstand fra

Kongeaa; Hannerne af *S. latipes* er taget paa Pil i Allindelille Skov om Foraaret (Graavejr). Er Vejret varmt, vil vi i Egne med Bække, Aaer eller andre Vandløb — især i Læ af Hegn, Skove og Bakker — se Simulierne optræde i Sværme. I Sollyset vil Sværmens iriserende Vinger fremkalde overmaade smukke Interferensfarver. — De Simuliumsværme, jeg har iagttaget, har for det meste bestaaet af enten Hanner eller Hunner, sjældnere af begge Køn. Wesenberg-Lund tog ved Bromølle, Hallebyaa, 14. V. 16 *S. venustum* i uhyre Sværme, der bestod af begge Køn (af 100 undersøgte var 56 ♂♂ og 44 ♀♀). I Hansværmene har jeg set Hunner flyve ind og enkelte Gange ketsjet en Hun med Hannerne; i en Hunsværm af *S. venustum* fandtes flere Hanner.

Man vil undertiden ved sin Nærværelse paa Steder, hvor Simuliumhunnerne opholder sig, kalde disse frem; jeg har iagttaget Forholdet for *S. venustum*'s Vedkommende: satte jeg mig paa Hug, eller stod jeg blot foroverbøjet ved Aaer eller Bække, hvor Hunnerne fandtes, blev jeg omsværmet af dem i Mængde; de fløj op om mig mod Ben, Hænder og Ansigt og kravlede livligt ligesom følende med Forfødderne omkring; forholdt jeg mig i Ro, fjærnede Myggene sig. Kun nogle faa Gange blev jeg stukket paa Hænderne af dem; Smertefornemmelsen næsten umærkelig, men Blodet flød rigeligt.

De Sværme, Hunnerne danner, kan til Tider være meget betydelige; om deres nærmere Forhold herhjemme ved vi endnu ikke meget, men som bekendt er det denne Hunnernes Sværmdannelse, der betinger de store Angreb, idet de kaster sig over de i det Fri værende Husdyr; paa Steder, hvor disse ikke findes, angriber de formodentlig Vildtet.

Webster (1904) meddeler saaledes, »at Simulierne i 1882 drev Hjortene ud af Sumpegnene i Louisiana og næsten udryddede dem i Egnene mellem Washida og Mississippi; saa frygteligt var deres Angreb, at de stakkels Dyr tog deres Tilflugt til de rygende Baal, Plantageejerne holdt brændende for at beskytte deres Kvæg; en Smed blev en Dag forbavset ved at se en Hjort næsten dækket med Myggene styrte ind i Smedjen, hvor den blev staaende i Røgen fra hans Esse og tillod ham at børste dens Plageaander af«.

Man har i lang Tid ment, at kun Hunnerne dannede Sværme: Schiner (1864) omtaler saaledes, at han fra Banat og Mehadia har faaet tilsendt en lille Flaske fuld af Columbaczermyg i Alkohol; »de var særlig interessante«, skriver han, »derved, at samtlige Individer var Hunner«; en anden Sending paa flere Hundrede Stykker, han modtog fra Kollar, indeholdt heller ikke en eneste Han. Schönbauer (1795) omtaler Ungarns mægtige blodsugende Sværme; han afbilder i sin Bog Hunnen og har vist næppe kendt Hannen. — Webster (1904) skriver om Myggesværmene i Louisiana: »Myggene, der optræder i saadanne Sværme (Myriader) i Afstand fra deres Udviklingssteder og er saa blodtørstige, er alle ubefrugtede Hunner; Hannerne derimod ses sjælden i Afstand fra de Steder, hvor de er udviklet«.

Det er dog ikke Hunnerne alene, der danner Sværme, tværtimod ses Sværme af Hanner, i hvert Fald af visse Arter langt hyppigere, ikke blot paa Solskinsdage men ogsaa i Graavejr og i Skygge. — Staar man paa Tider, hvor f. Ex. *S. equinum* er fremme, i Ro i Nærheden af dens Udviklingssted, vil man, om Vejret tillader det, ofte paa den Side, hvor man danner Læ, faa at se nogle faa Hanner komme tilstede i deres ejendommelige hoppende Flugt; der vil maaske samles flere, og enkelte farer nu og da i korte Stød ind mod Ansigtet, som om de søgte noget. Paa Steder, hvor der er Læ eller over Hovederne paa eller i Nær-

heden af Kvæg og Heste, kan man iagttage Hannerne i smaa eller større, ja endog meget store Sværme; saadanne Sværme er iagttaget mange Gange ved jyske Aaer, f. Ex. Kongeaa, Ommeaa, Gudenaa (Boas har taget denne Art i store Sværme ved Bjerringbro). En anden Art, *S. venustum*, er gennem mange Aar hvert Foraar, navnlig i Maj Maaned, set her omkring Ringsted i smaa og ofte i meget store Sværme i Læ af Byens Huse og Haver og i dens Anlæg, der ligger c. 1 km fra og højt over Udviklingsstedet, Ringsted Aa. Samme Iagttagelse er anstillet nær en højtliggende, stenet Bæk (Tilløb til Hallebyaa) ved Allindelille og navnlig i Egnene om Hallebyaa, syd for Jyderup og ved Lellingeaa (Wesenberg-Lund; Forf.). Ogsaa af *S. argyreatum*, *S. ornatum* og *S. angustitarse* har Forf. set Han-Sværme.

Otto Fabricius (1784) omtaler, at *Tipula sericea* = *S. venustum*(?) hyppig træffes ved norske Vande (Elve) mellem de høje Fjælde, hvor Myggene paa varme Sommerdage »bogenweise schwärmen«; muligt har det været Hanner af *S. venustum*, da netop denne udmærker sig ved sin Sværmdannelse; Verdat (1830) omtaler Hannernes Sværme; Zetterstedt (1850): »Mares innocentes in aëre choreas sæpe instituunt«; Bergmann (1917) »Hannerne ser man ofte opføre saakaldte Myggedanse i Luften«; Friederichs omtaler (1919) dansende Sværme af Hanner af *S. reptans* og en anden Art og (1921) af Hanner af *S. argyreatum* (Neustadt ved Leine); Edwards (1920) ligeledes Sværme af Hanner (ved Floden Lark i Suffolk talrige Hanner af *S. equinum*, sværmende i Skyggen). Forskere som Nöller (1919) og Enderlein (1921) omtaler disse, udelukkende af Hanner bestaaende Sværme, som noget hidtil ukendt.

Hannernes Bevægelse i Sværmen er meget ejendommelig og ligner i nogen Grad den hos visse Bibionider: Alle Sværmens Individer staar i skraa Stilling vendte i samme Retning nemlig mod Vinden, Benene holdes samlede, hængende som en Klokkeknebel lige ned i spids Vinkel mod Legemets Længdeakse. Den enkelte Hans Bevægelse i Sværmen er ret sammensat: den foregaar dels i smaa Hop i korte Tag opad og fremad i skraa Retning, dels i en Stigen i en længere lige Linje i samme skraa Retning og tilbage ad samme Linje. Disse Bevægelser afløses nu og da derved, at Hannen pludselig farer ud til Siden og atter tilbage til Sværmen; man ser den ogsaa dale i korte Stød efter en brudt Linje, som da den steg op, eller bevæge sig ad en buet Linje. Sværmen trækker sig sammen og udvider sig atter; den kan holde sig saaledes dansende omtrent paa samme Sted i Time — ja — i Dagevis, men flytter sig dog som Regel. — Maaske stiger disse Sværme højt op i Luften, Svalernes livlige Færd i højere Luftlag paa Tider, hvor Myggesværme, ikke alene Simuliernes, men ogsaa Chironomiders, Tipuliders og visse Stikmygs er fremme — men dog ikke træffes nær Jorden — tyder derpaa; om Hunnernes Sværme holder sig nærmere Jorden, eller om ogsaa de kan stige op i højere Luftlag, ved man ikke; det mest sandsynlige er maaske, at de bevæger sig i lavere Luftlag. Wesenberg-Lund skriver (1915 p. 368) om de arktiske Egnes Myg, »at det længe var ubegribeligt, hvor Hannerne til de uhyre Mængder af blodsugende Hunner i arktiske Egne var henne«, — »men at det nu er vist, at i disse Landstrækninger Myghannerne, der lever meget kortere end Hunnerne, staar i Sværme højere oppe i Luften — oftest saa højt, at de næppe er synlige, og at dette er i Overensstemmelse med Beretninger andetsteds fra, samt at det vistnok er en Regel, at Hanmyggene staar i Sværme over det Niveau, hvor Hunmyggene fortrinsvis opholder sig«. Der foreligger mig bekendt ingen Meddelelser om, hvorledes Simuliernes Hansværme be-

væger sig i Forhold til Hunsværmene; det forekommer mig sandsynligt, at de ledsager disse, saaledes at Parring kan finde Sted, naar Hunnen har optaget sit Blodmaaltid.

Medens den omtalte Hannernes »Dans« finder Sted ganske lidenskabsløst og næsten uden Tone fra Sværmen, vil man, dersom man træffer en nogenlunde stor Sværm i lummer Luft mod Torden og ganske særlig, dersom Sværmen opholder sig i Nærheden af Hunner, der foretager et Blodangreb, kunne høre en tydelig Tone fra Sværmen; Bevægelsen foregaar nu nemlig i ilter rasende Fart, udelukkende i lige Linjer og ikke i brudte. Som Illustration til Sværm- og Parringsforhold vil jeg omtale disse, saaledes som jeg har haft Lejlighed til at se dem hos to af vore Arter: *S. venustum* og *S. equinum*.

S. venustum. Store Sværme af Hanner af denne Art blev iagttagne Maj 1921 i Anlæget i Ringsted; det var skyet, svanger Foraarsluft; Sværmenes Bevægelse rolig dansende; der iagttoges paa Bænke og Blade i Sværmenes Nærhed flere Par i Copula; Individerne stod med Hovederne i modsat Retning i hinandens Længdeaxe.

I en Lysning i Kattrupskoven nær Bromølle ved Hallebyaa stod ved Middagstid 21. Maj 1922 en stor Sværm af Hanner af denne Art i rolig Dans; jeg iagttog Sværmen — staaende c. 1 m fra den; da det trak op til Torden, og Luften føltes tung med enkelte Regndraaber, skiftede Sværmen Plads, idet den samlede sig om mit Hoved og Bryst, og Dansens Karakter ændrede sig som ovenfor beskrevet. Langs Aaen, hvor Hunnerne opholdt sig, saas enkelte Par flyvende i Copula.

Paa et lille af Hegn og Skov indhegnet Markstykke paa Bakkeskraaningen nord for Bromølle havde jeg samme Dag ved 3-Tiden om Eftermiddagen i mild og stille Luft med Sol Lejlighed til at iagttage et Angreb af *S. venustum* paa 2 kraftige Trækheste og 5—6 Ungkreaturer, som stod tøjrede der. Hunnerne angreb ganske sanseløst med rasende Blodtørst. Hestenes Bringe var tæt besat med et Lag af Hunner; det var umuligt at jage dem bort ved at slaa Hænderne hen over dem, de sad saa fastsugede, at man formelig maatte skrabe dem af; Bringen var ganske blodig; paa samme Maade sad de i Albu-, Bug- og Lyskeregionen samt paa Kønsdelene; andre Individer var i livlig Bevægelse, dels kravlende paa Dyrene dels flyvende imod dem; hos Ungkreaturerne saas de sugende paa de samme Steder samt paa Laarenes Udside (Dyrene var for nylig rensede for »Laarkager«, og den tyndhaarede Hud var nu oversaaet af Simulier; naar de forlod den, viste den sig blodig, rødplettet). — Dyrene var frygtelig plagede og i stadig Bevægelse. Hestene stampede i Jorden, sparkede Bagbenene op under Bugen, piskede sig med Halen, kastede sig paa Jorden og rullede sig; Kreaturerne ligesaa, de lagde sig og skurede med fremstrakt Hals denne og Brystet kraftig mod Jorden for at befri sig for deres Plageaander.

Medens Hunnerne saaledes enten sad fastsugede paa Dyrene eller bevægede sig om dem, fløj Hannerne i store Sværme over Marken og samlede sig navnlig over og om Dyrenes Hoveder i rasende, tonende Flugt. Parring fandt Sted, naar Hunnerne forlod Værten, enkelte Par saas i Copula i Luften. [Jeg havde kun kort Tid til at overvære Angrebet].

I Sommeren 1920 iagttoges paa en Eng ved Kongeaaen ved Villebøl en Plag, i hvis Øren der fandtes sugende Hunner af *S. equinum*; en Han nærmede sig Plagens Øre og forsvandt ind i dette. Den 6. VII. 1921 toges sammesteds i en paa Græs staaende stor Kalvs Øre 4 Hunner og 2 Hanner af denne Art. Den 7. VII saas nogle Køer og 2 store Kalve

staaende ved et Markled — samme Egn; det var meget tørt og varmt Vejr; Vinden svag; der var Læ, hvor Dyrene stod; Tiden 9 til 10,30 Form. I Luften var der Smaasværme af Hanner af *S. equinum*, og til og fra Køernes og navnlig Kalvenes Øren var der en livlig Trafik af Hunner af samme Art. Kalvenes Øren var til Tider helt besatte indvendig med Hunner; medens Køerne ikke reagerede synderlig overfor dem og kun slog med Ørerne, generede de øjensynlig Kalvene mere; den ene fandt paa at anbringe Bagfodens Midtklove i Øret for at skrubbe Simulierne af, hvad den ogsaa havde Held til. — Hunnerne sugede kun en kortere Tid, lod sig forstyrre, fløj bort, medens andre, blandt hvilke en Del allerede havde optaget noget Blod, kom til; de var ikke stærkt udspilede, men Bagkroppen var transparent rødlig af det friske Blod. I den anden Kalvs Øre iagttog jeg Parring: *Simulium equinum*'s Hanner kom flyvende til Øret ind gennem Øreaabningen og anbragte sig paa de sugende Hunner. — En Hest stod i Læ, frygtelig plaget af Hunner af *S. equinum* i Ørerne, med en mægtig Sværm af Hanner over Hovedet.

Aktive Bevægelser. Der nævnes i Litteraturen mange Exempler paa, at Simulierne af egen Drift og uden Vindens Hjælp, ja netop imod Vindens Retning, bevæger sig ofte langt fra det Sted, der maa antages at være deres Udviklingssted: Edwards (1920) nævner saaledes en Afstand af 2 engelske Mil; Pomeroy (1916) 5—6 engelske Mil; selv har jeg taget Hanner af *S. equinum* paa »Solebjerg«, c. 3,5 km.s Afstand fra dens nærmeste Yngleplads (Omme Aa).

