Skelneloven.

En Korrektion af

Webers Lov og den Ebbinghaus'ske Kontrastlov

paa Grundlag af

psykometriske Undersøgelser.

Af

Dr. phil. **Alfr. Lehmann.**

Vidensk. Selsk. Skr., 6. Række, historisk og philosophisk Afdeling. II. 6.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Kgl. Hof-Bogtrykkeri (F. Dreyer).

1889.

Indhold.

Indledning.

Naar en ydre Paavirkning træffer et Sanseorgan og fremkalder en tydelig Fornemmelse, saa fremkommer denne som Resultat af en meget sammensat Proces, for hvilken man naturligvis endnu langtfra kan gøre Rede i alle Enkeltheder. Vore almindelige fysiologiske og psykologiske Erfaringer tale imidlertid for, at Processen falder i følgende tre Hovedafsnit: I. Ledningen af den i Sanseorganet fremkaldte Bevægelse til Hjærnen, II. Bevægelsens Overgang til Fornemmelse, III. Opmærksomhedens Henvendelse paa den opstaaede Fornemmelse og Opfattelsen af denne Fornemmelse som i en eller anden Henseende forskellig fra alle andre samtidige Fornemmelser [1]). Denne sidste Omstændighed, at Fornemmelsen maa opfattes som forskellig fra, sondres fra alle andre i Øjeblikket givne Fornemmelser, har man i Almindelighed ikke særlig nævnt, vel nærmest, fordi den betragtes som selvfølgelig; hos Psykofysikerne kan en Misforstaaelse af det Udtryk, hvormed Wundt betegner hele denne Proces, nemlig Fornemmelsens Apperception, maaske ogsaa have bidraget noget hertil.

Ved Apperception af en Forestilling forstaar Wundt i Hovedsagen det Fænomen, der nærmere kan bestemmes som: den opmærksomme Opfattelse af Forestillingen [2]). Saalænge man nu lægger Hovedvægten paa, at det er Opmærksomhedens Henvendelse paa Forestillingen, hvorom det drejer sig ved Apperceptionen, er det urigtigt, ikke tillige at nævne Fornemmelsens Sondring fra alle andre som et Led i den Proces, ved hvilken Fornemmelsen bliver til som klar og tydelig Fornemmelse. Denne Fejl gjør Wundt sig dog ikke skyldig i, ti han lægger i Virkeligheden mere ind i Begrebet Apperception end den blotte Henvendelse af Opmærksomheden. Dette ligger allerede i Ordene: den opmærksomme «Opfattelse» [die Erfassung durch die Aufmerksamkeit], men træder iøvrigt endnu tydeligere frem ved den psykologiske Tydning af den Weberske Lov. Ifølge Wundt angaar Webers Lov ikke vore Fornemmelser i og for sig men de Apperceptionsprocesser: «ohne welche

[1]) Wundt: Physiologische Psychologie II, 3' Ausgabe S. 262.
[2]) Phys. Psych. II, S. 236 Anm.

eine quantitative Schätzung der Empfindungen niemals stattfinden kann» [1]. Her siges det altsaa ligefrem, at der ved Apperceptionen kan finde en Sammenligning, en kvantitativ Vurdering Sted, og at det kun kan ske ved denne Proces. Ved Fornemmelsens Opstaaen [«die Perception der Empfindung»] kan Fornemmelsen endnu ikke antages at være givet i vor Bevidsthed som forskellig fra alle andre; dette sker efter Wundts Opfattelse først ved Apperceptionen, og denne Proces indeslutter altsaa Fornemmelsens Sondring, hvorved igen dens Vurdering bliver mulig. Erindrer man sig nu ikke, at der i det Wundt'ske Begreb Apperception ligger denne Dobbelthed: Opmærksomhedens Henvendelse paa Fornemmelsen og dennes Sondring fra alle andre samtidige Fornemmelser, saa kommer man let i en psykologisk Analyse af komplicerede Fænomener til at overspringe dette sidste, meget væsenlige Moment, og en saadan Fejl er, som vi strax skulle se, meget hyppig bleven begaaet af forskellige Forskere.

Inden vi gaa over til en nærmere Paavisning heraf, maa jeg dog først tage et bestemt Forbehold mod en enkelt nærliggende Misforstaaelse. Naar jeg her og i det følgende omtaler Skelne- eller Sondringsprocessen som en særlig Akt ved Siden af de andre psykofysiske Processer, saa maa dette ikke opfattes som en Paastand om, at den ogsaa i tidslig Henseende adskiller sig fra disse. Som det nedenfor skal blive paavist, kan der neppe være Tvivl om, at en Fornemmelse, der skal melde sig i Bevidstheden som selvstændig, klar og tydelig Fornemmelse, gennem en eller anden psykofysisk eller psykisk Virksomhed maa skelnes fra alle andre Fornemmelser, og for saa vidt er det altsaa berettiget at tale om en særlig Skelnevirksomhed eller Proces. Men dermed er der intet som helst sagt om, hvorvidt denne Skelneproces i Tiden foregaar før, samtidig med eller efter en hvilken som helst af de andre Processer, der forløbe ved den enkelte Fornemmelses Opstaaen. Naar Wundt ved Ordet Apperception omfatter saavel Skelneprocessen som Opmærksomhedens Henvendelse, saa synes dermed nærmest at være antydet, at disse to tænkes forløbende under Et eller ere et og det samme: at henvende Opmærksomheden paa en enkelt Fornemmelse er jo netop at fremhæve den som noget fra alle andre forskelligt. Paa den anden Side kunde der maaske ogsaa anføres gode Grunde for, at Skelneprocessen maa foregaa allerede ved Fornemmelsens Opstaaen, Perception: at en Fornemmelse opstaar i Bevidstheden maa være ensbetydende med, at den træder frem som noget fra alle andre Fornemmelser forskelligt. Om nu end Wundts Opfattelse maaske har størst Sandsynlighed for sig, saa bliver det dog altid tvivlsomt, naar og hvorledes Sondringen foregaar, og for ikke uden Nødvendighed at gøre Hypoteser herover, vil jeg i det følgende betragte den som en selvstændig Proces, hvis Forhold til de øvrige det maa være Fremtiden forbeholdt at bestemme.

---

[1]) Phys. Psych. I. S. 377.

Det er især ved Maalingen af de psykiske Processers Tidsvarighed, at den omtalte Mangel paa skarp Begrebsbestemmelse bliver følelig. Ved den «fuldstændige» eller «sensorielle» Reaktionstid maales den Tid, som forløber fra det Nu, hvor en Paavirkning træffer et Sanseorgan, og indtil den klart og tydelig opfattede, sondrede Fornemmelse er markeret ved en enkelt Muskelbevægelse. I den nævnte Tid forløber der altsaa foruden de tre ovenfor omtalte Processer tillige en Viljesakt, Beslutningen om at udføre Bevægelsen, og den derved udløste motoriske Nervestrøm forplanter sig til Musklen og fremkalder den villede Bevægelse [1]. De fleste Forskere, som i den nyeste Tid have anstillet Forsøg over disse Forhold, synes imidlertid at glemme, at der foruden Fornemmelsens Opstaaen, Opmærksomhedens Henvendelse og Reaktionen tillige ved disse Forsøg forløber en Skelneproces, ved hvilken den med Opmærksomhed fastholdte Fornemmelse opfattes som forskellig fra den eller de andre Fornemmelser, som uundgaaelig samtidig er tilstede i Bevidstheden. For en stor Del kan Forsøgsresultaternes Forskellighed føres tilbage til, at man ikke har taget tilstrækkeligt Hensyn til disse andre samtidige Fornemmelser. En Betragtning af nogle enkelte af de anvendte Forsøgsmetoder vil være tilstrækkelig til at paavise, hvor stor Vægt der ligger paa den psykiske eller psykofysiske Proces, som vi have kaldt Sondringen, og hvor let der kan fremkomme afvigende Resultater, naar man ikke tager den med i Beregningen.

Naar man som M. Friedrich benytter smaa, cirkulære, farvede Papirer paa en vilkaarlig valgt Baggrund [2]) som Paavirkning, saa er de Reaktionstider, der findes for disse Paavirkninger, øjensynlig i høj Grad afhængig af Baggrundens Beskaffenhed. Hvis man f. Ex. en Gang brugte en hvid og ved et andet Forsøg en graa Baggrund af samme Lysning som det farvede Objekt, saa vil enhver, der er nogenlunde fortrolig med slige Undersøgelser, indrømme, at man utvivlsomt i sidste Tilfælde vilde faa længere Reaktionstider end i første. Ti paa en saadan graa Baggrund lader Objektet sig ikke nær saa let skelne som paa den hvide Baggrund, og det kan ikke undlade at influere paa Reaktionstiderne. Ikke stort bedre stiller Sagen sig, naar man som Berger bruger et Geislersk Rør eller en lignende Indretning [3]) som Objekt. Heller ikke i dette Tilfælde kan man uden videre sige, at man maaler den Tid, som medgaar til en enkelt Fornemmelses Opstaaen i Bevidstheden og Reaktionen derimod. Ti som et hvert lysende Objekt vil Røret skelnes desto lettere, jo mørkere den Baggrund er, mod hvilken det ses, og man vil følgelig ogsaa her faa forskellige Reaktionstider alt efter den vilkaarlig valgte Bag-