Sværmene kan føres ved Vindens Hjælp; det maa være jævn Vind, helst af ringere, men dog ogsaa af kraftigere Styrke; haard Vind eller Storm og naturligvis Regn vil slaa Sværmene ned. Nogle af de mest berygtede Angreb, de, der har givet ogsaa Simulierne Betegnelsen »geografiske« Dyr, er netop de mægtige Hun-Sværmes passive Bevægelser ved Vindens Hjælp. Om Dannelsen, Bevægelsen og Ødelæggelserne af disse Sværme, der for Ungarns og Serbiens Vedkommende er historiske, om Columbaczermyggens Hærgninger foreligger Schönbauers (1795), Schiners (1864), Tömösvárys[1]), Bergmans (1903) og andres Beretninger. Grundet paa Schönbauers, Tömösvárys, ungarske Veterinærers og egne Iagttagelser har Bergman 1903 meddelt følgende om Columbaczermyggens Angreb:

»Kolumbaczermyggan förekommer i mellerste Europa talrikast i södra Donauländerne, särskildt i Serbien och Ungern. Spridd er den äfven, om än sparsamt, i Österrike och en stor del af Tyskland. Mest stationär är den i Ungern uti det förra Banatet, nuvarande komitaten Krassó-Szörény, Temes och Torontal, ett område på omkring 10000 □ km, vattnadt af Donaus bifloder: Cserna, Bega, Temes, Karas och Nera, samt i det midt emot liggande området af Serbien, som genomflytes af Timok, Pek, Mlava och Morava. I hvarje liten bergbäck inom dessa områden finnes kolumbaczermyggor som ägg, larver eller puppor. . . . Under den tid då kläckningen försiggår samla sig myggorne tidigt på morgnarne, då det härskar vindstilla i Donaudalen, och draga ut efter bäckar och floder ned mot Donau. Tillströmningen varar några dagar. Mot middagshettan, mot regn och blåst söka skarorna skydd i klipphålorna eller i bokskogen . . . . Framför dessa hålor, i skogen och utefter bäckarne ser man dem svärma i millioner, och dessa trakter äro då alldeles otillgängliga. Det är emellertid blot när solen bränner het, det blåser starkt eller det regnar, som boskapshjorden är bättre skyddad på öppna fältet än i skogen; i andra fall råder det motsatta

[1]) Tömösvárys Beretning kender jeg kun gennem Bergmans og andres Arbejder.

förhållandet . . . . En oerhörd svärm sväfvar till sist öfver Donau, den gör indtryck af ett flera meter högt moln, som alltjemt vexlar form, eller af ett nedfallande regn, om den ej är så tät. Den följer så med den kraftiga vind, som om våren blåser i motsatt riktning mot strömmen, och kommer vid Bazias ut ur Donaupasset. Är vinden alltjämnt östlig, fortsätter den utefter Donaudalen, men möter den, hvilket vanligen är fallet, en nordostlig vind, kastas svärmen in öfver Serbien, fattas den åter af en sydvestlig vind, blir det Ungern som får taga emot den. . . . Kommer en sådan svärm i närheten af en boskaphjord, kastar den sig öfver den, och myggorna stilla sin blodtörst. Dessa myggor komma ej tillbaka till sin urspringsort utan gå förr eller senare under för regn och blåst eller andra orsaker. I den egentliga hemorten stanna en del kvar och sorja för fortplantningen. Ännu ett par svärmar kunna uppträda och draga bort som den första, men de äro mindre och bruka ej vara farliga för boskapen«.

Miessner (Bang 1918) omtaler Tilfælde, hvor en vedholdende Østenvind formodes at have ført Simulier fra Leine c. 10—12 km.

Fra Nord-Amerika meddeler Webster (1904) om Hunsværmes Tilstedekomst i visse Egne ved bestemte Vinde. »Along the Mississippi, on the Louisiana and Arkansas side in the vicinity of Greenville, they appeared with a south or southwest wind, while along the Washita they came with an east wind«.

Exempler paa passiv Bevægelse af Sværme har vi herhjemme fra: B. Bang har (1918) meddelt et Tilfælde (Dyrlæge Krogsgaard-Christiansens Beretning): Gamle Folk i Almind Sogn S. for Viborg fortælle, »at Sygdommen (ligesom i Aar, 1918) kun kommer med østlige og sydøstlige Vinde«; B. Bang formoder, at Myggene maaske stammer fra Gudenaa.

At Simuliumsværme kan føres ogsaa over Vand vil fremgaa af følgende Oplysninger om et Simuliumangreb paa Tærø 18. VI. 1918:

Tærø ligger mellem Sydspidsen af Sjælland, Bogø og Møen; mod Vest fjærnet c. 1,2, mod Øst c. 2,0 km fra Sjællands Kyst. — Da jeg læste om dette Angreb, kunde jeg tænke mig, at de angribende Simulier, da Tærø efter Generalstabens Kort er en flad, saa at sige skovløs Ø uden Vandløb, maatte være kommen fra Vandløb i Sydsjælland, enten Susaa, syd for Næstved, eller Bækkene øst for Vordingborg, Stensby Bæk o. fl.; de Oplysninger, jeg senere fik, støtter denne Antagelse. Paa Øen findes der, efter hvad Dyrlæge Larsen, Mern, i hvis Praxis dette Tilfælde forefaldt, og hvem jeg takker for Oplysninger om det, kun Mosedrag, men ingen Vandløb. Angrebene fandt Sted ved den vestre og østre Ende af Øen (Kreaturer, der fandtes midt paa Øen, fejlede intet). Dyrlægen blev tilkaldt ved 2—3-Tiden om Eftermiddagen. Sygdomsbilledet var det typiske: hos c. 60 Kvier iagttoges der Blødninger i Huden efter Stik; der døde 13 Dyr (1 Tyr og 12 Kvier); Vinden var Nordvest og Vejret ret mildt. Meteorologisk Institut har velvilligst oplyst mig om, at 17. og 18. Juni 1918 havde jævn, mild Temperatur med Minimum 8,0° C. og Maximum 18,2° C. Der var svag Vind; den gik den 17. paa Sjællands Siden fra V. til NV. og var der den 18. hele Dagen NV.; dens Styrke den 18.: 2—3.

Lufttemperatur. Celsius°

Juni 1918.

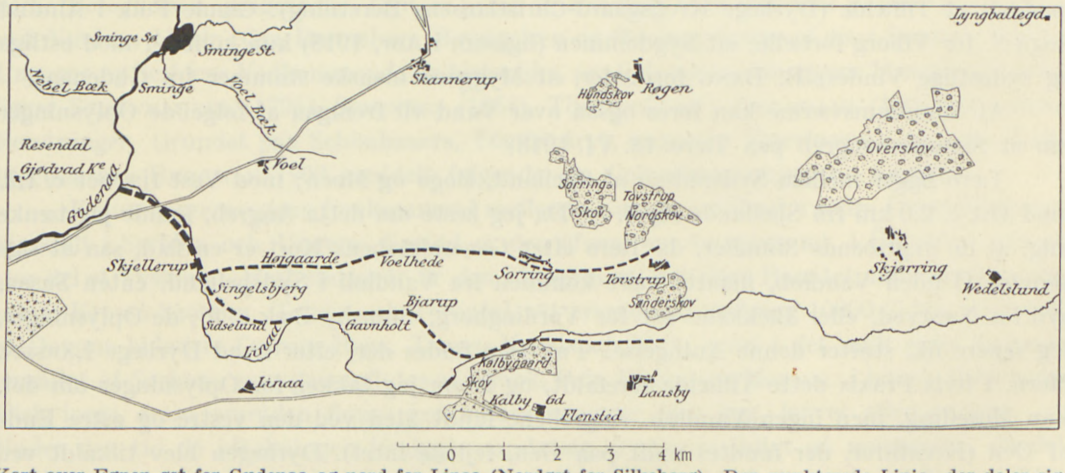
Station	Den 17.					Den 18.				
	8 Form.	2 Em.	9 Em.	Maximum	Minimum	8 Form.	2 Em.	9 Em.	Maximum	Minimum
Vordingborg.....	14.6	18.2	13.2	18.2	9.5	13.1	17.8	15.2	18.1	11.2
Bogø	13.3	16.4	13.3	17.8	8.0	11.7	15.6	12.2	16.5	9.4
Stege.....	13.5	17.5	14.0	18.1	9.3	11.0	15.5	14.0	18.1	10.8

Vindens Retning og Styrke (0—12).

Juni 1918.

Station	Den 17.			Den 18.		
	8 Form.	2 Em.	9 Em.	8 Form.	2 Em.	9 Em.
Vordingborg.....	W 2	W 3	NW 2	NW 2	NW 2	NW 2
Bogø	SW 2	SW 3	SE 1	0	W 3	W 1

I Aarsberetning fra det veterinære Sundhedsraad for 1920 har Dyrlæge Hedelund, der da boede i Sorring, givet en meget interessant Fremstilling af, hvorledes en Sværm af Simulier, kommende den 11. Maj 1920 fra Gudenaa omtrent fra det Sted, hvor Linaa løber



Kort over Egnen øst for Gudenaa og nord for Linaa (Nordøst for Silkeborg). Den punkterede Linje, der deler sig, angiver Bevægelsesretning for en Simulium-Sværm, der 11. V 1920 udgik fra Gudenaa og ved Singelsbjerg delte sig i to, der kunde følges til Laasby og Tovstrup. »Hovedstrømmen« førtes ad den sydlige Linje.

ud i denne, med nordvestlig Vind førtes ind over østlige Egne til Laasby og Tovstrup Skov c. 8—9 km. Hedelund meddeler: »Den 11. Maj kom fra Gudenaadalen med Nordvestvind en Sværm af Myg. — Det synes, som om Sværmen har delt sig, idet man kunde følge 2 Retningslinjer, hvor Kvæget og særlig Ungkreaturerne blev hæftig angrebne; Sværmene fulgte

2 Dalstrøg; paa en mellem disse liggende Højderyg blev intet Dyr angrebet. (HEDELUND har senere vist mig den Velvilje at tegne disse Retningslinjer paa et Generalstabskort, der i formindsket Størrelse er afbildet her, og givet mig yderligere Oplysninger). Man ser da, at Sværmen er ført gennem Linaadalen i SØ.-Retning til Skjellerup; den er derefter ført fra Aadalen og delt ved Singelsbjerg, idet en nordlig Strøm er ført gennem en Dalsænkning i Bakkedraget med Vejen til Højgaarde over Voel Hede til Tovstrup Skov, medens den sydligere gaaende Strøm »Hovedstrømmen« er ført over Bakkerne ved Sidselund, har atter berørt Aalejet og er derefter ført over Gavnholt, Bjarup og endelig gennem den lange og brede Engstrækning nord for Kalbygaard Skov til Laasby. »For den sydlige Strøm gælder det, at der fra den har været en Del Afstikkere og altid op gennem Dalsænkninger; kun de Ejendomme, der laa nærmest ovenfor disse blev hjemsøgte. . . . Saa vidt vides, døde der den Dag c. 20 Stk. Ungkvæg. En enkelt Gaardejer mistede 4; alle hans Dyr, ca. 30 Stk., blev anfaldet. Flere Hundrede har sikkert den Dag været angrebne. Min Telefon ringede ustandselig med Forespørgsel om, hvad der skulde gøres mod »de smaa sorte Fluer«. . . . Paa en Gaard bemærkede jeg, at Sværmen drog ind gennem aabentstaaende Vinduer i Vindsiden. . . . Der blev fuldstændig Panik paa Egnen, og i flere Dage saa man ikke et Dyr paa Marken. . . .

Lufttemperatur. Celsius°

Maj 1920.

Dato	Silkeborg					Flensted			
	8 Form.	2 Em.	9 Em.	Maximum	Minimum	8 Form.	2 Em.	9 Em.	Minimum
10	6.9	11.4	6.0	11.7	4.6	7.0	11.3	4.8	4.2
11	7.6	13.6	5.9	14.9	3.3	6.8	12.4	6.6	2.2
12	8.7	13.6	11.2	15.8	2.0	8.0	12.8	10.4	2.8
13	13.4	17.4	9.2	18.7	8.6	13.0	18.1	7.4	7.9
14	9.7	11.2	7.2	14.4	5.9	10.4	11.1	6.6	5.8
15	8.5	15.8	10.9	15.8	6.5	8.2	13.4	11.7	5.6
16	11.2	16.0	10.8	17.4	3.4	9.0	15.5	9.2	5.0
17	8.6	15.6	12.2	18.0	8.4	8.1	15.2	8.2	6.8

Maj 1920. Station: Silkeborg.

Dato	Vindretning og Styrke (0—12)			Skydække (0—10)		
	8 Form.	2 Em.	9 Em.	8 Form.	2 Em.	9 Em.
10	WNW 8	NW 6	NW 2	8	5	0
11	WNW 4	WNW 3	WNW 1	8	5	0
12	S 4	SE 5	SSE 4	8	9	10
13	S 2	SW 5	WSW 3	9	9	1
14	WSW 4	W 5	WSW 3	7	8	10
15	WNW 4	NW 3	0	8	2	1
16	NE 1	NE 3	0	0	7	8
17	SW 1	SW 1	SSE 3	10	10	9

Flere Steder blev Hestene i den Grad generede, at det var nødvendigt at holde op med Markarbejdet«. Meteorologisk Institut angiver (se hosstaaende Tavle), at Vinden d. 11. V. 1920 var VNV. hele Dagen og Styrken dalende fra 4 til 3 og 1. Temperaturen Silkeborg og Flensted Kl. 2 Efterm. henholdsvis 13,6° og 12,4° C.

Det er værd at erindre, at Lyngballegaard pr. Hammel, der er den Lyngballegaard[1]) (se p. 3), som Withs Ven, Fog forvaltede, ligger c. 8 km NØ. for Tovstrup og Laasby og i Luftlinie c. 17 km fra Gudenaa ved Svostrup; den Mulighed er der, at Gudenaa ogsaa 1834 har fostret de Simulier (*S. argyreatum*?), hvis Sværme foraarsagede Dødsfaldene paa Lyngballegaard.

Efter Hedelunds Beretning førtes Sværme af Simulier (antagelig har det været *S. argyreatum*, efter de mange Dødsfald blandt Kvæget at dømme) indtil 8—9 km bort fra deres Yngleplads: Gudenaa; det maa dog vel antages, at en Del af de blodmættede, befrugtede Hunner atter naar tilbage til Aaen og faar aflagt deres Æg. Her var ganske vist den Mulighed, at Æggene kunde aflægges i den nærliggende Linaa; om *S. argyreatum* forekommer i den, kan ikke med Bestemthed siges; den undersøgtes faa Dage efter Angrebet 11. V. 20, nemlig 17. V.; der fandtes *S. ornatum* som Larve og Puppe i store Mængder, men ikke *S. argyreatum*, derimod toges samme Dag i Gudenaa ved Resenbro Larver, Pupper og tomme Coconer af *S. argyreatum* og tomme Coconer af *S. equinum* i Mængde. I den nordligere løbende Voel Bæk var *S. equinum* og *S. latipes* til Stede i begrænset Antal.

Af Bergmans malende Beretning synes dels at fremgaa, at Simulierne i Sværmene stammer fra Tilløbene til Donau[2]), og dels at de, naar de staar i Sværme over Donau, føres med Vinden, der i det Tilfælde betegnes som kraftig; endvidere at disse Myg næppe vender tilbage til de Vande, der har fostret dem, saaledes at Artens videre Forplantning maa overtages af de Myg, der ikke kom med paa denne Sværmfærd.

Bestaar saadanne store Sværme af Individer af kun en Art eller kan flere deltage? Jeg har kun fundet Individer tilhørende samme Art, men Sammenblanding af passivt førte Sværme er vel ikke udelukket. Edwards (1915) anfører, at Prof. J. W. Carr fandt Hunner af *S. ornatum* flyvende i Sværm med *S. argyreatum* og *S. equinum*, og at F. Jenkinson iagttog en stor Sværm bestaaende af Hunner af *S. ornatum* og *S. equinum*.

Et andet Forhold er, at man ved et Angreb kan finde mere end en Art paa de angrebne Dyr; thi foruden denne mægtige Sværmdannelse, der kan sætte sine Spor over store Strækninger, forekommer naturligvis ogsaa smaa lokale Sværmdannelser, der bevæger sig indenfor en snævrere Kreds eller der behøver ingen egentlig Sværmdannelse at finde Sted; thi dersom Dyrene staar ude i Nærheden af Simuliernes Ynglepladser, vil Hunnerne fra Græs, Hegn etc. søge Byttet.

Paa en Tur, jeg gjorde Nord om Silkeborg Langsø 16. V. 20, besøgtes flere Gaarde, i hvis Stalde Kvæg var drevet ind efter Angreb af Simulier om Morgenen. Paa en Gaard fandtes i Mængde udelukkende Hunner af *S. ornatum*, paa en anden udelukkende

[1]) Forpagter Th. Götsche, Lyngballegaard pr. Hammel, har oplyst mig om, at Fog var Forvalter paa Gaarden 1834, og at der i hvert Tilfælde i de sidste 62 Aar ikke er forekommet noget Angreb af Kvægmyg der.

[2]) Om denne er Yngelplads, meddeles der intet om.

Hunner af *S. argyreatum*; i nærløbende Bække fandtes *S. ornatum*, derimod ikke *S. argyreatum*, der rimeligvis stammede fra Gudenaa. Vinden var NØ., se de meteorologiske Iagttagelser p. 83. I Staldvinduerne finder vi hyppig, efter at Kvæg er drevet ind efter et Angreb, flere Simulium-Arter, men i Reglen altid en Art, der dominerer.

Man har sikkert i mange Tilfælde overset den Mulighed, at det er Smaabækkenes Rigdom paa Simulier, der har leveret Materialet til Angrebet; det behøver ikke at være de større Vandløb.

Hvorfor foregaar nu denne Simuliernes Sværmdannelse og Sværmenes aktive Bevægelser?

Det falder naturligt at sammenligne disse Fænomener med tilsvarende hos Chironomider, Culicider, Bibionider og visse Empider (*Rhamphomyia, Empis* og *Hilara*) (Lundbeck 1910, Pars III). Hos Empiderne danner undertiden Hanner, undertiden Hunner eller begge Køn Sværme (jeg har set *Hilara aëroneta* Mik. — udelukkende Hanner — og *H. Beckeri* Strobl. — udelukkende Hunner — danne Sværme). Sværmdannelsen sker her i Forbindelse med Copulation, der foregaar i Luften. Der finder hos nogle Arter af de tre nævnte Slægter det mærkelige Forhold Sted, at Hannen fanger et Bytte til Hunnen, som denne udsuger under Parringen; Lundbeck skriver, »om Byttet er et Middel til at tiltrække Hunnerne med, eller de dyriske Vædsker maaske er af Betydning for Befrugtningen, og om Hunnerne ogsaa tager Føde til sig paa anden Maade, er et Spørgsmaal, Fremtiden maa besvare«.

Wesenberg-Lund (1915) skriver om Myggehannernes Sværmdannelse, »at den tør betragtes som et Middel, hvormed de omstrejfende Hunner finder Hannerne, hidlokkede maaske baade ved de Svingninger, de tusinde Vinger sætter Luften i, ved Synet, og muligvis ogsaa ved Hørelsen, naar Hansværmene producerer de velkendte høje Toner«.

Sværmdannelsen er for Simulium-Hannernes Vedkommende sikkert ogsaa som Regel et Fænomen, der skal bidrage til at hidlokke Hunnerne. Efter min Iagttagelse ved Bromølle, hvor Hannerne af *S. venustum* stod i tonende Sværme over de blodsugende Hunner, synes der i dette at være en vis Analogi med det nys anførte, dog at Hannerne her hidlokker de blodmættede Hunner og optager dem i Sværmen i Parring, medens Hannen hos visse Empider ogsaa sørger for Byttet. — Ganske afvigende herfra synes Forholdene hos *S. equinum* at være (se p. 79), idet Hannen her opsøger den i Øret blodsugende Hun og der parrer sig med den. Jeg har kun fundet Hanner af denne Art i Husdyrenes Øren; om Parring ogsaa finder Sted paa anden Maade udenfor Ørerne, vides ikke.

Parring.

Parring er iagttaget hos to af Arterne; hos *S. venustum* var Parringsstillingen: Bagkropsspidserne mod hinanden, naar Dyrene sad paa Blade etc., hvorledes den var i Luften kunde ikke afgøres. Hos *S. equinum* er Hannens Stilling i Forhold til Hunnen ejendommelig; Hannen sidder — efter at Copulationen er indledet — paa Siden af Hunnens Bagkrop, idet den vrider sin egen Bagkrop bagtil, fatter den Hunnens med sine Ben. Ved Iagttagelse af Parringen i Kalvens Øren (se p. 80) lykkedes det kun at se Hannen flyve hen paa Hunnen; jeg har senere set et Par i Copula flyve fra Øret af en Ko, der netop var sat

paa Stald, over paa Staldens Vindue. Parringen fortsattes, idet Hunnen med Hannen siddende paa højre Side af Abdomen som ovenfor beskrevet et Øjeblik vandrede om paa Ruden og derpaa blev siddende i Ro; Hunnen havde optaget Blod. (Parret opbevares i Alkohol; Parringsstillingen er bibeholdt).

Friederichs (1921) har gjort nogle overmaade interessante Forsøg med klækkede Simulier i Terrarium; han har holdt Hunner af *S. equinum* levende endog over 3 Uger paa Sukkeropløsning; baade Hanner og Hunner optog rigeligt af den, de sidste mest — endog saa meget, at Bagkroppen svulmede op om end mindre, end naar de sugede Blod. Friederichs har iagttaget Parring i Terrariet og først beskrevet den hos denne Art; alle de i Terrariet værende Hunner blev befrugtede den første Dag, næste Dag forsøgte Hanner atter at indlede Copulation, men forgæves.

Ernæring.

Om Hannernes Ernæring ved man ikke meget; man finder dem kun nu og da siddende paa Planter: paa Pilens klæbrige Knopskæl, paa *Spiræa*, etc. (jeg har aldrig set dem suge Plantesaft); det er, som Friederichs bemærker, sikkert ganske tilfældigt, at de sidder paa disse Planter, hvor ogsaa en Hun af *S. argyreatum* er fundet. Deres Næring er rimeligvis af vegetabilsk Oprindelse. Hunnerne er uden Tvivl af alle Arter Blodsugere; de danske Arter er fundet blodsugende med Undtagelse af *S. subornatum*, *S. costatum*, *S. angustitarse* og *S. aureum*, som jeg ikke har haft Lejlighed til at iagttage; de angriber Pattedyr, ogsaa Mennesket, Fugle, mulig ogsaa Krybdyr og andre koldblodede Dyr. Friederichs har fodret baade Hanner og Hunner af *S. equinum* og *S. ornatum* med Sukkersaft. Det er muligt, at Hunnerne under visse Forhold maa være henviste til anden Føde end Blod.

Saasnart Heste, Kvæg, Faar og Geder om Foraaret kommer paa Græs, vil Simulierne opsøge dem; de søger som bekendt altid de mest tyndhudede Steder paa Værtdyrene: Perinæum, Yver, Scrotum, Præputium, Bugen, hos Hesten tillige den finthudede Bringe, hos Kvæg, navnlig Ungkreaturer, denne og Halsens Underside og hos alle Dyrene Ørerne. Ørerne synes navnlig i blæsende Vejrlig at være et yndet Tilholdssted; visse Arter — maaske dem alle — kan man udenfor de store Angreb finde her som temporære Ektoparasiter; dog synes, saa vidt jeg kan skønne, *S. argyreatum* og *S. venustum* væsentligst at søge Kroppens andre tyndhudede Steder; Vejrligets Karakter spiller maaske som nævnt en Rolle. Der er dog som allerede anført en Art, *S. equinum*, der synes at have udviklet sig til at være næsten exclusiv Øreparasit. Hunnerne har en meget udviklet Lugtesans og er i Stand til at finde Værtdyrene, ofte i lang Afstand fra Udviklingsstedet.

Den Maade, de naar frem til Ørerne paa, er forskellig: de kan i en Slags svævende eller krybende Løb bevæge sig op ad Halsens Sider, indtil de naar deres Maal, eller de flyver i roligt Vejr lige ind i Øret. De anbringer sig helst i Ørets inderste Vinding; ofte findes omtrent hele Øret fyldt med blodsugende Hunner; de borer Snablen ind i Ørets Væg, og naar de sidder der, sanseløst fyldende sig med Blod, hænger de kun fast med Snablen; Forbenene er rettede fremefter, Fortarserne løftede fra Ørets Væg og i rhytmisk Bevægelse. Kroppen staar skraat eller næsten lodret mod Ørets Væg med Mellem- og Bagben rettede bagud

parallelt med den. De sidder oftest op ad hinanden, tæt som Trævlerne i et Gulvtæppe og sikkert ofte dagevis; Bagkroppen udspiles til næsten et Blaabærs Størrelse, Blodet bliver helt sortblaat, og Haarbeklædningen gnides mere eller mindre af ved Ørernes Bevægelse. I meget varmt Vejr lader Simulierne sig lettere forstyrre og forlader en Vært for at opsøge en anden. — Dette Opholdssted, Øret, hos Husdyrene maa sikkert betragtes som et vigtigt Ernæringssted for Simuliernes Hunner; man vil vistnok i de fleste af Landets Egne i hele Simuliernes Flyvetid finde dem i de græssende Husdyrs Øren. Tages Dyrene paa Stald, forlader en stor Del af Simulierne først Værterne i denne; de flyver da straks mod Lyset og kan meget let indsamles paa Staldens Vinduer; holder man f. Ex. et Fangstglas med en Pennepose lige under dem og berører deres Bagende, lader de sig falde. Saaledes fangede jeg f. Ex. i en Stald med 10 Stk. Kvæg i Sønder Omme 9. VII. 1921: 35 ♀♀ *S. equinum*, 37 ♀♀ *S. ornatum*, 11 ♀♀ *S. argyreatum*, 3 ♀♀ *S. morsitans* og samme Steds i en Stald med 2 Heste 11. VII. 21: 25 ♀♀ og 2 ♂♂ *S. equinum* og 2 ♀♀ *S. morsitans*. — Samme Stald 15. VII Kl. 8 Morgen, Vejret meget tørt og varmt: 123 ♀♀ og 1 ♂ *S. equinum*, 4 ♀♀ *S. ornatum* og 1 ♀ *S. morsitans*. — Senere paa Dagen samme Stald med 1 Hest: 37 ♀♀ og 1 ♂ *S. equinum*. — Samme Stald med 10 Køer 21. VII. 1922: 54 ♀♀ og 1 ♂ *S. equinum*, 19 ♀♀ *S. ornatum*, 5 ♀♀ *S. morsitans*, 2 ♀♀ *S. latipes*. [Det vil ses, at der stadig forekommer enkelte Hanner af *S. equinum*.]

Det er hævdet fra forskellig Side, at Optagelse af Pattedyrblod er nødvendigt, for at Æggene skal kunne naa fuld Udvikling. Jeg skal anføre de Resultater Jobbins-Pomeroy (1916) i saa Henseende er kommen til ved sine Undersøgelser, udførte ved Spartanburg, South Carolina, over *Simulium venustum* Say. Undersøgelserne skulde tillige godtgøre, at Simuliumhunnen foretog Blodsugning hos mere end en Vært (Smitteoverførelse).

Pomeroy har undersøgt Æggenes Tilstand i Ovarierne hos Hunner af *S. venustum* paa forskellige Tider og derved for Æggene fastslaaet forskellige Udviklingsstadier, hvilke han har betegnet som 1. til 4. Stadium. I 1. Stadium er Æggene runde, meget smaa, ret gennemsigtige og til Stede i Ovariet i stort Antal, som Regel er de temmelig utydelige; i de følgende to vokser de i Størrelse og bliver ovale af Form, i 4. Stadium er de fuldt udviklede, 3-kantede i Gennemsnit; i dette Stadium aflægges de. Han omtaler desuden et saakaldet 5. Stadium, hvor Tilstanden er som i 1. Stadium, men der er efterladt 1 eller 2 store Æg nær Æglederen. Dette Stadium findes hos Hunner, der netop har sluttet en Æglægning (se p. 63) og hos saadanne, der netop gaar i Færd med at suge Blod.

Hos Hunner klækkede i Fangenskab udvikledes Æggene ikke ud over 1. Stadium; Hunnerne tog dog ingen Føde til sig.

Pomeroy mener at kunne fastslaa følgende: a) Hos alle Hunner, fangede under Æglægningen, fandtes tilsyneladende fordøjet Blod i Maven (noget direkte Bevis derfor har Pomeroy ikke leveret; han fandt i Maven hos 11 Hunner, som blev tagne, medens de lagde Æg, en Masse, der lignede fordøjet Blod. Prøve for Hæmatin gav intet positivt Resultat). b) Æg naaede ikke fuld Udvikling i Ovarierne uden, at der var optaget Blod, og der havde været fornøden Tid til at fordøje det. c) Det 5. Stadium findes hos Hunner, der netop har tilendebragt en Æglægning og hos saadanne, der er i Færd med at suge Blod.

Pomeroy's Undersøgelser skal altsaa bevise, at Hunnerne ikke alene behøver et Blod

maaltid, men maa optage flere for at faa alle Æggene udviklede og som Følge deraf maa suge Blod af flere Pattedyr.

I det af mig p. 80 omtalte Tilfælde, saa jeg i varmt, tørt Vejr delvis blodfyldte Hunner flyve til og fra Køernes og Kalvenes Øren, altsaa ogsaa Bevis for, at flere Dyr stikkes af samme Kvægmyg.

Simuliernes Angreb paa Mennesket.

Selv om Husdyrene er mere modtagelige for Simuliernes Gift og lider mere end Mennesket under deres Stik, er dette dog i adskillige af Jordens Egne udsat for deres Angreb endog i saa høj Grad, at man har tænkt sig Mulighed af, at Sygdommen Pellagra kunde overføres ved deres Stik. Denne Antagelse, der dog har vist sig intet at have paa sig, har som nævnt foranlediget, at navnlig amerikanske og engelske Forskere har foretaget indgaaende Undersøgelser af disse Landes Simulier. — Mennesket formaar naturligvis langt lettere end Dyrene at unddrage sig Plagen, men den kan dog være saa intens, at Arbejde ude i Naturen kan umuliggøres eller kun foretages under Beskyttelse af rygende Baal, Fakler eller deslige. Navnlig fra Grønland, Canada, Egne om de store nordamerikanske Søer, Labrador, de sydlige Egne om Mississippi samt fra Brasilien foreligger der Beretninger om Simuliernes Plagsomhed overfor Mennesket; i Asien er Sibirien og i Europa Lapland berygtet for deres Angreb.

Ved Amazonfloden har næsten hver af dens Bifloder sin særlige Simuliumart som lokal Plageaand; de kaldes der »Piúm«. Berømt er især Rio Purús, hvor Folkene til Tider er saaledes pigmenterede i Ansigtet af Piúmstik, at de ser ud, som om de havde faaet et Skud Krudt paa nært Hold (Göldi 1913).

Candlie (Hinchman Stokes 1914) beretter 1900 om et Simuliumangreb paa en Afdeling »London Scottish Volunteers« i en Skov nær Winchester i England. »Insekterne angreb Mændenes blottede Knæ. Det fremkaldte kun ringe eller slet ingen Fornemmelse, naar Dyrene satte sig paa Huden, eller naar de stak; men naar man strøg dem af, kunde der iagttages en rød Plet rundt om hvilken, der hurtig udviklede sig en begrænset Ecchymose. I mange Tilfælde var der kun et eller to, men hos de fleste fra tolv til tredive Stik paa hvert Knæ. Omtrent fire Timer efter at være bleven bidt fik en af Korpsets Mænd Kuldegysninger, Hedefornemmelser og iagttog, at Huden om Knæet blev svullen og øm. Hans Temperatur var 102,5° F. (c. 40,5° C.). Dette var kun en Forløber for adskillige Dusin af Tilfælde, thi i Løbet af 24 Timer viste et betydeligt Antal af de stukne følgende Symptomer: Temperatur 100—102,5° F. (c. 38,0—40,5° C.), Kuldegysninger, Hedestigninger og Svedfrembrud; Smerte og Stivhed af Knæene; Ødem strækkende sig fra midt paa Laarene til Anklerne . . . I adskillige Tilfælde strakte Erythemet sig fra Midten af Laaret til under Knæet og i nogle faa Tilfælde var Lyskens Lymfekirtler svulne og ømme. Selv hos dem, der kun var bleven bidt af et eller to Insekter, var der en tydelig lokal Smerte og Ødem med Feberfølelse. I de fleste Tilfælde dæmpedes Erythemet af varme Borvandsomslag, og Smerten stilnede af; i Løbet af 36 Timer forsvandt som Regel de akute Symptomer; men i nogle Tilfælde var Benene saa medtagne, at der gik en Uge, før Manden var restitueret. — Troppens Heste led ogsaa alvorlig«. — Professor Mittall bestemte Fluerne, der var tagne paa Stedet,

som hørende til Slægten *Simulium*. — Fra England meddeler forskellige Entomologer, at visse Arter kan være Mennesket til stor Plage; saaledes omtaler HARTLEY (Edwards 1915) *S. replans* som »a terrible pest to man, dogs and cattle at Bassenthwaite«. EDWARDS (1915) blev ligefrem belejret af en stor Sværm af *S. argyreatum* og bidt af dem (ogsaa af *S. latipes*).

BRANDES meddeler, at han selv og to Ledsagere under et heftigt Angreb ved Lejne skyndsomt maatte søge ind i et Hus (ref. B. Bang, 1918). GALLI-VALERIO (1921) anfører, at Simulierne i Nærheden af Lausanne i Sommeren 1920 var meget talrige. En Kollega af ham blev saa stærkt stukken, at han i 48 Timer led af et stærkt Ødem. (Simulierne blev af EDWARDS bestemt til *S. ornatum* Mg.). Her i Danmark kendes, mig bekendt, intet til alvorlige Angreb af Simulier paa Mennesket.

At Simuliernes Bid kan indvirke alvorligt paa Mennesket ja endog fremkalde dets Død kan illustreres ved følgende Meddelelser: Dr. A. S. PACKARD (Forbes 1912) anfører saaledes fra Labrador, »The children in the house were sickly and worn by their (the black flies') unceasing torments«. — Dr. C. V. RILEY (Forbes 1912) meddeler, »Sufficient facts are on record to show that if the gnats attack a person suddenly in large swarms and find him unprepared or far away from any shelter, they may cause death. . . In 1884 several persons were killed by buffalo gnats. Mr. H. A. Winter, from near Helena, Ark., while on a hunting trip, was attacked by them one and a half miles from home, while passing some low ground. Running towards a house, he was seen to fall dead. All exposed parts of his body had turned black. Another man was killed near Wynne Station, Ark., on the Iron Mountain Railroad«. WEBSTER (Forbes) angiver, at i Perioden fra 1881 til 1884 »several people were killed in Louisiana and Arkansas by being bitten by these gnats, as I was able to prove by the statement of physicians who attended the sufferers«.

Simulierne angriber Fjerkræ (Lærer THOMSEN, Flauenskjold, og Forf. har taget Simulier i Hønsehuses Vinduer; FRIEDERICHS har paavist Fjerkræblod i Hunnerne); men i saa Henseende er de sikkert af underordnet Betydning.

Der er angivet fra forskellig Side, at Simulier endvidere skal suge paa Pupper af Sommerfugle, undertiden ogsaa paa Larver og Imago; dette er muligt. Herhjemme fra foreligger der Meddelelser fra J. P. KRYGER (1914) om en *Ceratopogon*, der angreb en Maaler, og fra JØRGEN HANSEN (1921) (Haderslev), der har set en *Ceratopogon*[1]) angribe en *Meloë proscarabæus* (♀). [*Ceratopogon* kan vistnok til Tider være besværlig for Fjerkræ; jeg har taget dem i Vinduet i et Hønsehus i Villebøl i Mængde. Ogsaa paa Kvæg (Sønder Omme, Ringsted)].

Simuliumstikkets Giftvirkning. Immunitet.

Da Professor B. BANG (1918) indgaaende har behandlet de Symptomer, Simuliernes Stik fremkalder hos Husdyrene, skal jeg kun nævne, at der er nogen Afvigelse i de forskellige Forfatteres Angivelse af den Smertefornemmelse, som Stikkene har fremkaldt hos dem. Som Regel angives Stikket at være smertefuldt. Uoverensstemmelse i Angivelserne over Forholdene hos samme Art beror maaske paa individuel Forskel i Følsomhed for Smerte eller hidrører fra fejlagtig Bestemmelse af de foreliggende Simulier.

[1]) Myggen senere bestemt af F. W. EDWARDS som *Atrichopogon rostratus* Winn. (Ent. Medd. 1923).

Schönbauer (1795) skriver: »Ein jeder Stich, den dieses Insekt dem Viehe oder dem Menschen versetzt, verursachet ein brennendes Jucken, und eine sehr schmerzende, harte, schnellentstehende Geschwulst, die kaum nach 8 bis 10 Tagen ganz vergehet«. Webster (1904): »I shall never forget the sensation of the bite as that of having the skin rudely punctured as if by a blunt, hot, pin or awl, leaving behind a dull aching pain« o. s. v. Jeg har selv kun haft Lejlighed til at føle Stikket af *S. venustum*, der absolut ikke gav nogen Smertefornemmelse.

Hinchman Stokes (1914) har foretaget histologiske Undersøgelser over Virkningen af Stikket af *Simulium venustum* paa Menneskets Hud, idet han har ladet Simulier stikke sig og foretaget Excision af de stukne Hudpartier kortere og længere Tid efter; han siger, at Stikket er smertefrit.

Hinchman Stokes har ogsaa foretaget experimentelle Undersøgelser over Virkningen af Simuliumgiften paa Mennesket efter Indpodning af knuste og opslemmede Simuliumhunners Hoved og Forpart. I sit Résumé skriver han: »The principal positive result of the work has been the experimental reproduction of the lesion produced by the black fly in characteristic histological detail by the use of preserved flies. The experimental lesions not only reproduced the pathological picture, but followed a clinical course, which in local symptomatology especially, tallied closely with that of the bite. This the writer interprets as satisfactory evidence that the lesion is not produced by any living infective agent. The experiments performed do not identify the nature of the toxic agent«.

Der er dog aabenbart Forskel paa den Smertefornemmelse, de forskellige Arters Stik fremkalder og dermed ogsaa paa Simuliernes Plagsomhed, der, især naar det gælder Mennesket, yderligere forøges ved Myggenes Kryben og Kravlen; men der er sikkert ogsaa Forskel paa Giftvirkningen af den indpodede Gift.

Giftvirkningen paa det angrebne Dyr afhænger af a) den Mængde Gift, der indpodes paa det, med andre Ord af det Antal Simulier, der deltager i Angrebet, endvidere af b) Dyrets Modtagelighed og sikkert ogsaa af c) Simuliernes Art.

Det er givet, at det drejer sig om en virkelig Giftvirkning og ikke en Infektion: angribes Dyrene kun af en mindre Sværm Simulier, indvirker dette ikke synligt, i hvert Tilfælde ikke skadeligt paa deres Befindende, og det er tillige ved talrige Exempler fastslaaet, at saadanne gentagne mindre, og tillige, overstaaede større Angreb formaar at gøre Dyrene immune; det samme gælder Mennesket. Dyr og Mennesker, der lever i Egne, hvor Simulier stadig er tilstede og giver Anledning til Angreb, er ikke nær saa modtagelige, som saadanne, der fra andre Egne, hvor dette ikke er Tilfældet, kommer dertil. Det er velkendt, at dette Forhold ogsaa gælder andre Insekters, f. Eks. Biers Gift, men ogsaa, at der forekommer en medfødt Immunitet og særlig Resistens eller modsat dette en særlig stærk Modtagelighed hos enkelte Individer. Givet er det i hvert Fald, at det er Aarets første Angreb, der gør mest Skade — forudsat naturligvis, at Angrebene iøvrigt er store nok dertil. Dermed synes ogsaa at være forklaret, at de fleste dødelig forløbende Angreb forekommer om Foraaret; naar de indtræffer senere, drejer det sig altid om Dyr, der tidligere paa Aaret ikke har været i Berøring med Simulier, i hvert Tilfælde ikke i større Tal, og som derfor ikke har naaet at vænne sig til Giften. Som Exempler

herpaa vil jeg nævne det p. 42 anførte Tilfælde fra Resendal ved Gudenaa 4. Juli 1920: 12 Ungkreaturer (1 til 2 Aar gl.), der ikke havde været ude tidligere paa Aaret og nu kun 2 til 3 Dage, blev heftig angrebne; 2 døde og 4 var meget medtagne, men kom sig; endvidere Angrebet paa Tærø, p. 81. Paa denne Ø plejer Simulier næppe at opholde sig; Yngelpladser findes ikke, derfor blev Dødeligheden blandt de angrebne Dyr saa stor; af 73 døde 13.

Om en hurtig erhvervet Immunitet taler efterfølgende Tilfælde: Dyrlæge A. Nielsen behandlede 11. V. 1919 i en Besætning paa en Gaard ved Funderaaens Indløb i Silkeborg Langsø en Ko, der var bleven angrebet af Simulier, og som var meget medtaget; den blev holdt paa Stald et Par Dage og kom sig. Nogle Dage senere var Dyrlægen i anden Anledning kaldt til Gaarden, og da han spurgte til Koen, fik han det Svar, at den var ude og befandt sig godt. Da Dyrlægen bebrejdede Ejeren, at han satte Koen ud midt paa Dagen, fik han det Svar, »at nu kunde den taale det! Den bliver angrebet hver Dag, men river sig løs, naar Angrebet bliver for slemt; saa kommer den hjem, og min Kone fejer da »Fluerne« af med en Kost«. »Koen kom i samme Øjeblik løbende«, fortæller Dyrlægen videre, »og den var i den Grad besat med »Fluer« paa Perinæum, Yveret, hen under Bugen og i Ørerne, at man godt kunde have Brug for en Kost for at fjerne dem; den var stukket saa meget, at Haanden blev blodig ved at stryge paa Yveret«. Jeg har senere faaet tilsendt nogle af Myggene, der var indtørrede og meget medtagne; efter den utandede Klo og Formen af $Metatarsus_3$, var det *S. argyreatum*; muligvis har der samtidig været flere Arter til Stede.

Det Spørgsmaal har rejst sig, om de forskellige Simuliumarters Gift har samme Giftvirkning, eller om den er forskellig, endvidere om særlige Forhold, der enten kan øge eller mindske denne Virkning, gør sig gældende. Jeg har haft Lejlighed til at undersøge Simulier, indsamlede her i Danmark ved forskellige Angreb og skal derom meddele følgende:

1. a. De af J. C. Schiødte fra Angrebene ved Silkeborg 1878 omtalte Hunner af *S. fuscipes* (opstillede paa Universitetets zoologiske Museum) er Hunner af.... *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.
   b. Blodfyldte Hunner fra et Glas mærket: Bendz. *Simulia reptans*. Egnen af Skanderborg. (Veterinærskolens zool. Museum. Hidrører efter Prof. B. Bangs Meddelelse sikkert fra Angrebene ved Ry 1878) er.....*S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.
2. Hunner fra et Glas mærket: *S. maculata*. Prof. Bang. Maj 1914. Jylland. (Veterinærskolens zool. Museum) er..... *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.
3. Hunner tagne fra den ovenfor omtalte haardt angrebne Ko. Silkeborg 11. V. 1919 tilhører..... *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.
4. Hunner fra Angrebet ved Resendal N. for Silkeborg, 4. VII. 1920. (de sad i Mængde i Slimen paa Tungen paa en af Myggene dræbt Ko) er *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.
   En Del Hunner fra samme Angreb, indsamlede af Dyrlæge A. Nielsen fra Ørerne paa nogle af de levende Køer, tilhørte..... *S. equinum* (L.) Edw.
5. Mængder af Hunner, indsamlede i en Stald med Kvæg, der maatte drives ind paa

Grund af Simuliumangreb 16. V. 1920 N. for Silkeborg Langsø (se p. 84) tilhører..... *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr.

6. Mængder af Hunner indsamlede under samme Forhold 16. V. 1920 (se p. 84) paa en Gaard i Nærheden af forannævnte ved Silkeborg Langsø tilhører..... *S. ornatum* Mg.

7. Af Hunner fra et Glas mærket: 10. V. 1918. Rindsholm ved Viborg. Dyrlæge Carl Petersen (Veterinærskolens zool. Museum) tilhører..... 19: *S. argyreatum* (Mg.) Lundstr. 8: *S. ornatum* Mg. 5: *S. equinum* (L.) Edw.

(Dyrlæge Petersen har oplyst mig om, at Simulierne stammer fra et Angreb og er taget paa eller umiddelbart ved en Ko.)

Det synes efter disse Undersøgelser at dømme, at *S. argyreatum* baade i sin Foraars- og Sommerform er den af vore Arter, der er farligst for Kvæget. Om dette hidrører fra, at den er mest blodtørstig og i Besiddelse af den stærkest virkende Gift, eller det skyldes, at navnlig den og *S. equinum* er de hyppigste Beboere af nogle af vore betydeligste Aaer, f. Ex. Gudenaa, og som Følge deraf har Mulighed for at kunne udvikles i store Mængder, staar foreløbig hen. Om de andre Arters Forhold ved de alvorlige Angreb vides ikke meget; efter hvad der er oplyst om *S. equinum*, foraarsager den næppe saadanne; at baade den og *S. ornatum* kan deltage i Angreb sammen med andre, f. Ex. *S. argyreatum*, fremgaar af ovenstaaende Tilfælde 4 og 7. Det var at vente, at *S. ornatum*, der flere Steder forekommer i stort Antal, og tillige andet Steds fra er omtalt som en blodtørstig Simulium (Galli Valerio, 1921), kunde foraarsage alvorlige Angreb. Jeg fandt den i stort Antal — Tilfælde 6 — nord for Silkeborg i en Stald med Kvæg, der var drevet ind efter et Angreb om Morgenen.

Af vore andre Arter er *S. venustum* omtalt; at den kan fremkalde Døden hos sine Ofre er der næppe Tvivl om; bestemt undersøgte Tilfælde foreligger ikke; men der meddeles fra Egnen syd for Jyderup, hvor den dominerer, om Dødsfald hos Kvæg. Disse Dødsfald maa antages at hidrøre fra dens Stik; dens Giftvirkning er rimeligvis langt ringere end *S. argyreatum*'s. De seks øvrige danske Arter spiller næppe nogensomhelst alvorlig Rolle i Henseende til at fremkalde Død hos Dyrene. Maaske er *S. argyreatum* den eneste af vore Simulier, vi for Alvor behøver at frygte, den, der gennem Tiden har fremkaldt de dødelig forløbende Angreb og den, man derfor særlig skal rette sin Opmærksomhed paa.

Disse Iagttagelser her fra Danmark over *S. argyreatum*'s Farlighed stemmer ganske med dem, der er gjorte andetsteds. Friederichs (1921) omtaler saaledes *S. argyreatum* fra Leine og *S.* (pictum) *reptans* fra Egnen omkring Züllichau (Prov. Brandenburg) som Tysklands farligste Kvægmyg; Edwards (1920) omtaler den som »a habitual bloodsucker«.

Man har søgt at udrede særlige Forhold, der kan have Indflydelse paa Simuliernes Farlighed, forøge eller mindske Giftvirkningen. Det synes saaledes, som om Individerne af Foraarsgenerationen er de farligste; ved talrige Maalinger er det godtgjort, at de er de største og kraftigste, og dette Forhold kan maaske betyde noget, men her maa tages i Betragtning, at Sværmene møder de ikke immuniserede Dyr. Endvidere har Lyset, Temperaturen og Vejrets Karakter Betydning.

Lysets Virkning.

Man har iagttaget, at Simulierne i Tusmørke og om Natten hverken stikker eller overhovedet bevæger sig; derfor kan Husdyrene uden Fare for Angreb holdes paa Græs Aften, Nat og tidlig Morgen. Med det varmende Sollys' Indtræden vaagner Simuliernes Blodtørst; den er stærkest Formiddag og hen mod Aften; Angreb kan dog finde Sted hele Dagen.

Simulierne er stærkt lyssøgende: Klækker man dem i Præparatglas, vil de altid efter Klækningen søge til den Ende af Glasset, der vender mod Lyset; aabnes der for Glasset, flyver de straks mod Vinduet. Mangel af Ovenlys bringer dem til at ophøre med at stikke. Friederichs (1919) har iagttaget følgende: Under et Halvtag stod to Heste; til Trods for at Solen skinnede ind under det, holdt Mangelen af Ovenlys næsten helt de paa Stedet værende Simulier borte; en Hest, der stod udenfor i Skygge, var besværet af Myggene; da den flyttedes ind under Halvtaget, ophørte Angrebet næsten helt.

Erfaring har vist, at man, naar Dyr er udsatte for Angreb, kan befri dem for Simulierne ved at sætte dem paa Stald; Myggene, ogsaa de, der sidder fastsugede i Dyrenes Øren, vil hurtig forlade dem og flyve mod Staldens Vinduer; Manglen paa Ovenlys, maaske i Forbindelse med Staldluften, faar dem til at forlade Værten og positiv Phototaxis til at søge mod Lyset.

Simulierne sværmer under skyet Himmel, men deres Bevægelser tiltager i Livlighed, naar Solen skinner, dog synes de ikke at ynde bagende Sol. Schönbauer (1795) fremhæver dette: »Da der heftige Sonnenschein ebenso wie das Kühle und regnerische Wetter dieser Mücke zuwider ist . . . etc.« og »Meine Mücke, die solche schwüllige und schattichte Tage am meisten liebt etc.«; endelig nævner han, at Simulierne er mest virksomme kort før Solnedgang og kort efter Solopgang eller »wenn sie (die Sonne) nur ein wenig durch die Wolken schielt«. Denne sidstnævnte halvskyede Belysning er vistnok den, der med passende Temperatur giver de bedste Betingelser for Simuliernes for vore udegaaende Husdyr saa skadelige Færd.

Om Schönbauers Iagttagelse af at Simulierne hyppigst sætter sig paa sorte Ting og »derfor plager det sorte mere end det hvide Kvæg«, har noget paa sig, vides ikke. Nöller (1919) har set, at af tre paa Græs staaende Stykker Kvæg, et rødbrunt og to lystbrogede, tiltrak det første de tilstedeværende Simulier i ganske overvejende Grad. [En lignende Forkærlighed for mørktfarvede Dyr skal være kendt for Glossinernes Vedkommende. (Wilhelmi, 1920)].

Temperaturen.

Selv paa kølige Dage flyver Simuliernes Hanner i Smaasværme, og man kan se Hunnerne angribe Dyrene; saaledes blev Køer, der 4. V. 1920 stod paa en højtliggende Mark ved Ry, noget i Læ af Skov, angrebne af Simulier i Ørerne til Trods for, at der var frisk Blæst med Hagl- og Regnbyger afvekslende med Solskin (Temp. Kl. 8 Fm.: 11° C.).

Wilhelmi (1920) har iagttaget, at Simuliumhunner begyndte at dukke op ved en Temperatur af 11,5° C.; sank Temperaturen til under 10,7° C. forsvandt de igen (Svingningerne i Lysstyrken var ikke særlig store). Optimumstemperaturen for deres Færden i Luften synes at ligge over 12° C. Ved Angrebet ved Gudenaa (Linaa-Voel) 11. V. 20 var Temperaturen Kl. 2 Em. 13,6° i Silkeborg og 12,4° C. i Flensted.

De store Angreb synes dog oftest at forekomme ved noget højere Temperaturer.

Temperaturerne var saaledes:

		Dagen for Angrebet.			
1878.	Guldforhoved pr. Bording.....	2. V	15,0° C.	3. V	17,9° C. (Maximumstp.)
1914.	Randers	3. V	15,4° C.	4. V	19,7° C. —
1918.	Viborg.....	23. IV	15,9° C.	24. IV	19,3° C. —
—	Bogø	17. VI	17,8° C.	18 VI	16,5° C. —
1920.	Silkeborg	10. V	11,7° C.	11. V	14,9° C. —
—	Flensted	—	11,3° C.	—	12,4° C. —

Med disse Temperaturer kom der i de paagældende Egne Masseoptræden af Simulier med mange alvorlige Angreb.

Vindstyrkens Indflydelse.

Som nævnt er det en almindelig anstillet Iagttagelse, at Simuliernes Blodtørst stiger i stille, varmt Vejr og er størst i svanger Tordenluft.

Simulierne skyr stærkere Vind og Blæst; i Sværme holder de sig i Læ; vindstille Dage er bedst egnede for deres Bevægelser. Deres aktive Bevægelser i Luften foregaar imod Vindens Retning; de staar i større eller mindre Sværme og kan bevæge sig ret betydelig bort fra deres Udviklingssted. Sværmene kan af konstant Vind føres lange Strækninger. Vindstyrken er som Regel ringe (3—4); ved Linaa-Voel Angrebet 1920 sank den fra 4 til 3 og senere til 1 i Løbet af Dagen. Bergman (1903) taler dog om »den kraftige Vind«, der fører Simulierne om Vaaren mod Donaustrømmens Retning. — Blæst og Storm kan ødelægge Simuliernes Sværme.

Kap. VII.

Simuliernes Fjender. Parasitisme hos Simulierne.

Simuliernes Fjender.

En kølig Graavejrsdag med Blæst i Slutningen af April saas Digesvaler i Mængde ivrig holdende sig flyvende over Ringsted Aa ved Have Mølle; der udvikledes Simulier (*S. argyreatum*, *S. equinum*) i Mængde, de fangedes af Svalerne ofte i det Øjeblik de kom til Syne paa Vandets Overflade; den største Del af de Simulier, der undgik Svalerne, pidskedes af Blæsten ned mod Vandets Overflade og fandtes sammenskyllede mellem Vandplanter, der flød i Overfladen.

Der er ingen Tvivl om, at de i Sværme flyvende Simulier i Mængde gøres til Bytte af Svalerne. Af flyvende Rovinsekter, der griber Simulierne i Flugten, skal nævnes Guldsmede og forskellige Empider. Jeg har set *Hilara maura* Fabr. 26. V. 22 staa i Sværme over Hallebyaa; den bevægede sig til Tider i strygende Fart over Vandfladen imod Strømmens Retning, dels i høje og brede Sværme i større Afstand fra Overfladen, dels i lave Sværme lige over denne; i de førstnævnte Sværme var der mange Par i Copula med indspundet Bytte, dette bestod af Døgnfluer, forskellige Myg og navnlig af Hanner og Hunner

af *S. venustum*, der blev grebet af Hilarahannen, ogsaa lige naar de efter Udklækningen gik paa Vingerne; *S. venustum* udvikledes den Dag i ret stort Tal fra Aaen. En Rovflue (*Asilus* sp.) gjorde nu og da Simulierne til Bytte, og en Vandløber, Damtæge (Gerridida) greb af og til de nyligt udklækkede Myg. Paa Puppe- og Larvekolonier af *S. venustum* sammesteds paa Stene, Blade etc. saas *Phryganea*-Larver vandre om og bortgnave de forladte Coconer med Puppehudene (begge Dele fandt jeg i deres Tarmkanal); *Gammarus* vandrede ogsaa om paa disse; jeg undersøgte Tarmkanalen af fire, i en af disse fandtes Dele af en Simuliumlarve (Vifter, Munddele).

Pomeroy (1916) har i Illinois og South Carolina set Larver af *Hydropsyche* angribe Simuliumlarver, Dr. Howard har gjort samme Iagttagelse i Washington. Det vilde ogsaa være rimeligt at antage, at Simuliernes Larver tjente som Føde for Fisk, især Ørreder; Edwards (1920) har undersøgt Maveindholdet af en Række Ørreder fra Vandløb med Simulier, men fandt kun faa; han fandt en Del Imagines, mest Hanner, rimeligvis saadanne, der var faldne ned paa Overfladen fra Sværme og snappede af Fiskene; af Arten *S. tredecimatum* fandt Edwards derimod et stort Antal Larver i Maven af en Ørred. Johannsen (1903) angiver, at Larver i Mængde bliver ædt af Smaafisk, Elritzer etc.

Cameron (1922) har meddelt, at en Fisk, »the sucker« *Catastomus commersonii*, der findes i Saskatchewanfloderne, er Simulium-Larvernes og Puppernes værste Fjende, idet den hovedsagelig ernærer sig af disse om Sommeren; dens Mave og Tarm findes undertiden fuldstændig fyldt af dem.

Parasitisme hos Simulierne.

Simulierne tjener som Vært for forskellige Snyltere. Om Parasiter i Simuliernes Æg er der endnu ikke, mig bekendt, offentliggjort noget. Hos Larverne finder man som interne Snyltere baade i Europa og Amerika en Rundorm, *Mermis* (eller dens Larve) og forskellige Protozoer.

Rundormen er en smukt smaragdgrøn, 0,1 til 0,2 mm bred og indtil 22 mm lang Orm, der forekommer i et Antal af en eller flere (indtil 12) i Larvens Krophule. Den findes i Reglen oprullet i et Nøgle, især i den bageste, udvidede Del af Larvens Bagkrop, ofte snoet om Midttarmens Slynge, men den kan ogsaa strække sig gennem hele Kroppen op til Hovedet. Den er let synlig gennem Larvens Hud, navnlig fra Bugsiden og giver Anledning til en som oftest dog ikke særlig fremtrædende Udspiling af Larvens Bagende; alt afhængigt af Ormens eller Ormenes Størrelse og Antal. Medens Strickland (1913) har fundet indtil 12 *Mermis* i en Simuliumlarve, har jeg kun fundet 2; hos en 7 mm lang *S. equinum*-Larve var den ene 10, den anden 16 mm lang; er der kun en *Mermis* i Larven, bliver den stor og kraftig, f. Ex. 22 mm lang hos en 9 mm lang *S. ornatum*-Larve med smaa forkrøblede Histoblaster.

Iagttager man Simuliumlarver inficerede med *Mermis*, kan man faa at se, at Ormen forlader Værten, borer sig ud gennem Huden, efterladende et Hul; paa Vandplanter med Larver, Pupper, tømte Coconer, slimede, traadede Overtræk, Slam o. l. kan man se Ormen vride sig trægt af Sted imellem disse Dele; det er sikkert Individer, der har forladt Værterne. Man finder nu og da slappe Simuliumlarver med en tør, sort, rundagtig

Plet i Huden, navnlig paa Bagkroppen; denne Plet kan maaske tydes som et Sted, hvor en Orm er brudt igennem.

Ormen er her i Danmark ikke almindelig; jeg har fundet den i Ommeaa (5 pCt. af 5000 Larver [J. P. KRYGER]), enkelte i Kongeaa og Gudenaa; endvidere er den taget i Lindenborg- og Vejenaa (WESENBERG-LUND).

Den første, der har beskrevet *Mermis* som Parasit hos Simuliumlarver, skal være LUTZ 1909 (WILHELMI, 1920); fra Amerika er den først omtalt af STRICKLAND (1911), der i Foraaret 1911 fandt den i indtil 25 pCt. i Larver i smaa, hurtige Vandløb i det østlige Massachusetts, Omegnen af Boston.

POMEROY (1916) fandt i South Carolina fra Maj til Oktober ofte Larverne af *S. venustum* angrebne af 12 mm lange *Mermis* (indtil 4 i en Larve); medens han ikke saa Pupperne angrebne, iagttog han hyppig *Mermis* hos Imagines; i to Tilfælde endog 3 Stykker i hver. Alle disse inficerede Imagines var med Undtagelse af en, der var fanget flyvende, klækkede fra Pupper; de var medtagne, enkelte holdt sig levende indtil 72 Timer.

Medens STRICKLAND mener, at *Mermis* ødelægger Larverne i Larvestadiet, idet Histoblastdannelsen hæmmes og Larven endelig dør, naar Ormen forlader den, synes de af POMEROY iagttagne med *Mermis* inficerede Larver i hvert Tilfælde at naa længere frem i Udvikling, idet Histoblasterne hos dem angives at være langt kraftigere udviklede end hos STRICKLAND anført. POMEROY skriver, at Pupperne, saa vidt vides, ikke er inficerede med *Mermis* eller Myxosporidier, men da han finder *Mermis* hos Imago, maa man dog vel antage, at Ormen kan gaa fra Larvestadiet gennem Puppestadiet over i Imago.

Inficeres Larven paa et sent Tidspunkt i sin Larvetilværelse, er der vel intet til Hinder for, at Ormen kan fortsætte sin Udvikling gennem Puppestadiet og gaa over i det fuldt udviklede Dyr, men der kan dog ingen Tvivl være om, at dens Tilstedeværelse i Simulien er ødelæggende for denne.

NÖLLER (1919) har fundet *Mermis* i Tyskland; i et Tilfælde hos 30 pCt. Larver; EDWARDS (1920) omtaler den som sjælden i England.

I Følge HAUCK (1922) har NØLLER paavist Tilstedeværelsen af Microfilarier i Simulier, der sugede Blod af Kvæg. Microfilarierne maalte 70.5—137.5 μ i Længde og 3—6 μ i Bredde.

Langt mere faretruende for Simuliumlarverne er Infektionerne med Protozoer henhørende under *Telosporidia* (Gregariner, Hæmosporidier) og *Neosporidia* (Myxosporidier, herunder Microsporidierne, hvortil de fleste Protozoparasiter hos Simulierne hører).

Navnlig i vore mindre, men ogsaa i de større Vandløb, finder man Simuliumlarver, der i Udseende afviger fra Normen; Afvigelsen kan være ringe, men er ofte betydelig. Bagkroppen er deform, usymmetrisk, Kropvæggen er presset ud af uregelmæssig formede, knoldede Svulstmasser, der navnlig paa Bugsiden skinner igennem Huden; eller Larvens Legeme kan være stort, ligesom sækformet udvidet. Disse Larver er ofte træge i deres Bevægelser; de er inficerede med Protozoer. Medens man hos den normale, fuldt udviklede Larve, der nærmer sig Forpupningstiden, kan se de oprullede Pupperør og Anlægene til Vinger, Ben etc. som tydelig tegnede om end fosteragtige Dannelser, er de hos den inficerede Larve oftest kun tilstede som vage, forkrøblede, svagt udtalte Anlæg; undertiden udebliver de ganske.

Parasiterne[1]) danner i Larvernes Legemshule svulstagtige Legemer af forskelligt Udseende og Form; man kan rent makroskopisk skelne mellem 3 Former:

1) Hvide, stearinlignende, knoldformede Legemer (Tab. III Fig. 8) af rundagtig, langstrakt eller ganske uregelmæssig Form; de kan, hvor der ligger flere løst op ad hinanden, være ligesom facetagtig tildannede paa de sammenstødende Flader; de kan være indskrænkede til den bageste, udvidede Del af Larvens Legemshule, men ogsaa findes overalt lige op til Hovedet. Deres Form bestemmes vel en Tid af Formen af Værtens Legeme og dets Organer, men deres Vækst foregaar ofte uafhængig deraf, og gør Larven derved ganske deform.
2) Lignende, dog mest sammenhængende, knoldformede Svulstdannelser, der findes paa samme Steder som de under 1) nævnte, men de er graarødlige af Farve, og fra Randen af fremstaaende Partier paa Overfladen breder Vævet sig ofte ud over den øvrige Del som en lysere, »lavlignende« Bræmme.
3) Smaa kugleformede Legemer (Tab. II Fig. 9 og 10) af graahvid Farve, der findes spredt overalt i Kroppen, men navnlig ses gennem Larvens Overflade (liggende fast i Epithelet) i saa stort Antal, at denne viser sig næsten overalt ganske hvidprikket; mod Larvens Død løsnes de fra de Væv, hvorfra de udgaar, og svømmer om i Hæmolymfen.

Under Mikroskop viser de smaa kugleformede Legemer sig at være forsynede med kornet Overflade; i Snit farvede med Giemsas Farveopløsning eller med Hæmatoxylin Eosin ser man, at disse Dannelser udgaar fra Fedtlegemerne og Hudens Epithel (andre Væv har jeg ikke set angrebne); de ligger i et Vævnet. I Snit af Snylteren i sidste Stadium viser Cysten sig at bestaa af Mængder af næsten kuglerunde Sporer i homogen Substans. Dette Billede ligner ganske en Beskrivelse, ledsaget af Illustrationer, som Strickland (1913) har givet af en Gregarin og Nöller (1919) af en *Hæmosporidia* (*Serumsporidium melusinæ*). Larven omdannes sluttelig til en tyndhudet, slap Sæk og gaar altid til Grunde. Hos os er denne Snylter fundet i Bække og Aaer i Jylland, paa Fyn og Sjælland.

De under 1) og 2) beskrevne svulstagtige Legemer er fremkaldte af Microsporidier. Disses Sporer optages efter Stricklands (1913) Opfattelse af den nyfødte Larve i dens første Periode, hvor den ikke bruger Vifterne, men gnaver paa Underlaget, hvor Sporerne menes at ligge og før den peritrofiske Membran er fuldt dannet. Man formoder, at Sporen aabner sig i Larvens Tarmkanal, og det fritlevende Kim opsøger Larvens Fedtlegemer, hvor den videre Udvikling finder Sted; naar disses Celler er tilintetgjorte, lever Snylteren videre frit i Krophulen. Her finder en fortsat Kærnedeling Sted uafhængig af Protoplasmaet; der dannes da et mangekærnet Legeme, det saakaldte »Myxosporidium« eller »Trophoiten«. Det er disse Legemer vi ser igennem Larvens Hud (Tab. II, 8; i den afbildede Larve maalte et af dem i Længde 3,2 mm, et andet 2,0 mm og de var c. 0,3 til 0,5 mm brede; Larven var 6,2 mm lang). Slutresultatet i disse Legemer er Dannelse af en Mængde Sporer, og naar Snylteren tilsidst har dræbt Larven, frigøres disse.

[1]) Prof. M. Christiansen har vist mig den Velvilje at fremstille og farve mikroskopiske Snit af Larver med Parasiter for mig.

Af Former under 1) med hvidlig Svulstmasse har jeg undersøgt 3 fra Ommeaa og 1 fra en Bæk ved Silkeborg; de syntes at tilhøre 2 Former, de førstnævnte en og Silkeborg-stykket en anden, idet der vel fandtes ovale Sporer hos begge, men der var Forskel i Sporernes Størrelse; Silkeborg-Formen havde en større Spore.

Disse hvide Protozomasser findes hos Larver af forskellige Simuliumarter.

Den rødgraa Protozomasse 2) har jeg kun fundet hos *S. venustum* i Hallebyaa, den indeholder ovale, ikke særlig store Sporer.

Efter Strickland er Léger den første, der har givet en Meddelelse om en Microsporidie som Parasit hos en Simuliumart; dernæst har Lutz og Splendore beskrevet forskellige Former af *Glugea* fundne i Simuliumlarver.

Strickland har selv 1913, givet en udmærket Redegørelse for disse Parasiters Forhold og beskrevet 3 amerikanske *Glugea*-Arter og 1 Gregarin hos Simuliumlarver.

Strickland konstaterede, at Foraarsgenerationen af Simuliumlarver i Massachusetts østlige Vandløb var angrebet med indtil 80 pCt., Efteraarsgenerationen med indtil 65 pCt. Han tillægger Snylterne den Betydning, at de i disse Egne holder Simuliumplagen nede, man mærker intet til den der, hvorimod den f. Ex. er til Stede i det nordlige Maine, hvor ogsaa Simulierne er undersøgte, men hvorfra der ingen Meddelelse foreligger om Infektion med Protozoer.

I Danmark er disse Protozoer fundne hos Larver i en Mængde Vandløb, men i de enkelte er de til Stede i meget forskelligt Antal. Medens man ved Undersøgelse af Larvemateriale som Regel kun finder ganske enkelte inficerede Larver, kan man i andre Tilfælde træffe ret store Procenttal; saaledes fandtes i Thors Møllebæk (Marselisborg ved Aarhus) April 1918 (Wesenberg-Lund) 20 pCt. af Larverne inficerede med Microsporidier og i Ommeaa Juli 1921 fandtes 5 pCt. (5000 Larver undersøgte [J. P. Kryger]).

Strickland har udkastet den Tanke, at man for at bekæmpe Simuliumplagen kunde inficere Vandløb, hvor Parasiten ikke er til Stede, med inficerede Larver. Den Mulighed er vel ikke udelukket, at dette kunde lade sig gøre, men vor Viden om disse Snylteres Forhold er dog endnu saa ringe, at her tiltrænges yderligere Undersøgelser af deres Biologi for ikke at komme til at handle i Blinde.

En Trypanosom, *Crithidia simuliæ*, skal efter Pomeroy (1916) være funden af Georgewitch i Serbien i Maven af Hunnen af *S. columbaczense*, der sugede Blod af Kvæg; en lignende Protozo fandtes ikke i Blodet af de Dyr, der blev angrebne.

Enderlein har 1921 af to Pupper af *Nevermannia aurea* Fries klækket to Hymenopterer (Brachonider): *Ademon decrescens* (Nees 1811) og *Grypocampa affinis* (Förster 1862).

Endnu kan maaske tilføjes: Hvad betinger Simuliernes her gentagne Gange nævnte periodiske Optræden? J. C. Schiødte fremhævede, at det forekom ham uforstaaeligt, at Simulierne, efter at deres Mængde var øget efter flere paa hinanden følgende for deres Udvikling gunstige Aar, der gav sig tilkende ved Angreb paa Dyrene, tilsyneladende aftog i Antal og i hvert Tilfælde ikke gjorde sig bemærkede ved større Angreb; i Intervallerne mellem Angrebene høres der lidet eller slet intet til dem. Følgende Forhold kan her maaske

komme i Betragtning: Er Simuliernes Mængde i en Aarrække tiltaget stærkt opstaar Sværme, der foretager passive eller aktive Vandringer, de sidste fremkaldt af Hunger efter Blod (Hunnerne). Finder disse Bevægelser Sted til Egne, der ikke byder Betingelser for Simuliernes Sværmliv og videre Udvikling, eller ødelægges Sværmene af ugunstigt Vejr o. a., vil maaske saa store Mængder gaa til Grunde, at det vil give sig tilkende gennem en betydelig Formindskelse af Arten paa dens oprindelige Udviklingssted. — Men muligt er det ogsaa, at Simuliernes Udvikling efter gunstige Aar hemmes ved en Stigning i Parasiternes Virksomhed. Medens Parasitisme hos Larverne er velkendt, er den ganske ukendt for Æggenes Vedkommende.

Kap. VIII.

Bekæmpelse af Simuliumplagen.

Forskellige Fremgangsmaader kan benyttes:

Immunisering af Dyrene, Oprensning af Vandløbene og direkte Ødelæggelse ved Giftstoffer af Larverne i Vandløbene.

Immunisering. I Egne, hvor Simuliumplagen hersker, holder man som Regel Dyrene inde, indtil Foraarsgenerationens Sværmtid i det væsentlige er forbi; dette Tidspunkt regner man i Midtjylland ligger omkring 20. Maj. Men der er adskillige Landboere, maaske oftest de, der ikke har rigeligt Staldfoder, der indtil da sætter Dyrene ud i Morgentimerne og tager dem ind, »naar Angrebet bliver for stærkt«. Denne sidste Fremgangsmaade bør i langt højere Grad benyttes; Dyrene maa ud i Morgentimerne under Opsigt og skal netop udsættes for mindre Angreb, der tilsidst vil gøre dem mindre modtagelige, ja endog ganske immune.

Det har Gang paa Gang vist sig, at det er Dyr, der første Gang møder en større Simulium-Sværms Angreb, der ligger under for det; det bør navnlig tilraades, at ogsaa Ungkreaturerne kommer ud, thi selv om man er sluppen fri for Foraarsgenerationens Angreb, kan ogsaa Sommergenerationens virke dødeligt. Denne almindelige Udgræsning under Opsigt i Morgentimerne om Foraaret bør i de truede Egne sættes i System[1]).

Oprensning af Vandløbene. Det vil være af Betydning, at Vandløbene holdes saa fri som muligt for Vegetation. Overfor Simulierne i Larvestadiet vil Oprensning være betydningsløs; større Nytte vil den gøre, naar Dyrene er i Puppestadiet, og de oprensede Vandplanter samles i Hob og stampes, men størst Udbytte vil den sikkert give, om den kan iværksættes paa Tider og Steder, hvor den kan omfatte Ægmasserne. Disse er ret lette at finde, naar man har lært dem at kende; de findes paa de i Overfladen værende Dele af Vandplanterne ved Vandløbenes Bredder, i Snævringer etc. Der skal dog særlig instruerede

[1]) Siden jeg i Oktober 1921 indleverede mit Arbejde til Videnskabernes Selskab og dermed ovenstaaende Forslag til Immunisering, er følgende blevet mig bekendt.

Friederichs anbefaler (1921.) som sikreste foreløbig kendte Middel Regulering af Foraarsudgræsningen og Forsøg med Tagskure paa Græsgange, hvor Myggene findes; og Wilhelmi foreslaar (1921.) at fremkalde Immunitet paa det tidligst mulig udbundne Kvæg ved at anbringe mindre Mængder Vandplanter fra inficerede Vandløb paa disses Bredder tidlig paa Foraaret for at foranledige en gradvis Udvikling af Simulier.

Folk til at foretage denne Oprensning af Ægmasserne, om den skal ske med Udbytte, og den skal falde i Tiden umiddelbart efter de store Generationers Sværmtid.

Ægmasserne af vore to mest udtalte Aaformer: *S. argyreatum* og *S. equinum* ødelægges i hvert Tilfælde ved Indtørring.

Direkte Ødelæggelse ved Giftstoffer af Larverne i Vandløbene. Som nævnt under Larvernes Biologi fandtes der i Vandløb i South Carolina, der modtog Bomuldsspinderiernes Afløb, slet ingen Simuliumlarver. Det er altsaa muligt at udrydde Larverne ved Giftstoffer, men samtidig dermed vil da ogsaa andet organisk Liv i Vandet ødelægges. Efter FORBES (1912) og CAMERON (1922) anvendes »Phinotas oil«. nu i flere Egne af Amerika med tilfredsstillende Resultat til at dræbe Simuliernes Larver med. Denne Vædske, som jeg ikke har kunnet skaffe nøjere Oplysning om, maa være en Phenolforbindelse, da det opgives, at den kan blandes med Vand i forskellige Forhold. CAMERON har ogsaa selv anstillet Forsøg med den i canadiske Vandløb og meddeler, at den er anvendelig i smaa Vandløb, idet den virker dræbende paa Larverne, naar den gydes ud i Strømmen ovenfor de Steder, hvor disse sidder. Den føres da med Vandet ned over dem; saasnart de kommer i Berøring med »Oljen«, bliver de stive, holder op at bevæge sig og efter c. 30 Minutters Forløb slipper de deres Fæste og lader sig vaske bort med Strømmen; det er godtgjort ved Opsamling af dem, at de virkelig er dræbte.

I større Vandløb kan Vædsken derimod ikke bruges med Held; dels bliver Koncentrationsgraden let for ringe, og, om der skal anvendes tilstrækkeligt store Mængder »Olje«, for kostbar; desuden vilde man komme til ikke ønskede Resultater, dersom Aaen tjente til Opholdssted for Fisk.

Endelig bør det nævnes, at en Infektion af Vandløbene med Simuliernes dødbringende Snyltere Protozoer er foreslaaet (STRICKLAND) og maaske ligger indenfor Mulighedernes Grænse.

SUMMARY

Contributions to the Natural History of the Danish Simuliidæ.

The presence of 10 Species of the Genus *Simulium* Latreille is proved in Denmark.

The females of *S. ornatum*, *S. morsitans*, *S. venustum*, *S. argyreatum*, *S. equinum* and *S. latipes* are found blood-sucking on our grazing domestic animals.

It is proved that the females may visit more than one host.

Proved to cause severe attacks in swarms: *S. ornatum*, *S. venustum* and especially *S. argyreatum*; temporarily taking part in these attacks: *S. equinum*, which may also be exceedingly tormenting alone.

It is proved that *S. equinum* in accordance with what seems to be the case f. i. in England[1]) and Germany[1]) has developed into an exclusive ear-parasite, in our country in the ears of cattle, horses and sheep, and that the mating process of *S. equinum* takes place in the ears of the host.

S. venustum causes the attacks in the region of Hallebyaa, a small river south of Jyderup, a little town in Northwestern Sealand.

The virulence of the poison seems to be different in the different species; it seems to reach its highest power in *S. argyreatum*, which is directly shown in the attacked domestic animals by a series of fatal cases in Jutland. (From the attacks at Silkeborg in 1878 and several others from 1914 to 1920.) It may perhaps be indirectly explained as the carrier of death for the domestic animals in some other attacks.

Also from Denmark cases are stated, which prove decidedly that immunity may be obtained.

The small rivers of the western part of Jutland mainly contain the species: *S. equinum*, *S. ornatum* and *S. morsitans*; *S. argyreatum* is either not found at all or seems to be present only in small number; this — perhaps in connection with the blowing weather — may be considered the cause why the Simulium-plague is known neither in the northern nor the southern parts of Western Jutland.

[1]) Essentially only in the ears of horses (Edwards 1920. Friederichs 1921).

LITTERATURFORTEGNELSE

1746. Linnæus, C.: Fauna Svecica. Stockholm.
1758. Linnæus, C.: Systema naturæ.
1761. Brünniche, M. T.: Prodromus insectologiæ Siællandicæ. Hafnia.
1764. Brünnichius, M. T.: Entomologia. Kbh.
— Müller, O. F.: Fauna insectorum Fridrichsdalina. Hafnia & Lips.
1775. Fabricius, I. C.: Systema entomologiæ. Flensb. & Lips.
1776. de Geer: Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. Stockh. 1752—78. Bd. VI. P. 431—32. Tab. 28. Fig. 5—6.
1781. Fabricius, I. C.: Species insectorum. Hamb. & Kiloni.
— Eichhorn, Johann Conrad: Beyträge zur Naturgeschichte der kleinsten Wasserthiere. Berlin u. Stettin. P. 80. Tab. VII. Fig. P. Q.
1784. Fabricius, Otto: Beschreibung der Atlasmücke und ihrer Puppe. Schriften der Berliner Ges. naturforschender Freunde. V. Bd. P. 254.
1795. Schönbauer, Joseph Anton: Geschichte der schädlichen Kolumbatczermücken im Bannat. Wien.
1802. Latreille, P. A.: Histoire naturelle générale et particulière des Crustacées et des Insectes. Paris. Bd. III. P. 426.
1805. — — Histoire naturelle etc. Bd. XIV. P. 294.
1806. — — Genera crustaceorum et insectorum. IV. Bd. Paris.
1818. Meigen, Johann Wilhelm: Beschreibung der bekannten europäischen zweiflügeligen Insekten. I. Theil. Aachen. P. 289—98.
1828. Estrup, P. J.: Haandbog i Insektologien. Kbh.
1830. Meigen, J. W.: Systematische Beschreibung d. bek. eur. zweiflügel. Insekten. VI. Theil. Hamm. P. 309—13.
1830. Verdat, F. J.: Beitrag zur Geschichte der Simulien Insektengattung etc. Vorgelesen in d. Vers. d. Schw. nat. Gesell. zu Basel, den 25. Juli 1821 (aus dem Französischen übersetzt). Tons entom. Archiv. 1830. Bd. II. 2. H. P. 66—69.
— Fries, B. Fr.: Observationes entomologicæ. Monographia *Simuliarum Sueciæ*, Pars II. Tons entom. Archiv 1830. Bd. II. P. 69—73. Fig.
1838. Meigen, J. W.: Systematische Beschreibung d. bek. eur. zweiflügel. Insekten. VII. Th. Supplem.bd. Hamm. P. 52—54.
1839. With, G. C.: Haandbog i Veterinærvidenskaben. Kbh. P. 575. Tab. 11 *Culex reptans* (efter Meigen).
1839. Schiødte, J. C.: Beretning om Resultaterne af en Sommeren 1838 foretagen Rejse. Kbh.
1840. With, G. C.: De carne mammalium domesticorum ægrotantium judicanda. Diss. Haunia. P. 95.

1845. Stæger: Grønlandske Antliater. Naturhistorisk Tidsskrift. Kbh. 2. R. Bd. I. P. 346.
1850. Zetterstedt: Diptera scandinaviæ. Lundæ. Tom. IX. P. 3414.
1862. Thomson, C. G.: Scandinaviens Insekter. Lund. P. 327.
1864. Schiner: Fauna Austriaca. Die Fliegen (Diptera) II. Wien. P. 363.
1878. Schiødte, J. C.: Kvægmyggen. Berlingske Tidende. Kbh 18/V.
— Lihme: Kvægmyg. I Ugeskrift for Landmænd. Kbh. I. 5. Rk. V. Bd.
1879. Aarsberetning for det veterinære Sundhedsraad for 1878. Kbh. A. P. 114.
1881. Meinert, Fr.: Fluernes Munddele. Kbh. *Simulium*. P. 41. Tab. 1.
1884. Riley, C. V.: The southern Buffalo Gnat. Report of the Entomologist. P. 340—345.
1886. Meinert, Fr.: De eucephale Myggelarver. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr. 6. R. nat. mat. Afd. Kbh. *Simulium*. P. 458. Tab. 4.
1894. Boas, J. E. V.: Lærebog i Zoologien. Kbh. P. 300.
1895. Miall, L. C.: The Natural History of Aquatic Insects. London. P. 175.
1902. Taylor, T. H.: On the Tracheal System of *Simulium*. Transactions of the Ent. Society. London. Part IV.
1903. Bergman, A. M.: Kolumbaczermyggorna och knotten som orsak till sjukdom bland boskap. Malmö.
1903. Johannsen, O. A.: Aquatic nematocerous Diptera. New York State Museum. Albany. *Simuliidæ*. Bull. 68. P. 336.
1904. Webster, F. M.: The Suppression and Control of the Plague of Buffalo Gnats in the Valley of the Lower Mississippi. Proc. 25. Ann. Meetings of soc. for promot. of agric. science. Urbana. Ill.
1904. Meunier, Fernand: Beitrag zur Fauna der Bibioniden, Simuliden u. Rhyphiden des Bernsteins. Jahrbuch d. k. Preuss. Geol. Landesanst. 1903. Berlin.
1905. Wahlgren, Einar: Svensk Insektfauna. Stockholm. Tvåvingar. Diptera, Nemocera. *Simuliidæ*. P. 64.
1906. Headlee, T. J.: Blood gills of *Simulium pictipes*. The American Naturalist. Vol. XL. Nr. 480. Boston.
1909. Leon, M.: Le *Simulium Columbaczense* de Roumainie. Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk. Jena. I. Abth. Originale. Bd. LI. P. 659.
— Braun u. Lühe: Leitfaden zur Untersuchung der tierischen Parasiten des Menschen u. der Haustiere. Würzburg.
1910. Ussing, Hj.: *Simulia*-Myggene. Flora & Fauna. Kbh. P. 42.
— Lundbeck, W.: Diptera Danica. Kbh. Part III. *Empididæ*. P. 5.
— Grünberg, K.: Die Süsswasserfauna Deutschlands. Jena. 1. Del. P. 106.
1911. Lundström, Carl: Beiträge zur Kenntnis der Dipteren Finlands. VII. *Melusinidæ* (*Simuliidæ*). Acta societatis pro Fauna et Flora Fennica 34. Nr. 12. Helsingfors.
— Strickland, E. H.: Some Parasites of *Simulium* Larvæ and their Effects on the Development of the Host. Biological Bulletin. Vol. XXI. Nr. 5.
1912. Forbes, Stephen, A.: On Black-Flies and Buffalo-Gnats (*Simulium*) as possible Carriers of Pellagra in Illinois. From the 27th Report of the State Entomologist of Illinois.
1913. Emery, W. T.: The Morphology and Biology of *Simulium vittatum*. The Kansas University science Bull. Vol. VIII. Nr. 9.
— Hutyra u. Marek: Spezielle Pathologie u. Therapie der Haustiere. Jena.
— Göldi, Emil A.: Die sanitarisch-pathologische Bedeutung der Insekten u. verwandten Gliedertiere, namentlich als Krankheits-Erreger u. Krankheits-Überträger. Berlin. P. 74.
— Strickland, E. H.: Further Observations on the Parasites of *Simulium* Larvæ. Journ. of Morphology. Vol. XXIV. Nr. 1.
— Jennings and King: One of the possible factors in the causation of Pellagra. The Journ. of the Americ. Medic. Assoc. Chicago. Vol. LX.

1914. Kryger, I. P.: En Myg (*Ceratopogon*), der angriber en Sommerfugl. Entom. Meddelelser. Kbh. X. Bd. 3. Hft. P. 83.
— Malloch, J. R.: American Black Flies or Buffalo Gnats. U. S. Dep. of Agric. Technical Series. Nr. 26. Washington.
— Stokes, John Hinchman: A Clinical, Pathological and Experimental Study of the Lesions produced by the Bite of the »Black Fly« (*Simulium Venustum*). Journal of Cutaneous Diseases. An Arbor.
1915. Edwards, F. W.: On the British Species of *Simulium*. I. The Adults. Bull. of Entom. Research. Vol. VI. Pt. 1. London.
— Edwards, F. W.: On the British Species of *Simulium* (Diptera). »The Entomologist's Monthly Magazine«. 3d ser. Vol. I. P. 305.
— Wesenberg-Lund, C.: Insektlivet i ferske Vande. Kbh. Kvægmyg. P. 322.
— Bergsøe: Fra Mark og Skov. Bearbejdet af C. Wesenberg-Lund. Kbh. I. Kvægmyg. P. 499.
1916. Jobbins-Pomeroy, Arthur W.: Notes on five North American Buffalo Gnats of the Genus *Simulium*. U. S. Dep. of Agric. Washington. Bull. Nr. 329.
— Friederichs: Kribbelmücken. Berl. tierärztliche Wochenschr.
1917. Malloch, J. R.: A preliminary Classification of Diptera, exclusive of Pupipara, based upon Larval and Pupal Characters, with Keys to Imagines in certain Families. Bull. of the Ill. State Laboratory of Natur. History. Urbana Illinois. U. S. A. Vol. XII. Art. III. P. 302 *Simuliidæ*.
— Bergman, A. M.: Dödsfall genom knott — *Melusina reptans* L. bland nötkreatur i Västergötland. Skandinav. Vetr. Tidsskrift. Uppsala & Stockholm. Hft. 11.
— Boas, J. E. V.: Forelæsninger over Huspattedyrenes Snyltere. P. 36. Kbh.
1918. Bang, B.: Kvægmyg som Aarsag til Sygdom. Maanedsskrift for Dyrlæger. Kbh. XXX. Bd. P. 148.
1919. Nöller, W.: Zur Parasitenkunde bei Haus- u. Nutztieren. Deutsche tierärztl. Wochenschr. Berlin. Nr. 49. P. 556.
— Alexander, Charles Paul: The Crane-Flies of New York. Cornell University Agric. experim. St. Ithaka. New York.
— Friederichs, Karl: Untersuchungen über *Simuliiden*. Zeitschr. f. angew. Entomologie. Berlin. VI. Bd. Hft. 1. P. 61.
— Henriksen, Kai: Insekter og vore Sygdomme. Kbh.
1920. Friederichs, Karl: Neues über Kribbelmücken. Berliner tierärztl. Wochenschr. Nr. 48. P. 567.
— Friederichs, Karl: Zur Kenntnis der deutschen Simuliiden. Rostock.
— Edwards, F. W.: On the British species of *Simulium*. II. The Early Stages; with corrections and additions to Part I. Bull. of Entom. Research. Vol. XI. Pt. III. London.
— Wilhelmi, J.: Die Kriebelmückenplage. Übersicht über die Simuliidenkunde, besonders in praktischer Hinsicht. Jena.
— Esben-Petersen, P.: Lidt om Kvægmyg. Flora og Fauna. Kbh. P. 44.
1921. Friederichs, Karl: Untersuchungen über Simuliiden. II. Zeitschr. für angew. Entomologie. Bd. VIII. H. 1. P. 31. Berlin.
— Enderlein: Das System der Kriebelmücken (*Simuliidæ*). Deutsche tierärztliche Wochenschr. Berlin. Nr. 16. P. 197.
— Enderlein: Neue palæarktische Simuliiden. Sitzungsb. d. Gesellschaft naturf. Freunde zu Berlin. Berlin.
— Hansen, Jørgen: En Myg (*Ceratopogon*), der angriber en Oliebille (*Meloë.*). Flora og Fauna. Kbh.
— Friederichs, Karl: Zur Kriebelmückenfrage. Deutsche tierärztl. Wochenschr. Berlin. Nr. 14.

1921. Wilhelmi: Untersuchungen u. Ermittelungen über die Kriebelmückenbrut etc. Berliner tierärztl. Wochenschr. Nr. 43.
— Wilhelmi: Die Panke-Lietzengrabengelände bei Berlin als Kriebelmückenschadgebiet u. die Immunitätsfrage. Berliner tierärztliche Wochenschr. Nr. 36.
— Galli-Valerio: Untersuchungen u. Beiträge zur parasit. Teknik. Centralblatt f. Bakteriologie etc.). Jena. I. Abth. Originale. Bd. LXXXVI. P. 351.
— Hedelund: Kvægmyg. Aarsberetning fra det veterinære Sundhedsraad for 1920. Kbh. P. 180.
1922. Thomsen, A. Chr.: Lidt om Kvægmyg. Flora og Fauna. Kbh. P. 10.
— Cameron, A. E.: The Morphology and Biology of a Canadian Cattle-Infesting Black-Fly (*Simulium simile* Mall.). Dom. of Canada Dep. of Agric. Bull. Nr. 5. New Series. Ottawa.
— Hauck, Ernst: Ueber Mikrofilarienfunde in Simulium Nölleri. Inaugural-Dissert. Berlin.
1923. Tonnoir, A.: Étude critique de certaines opinions courantes. Ann. de Biologie Lacustre. Tome XI. Bruxelles.
— Entomologiske Meddelelser. Kbh. Bd. XIV. Hft. 2—3. P. 135, Fodnoten.

FORKLARING TIL TAVLERNE

TAVLE I.

Fig. 1. Blade af Vandplanter fra Gudenaa ved Resenbro belagte med Ægmasser af *Simulium equinum* (L.) Edw.; disse ligger dels som isolerede, dels som sammenhængende, lappede Lag af forskellig Farve: de mørkeste er de tidligst, de lyse de senest lagte. (ca. $^1/_3$ Størrelse).

Fig. 2[1]). Længdesnit af en Simuliumlarves forreste Del. (Farvning med Hæmatoxylin-Eosin). Forst. ca. 30 G.

a. Oesophagus krænget ned i Midttarmen *b*'s forreste Del; *c*. Oesophagus Lumen; *d*. optaget Føde; *e*. Forbindelse mellem Oesophagus og Midttarmen; *f*. Celler, af hvilke de forreste afsondrer den peritrofiske Membran χ. (Ved Præparationen er Membranen bleven adskilt fra Cellerne, der fremtræder som en samlet mørk Masse); *g*. Ligament, der fastholder Oesophagus, saaledes at dettes Udskydning i Svælget begrænses; *h*. Lumen af den ene Spindekirtels forreste Del; *i*. Kirtlens Sekret.

Fig. 3. Fligede Analgæller af Larven til *Simulium subornatum* Edw. Udposede. Forst. ca. 50 G. De enkelte Smaalapper ses at bestaa af kun 1 Celle med Kærne og Kærnelegeme. Analhuden med dens Torne ses.

Fig. 4. Huden af *Simulium ornatum*-Larvens Bagende spaltet gennem Analfodens Skive og udbredt. Forst. ca. 55 G. Øverst: det med flerfligede Torne forsynede Parti, der omgiver Anus (Tarmen med Analgæller fjernet); i Midten: det X-formede Chitinstøtte, hvis forreste Grene er forsynede med mørke Torne; Nederst: Fodskivens Krogrækker.

Fig. 5. En Del af samme Præparat forstørret ca. 120 G.

TAVLE II.

Fig. 6. Vinge af *Simulium costatum* Friedr. ♂. Forst. ca. 19 G.

Fig. 7. Væv af Simuliumlarvens Traade, der har dækket en Del af et Blads Overside. De mørke Partier og Pletter er Alger, Detritus o. l. Forst. ca. 36 G.

Fig. 8. Længdesnit af en Simuliumlarves bageste Del med store Svulstmasser, dannede af Microsporidier. (Farvning efter GIEMSA). Forst. ca. 19 G. (De hvide Striber i Svulstmassen skyldes Præparationen).

Fig. 9. Længdesnit af en Simuliumlarves midterste Del; i et fint masket Væv i Krophulen ses talrige Hæmosporidiehobe. (Tarmindholdet omgivet af den peritrofiske Membran ligger frasprængt Tarmvæggen og i Mellemrummet er der ved Præparationen indført en Del Hæmosporidiehobe og Tarmceller). Farvning efter GIEMSA. Forst. ca. 20 G.

Fig.10. En Del af samme Præparat forstørret ca. 120 G.

---

[1]) Præparaterne til Mikrofotografierne (Fig. 2—10) er fremstillede af Forfatteren og Prof. M. Christiansen, der har foretaget Fotograferingen.

INDHOLDSFORTEGNELSE

		Pag.
Indledning		237—240
Historisk Oversigt		241—244
Kap. I.	Morphologisk Oversigt	244—258
	Æggene	244
	Larverne	244—252
	Pupperne	252—253
	Imagines	254—258
Kap. II.	Bestemmelsestabeller	258—266
	Hanner	258—261
	Hunner	261—262
	Larver	262—263
	Pupper	263—266
Kap. III.	Systematik (10 Arter)	266—284
Kap. IV.	Faunistik og Periodicitet	284—295
	Simuliernes geografiske Udbredelse i Danmark	284
Kap. V.	Bidrag til de yngre Stadiers Biologi	295—308
	Æggene	295—299
	Larverne	299—304
	Kokondannelse og Puppestadium	305—308
Kap. VI.	Bidrag til Imagines Biologi	308—328
	Simuliernes Forekomst i Løbet af Aaret	308—309
	Generationernes Antal	309—310
	Simuliernes Forekomst i Naturen	310—319
	Parring	319—320
	Ernæring	320—322
	Simuliernes Angreb paa Mennesket	322—323
	Simuliumstikkets Giftvirkning. Immunitet	323—328
Kap. VII.	Simuliernes Fjender. Parasitisme hos Simulierne	328—333
	Simuliernes Fjender	328—329
	Parasitisme hos Simulierne	329—333
Kap. VIII.	Bekæmpelse af Simuliumplagen	333—334
Summary		335
Litteraturfortegnelse		336
Forklaring til Tavlerne		340

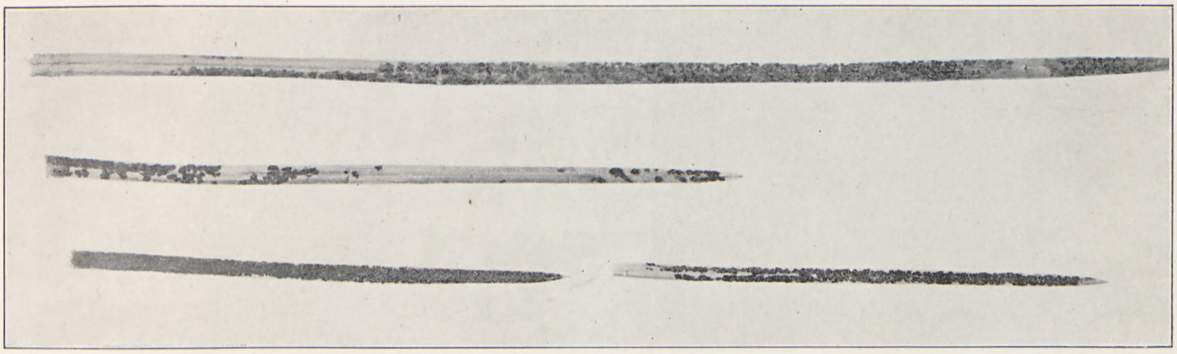


Fig. 1

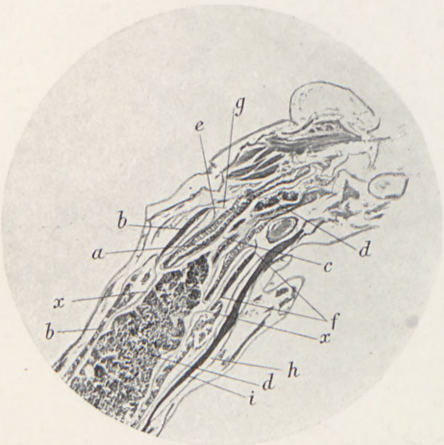


Fig. 2

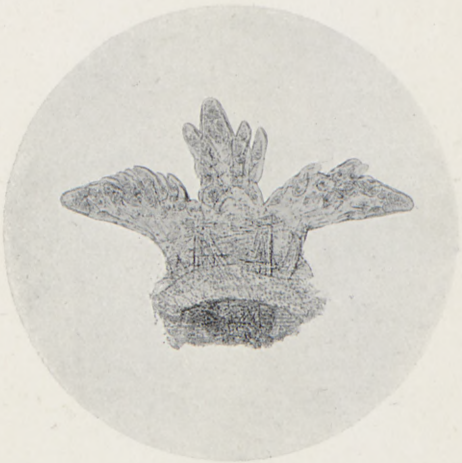


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

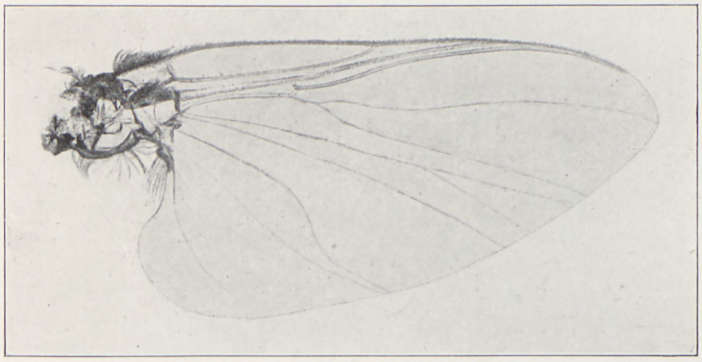


Fig. 6

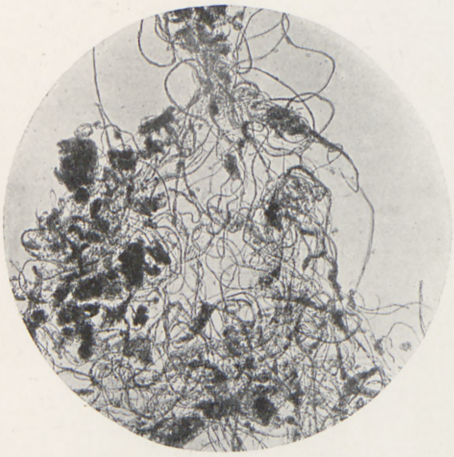


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

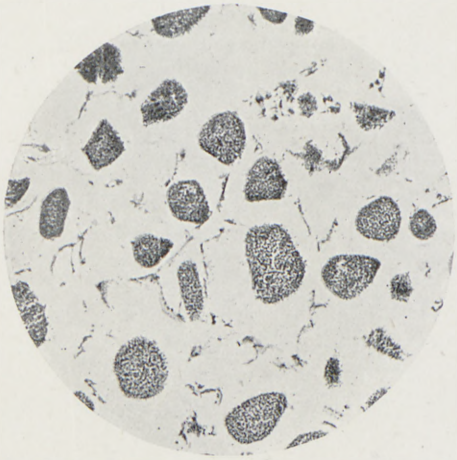


Fig. 10