---

[1]) Phys. Psych. II. S. 262 og 265.
[2]) Philosophische Studien herausgeg. v. W. Wundt. Bd. I, S. 53.
[3]) Phil. Stud. Bd. III. S. 40.

grund. Tydeligst træder dette dog frem ved Catells Forsøg [1]. Disse bleve anstillede med Faldkronometret paa den Maade, at Iagttageren saa hen imod en snæver Spalte i et sort Karton. Bag Spalten var der opstillet et Karton af samme Farve, saa at Synsfeltet var fuldstændig ensartet over det hele. Pludselig faldt nu Kronometrets Plade, der f. Ex. var beklædt med hvidt Papir, ned bag det sorte Karton, og saalænge Pladen passerede forbi den snævre Spalte, saa Iagttageren altsaa gennem denne det hvide Papir. Her er det indlysende, at den Proces, der maales, slet ikke er en Opstaaen af en Fornemmelse af hvidt alene men tillige en Skelnen mellem denne Fornemmelse og den Sortfornemmelse, der samtidig udløses af det sorte Karton. Hvorfor har Catell netop valgt sort Karton? Naturligvis fordi han vidste, at hvidt lettest skelnes paa sort Baggrund, og at han altsaa under disse Forhold turde vente at faa de korteste Reaktionstider. Hvis han i Stedet for sort havde taget forskellige Schatteringer af graat, vilde han have faaet desto længere Tider, jo lysere det graa Karton havde været, alt andet lige. Det er følgelig ganske urigtigt at sige, at man under de angivne Omstændigheder maaler «Reaktionstiden for Lys» [2]. Hvad der er maalt, er i Virkeligheden den Tid, som Iagttageren har brugt til at opfatte og skelne et bestemt hvidt fra et bestemt sort og til at reagere herpaa. Jeg maa derfor fuldstændig give Wundt Ret, naar han siger, at de større Forskelle mellem de af forskellige Iagttagere fundne «Reaktionstider for Lys» maa forklares ved, at nogle Iagttagere væsenlig have brugt sensoriel, andre derimod muskulær Reaktion. [3]) Men de mindre Afvigelser have utvivlsomt deres Grund ikke blot i individuelle Omstændigheder men ogsaa i de forskellige Forsøgsanordninger, hvorved der egenlig er maalt helt forskellige Sondringer.

At det virkelig forholder sig som anført kan naturligvis let paavises direkte ved Forsøg. Man behøver jo blot at indføre forskellige Baggrunde for samme Objekt og maale Reaktionstiderne; Resultaterne ville da strax afgøre, hvorvidt den større eller mindre Lethed, hvormed en Skelnen af Objektet gaar for sig, har nogen Indflydelse paa de fundne Tider. En saadan Forsøgsrække har jeg i Forening med Hr. Skolebestyrer Larsen anstillet for et Par Aar siden i helt andre Øjemed; det var egenlig først de uventede mærkelige Resultater af disse Forsøg, som førte mig til en nærmere Diskussion af de Processer, der forløbe under den saakaldte Reaktionstid. Forsøgene udførtes i alt væsenligt som de ovenfor beskrevne Catell'ske. Objekterne bestode af hvide, graa og sorte Papirer 1 Cm. i Kvadrat, der blev belyste af to Petroleumlamper i 35 Cm. Afstand og betragtedes paa en Baggrund af de samme Papirer. Der fremkom saaledes ialt sex Kombinationer; de fundne Reaktionstider udtrykte i Tusindedele af Sekunder er angivet i nedenstaaende Tabel.

---

[1]) Phil. Stud. Bd. III. S. 311.
[2]) ib. S. 319.
[3]) Phys. Psych. II. S. 268.

Tab. I.

	A. L.		*P. L.*
hvidt paa sort	218,7	209,8	221,9
hvidt paa graat	249,7	227,8	224,9
graat paa hvidt	235,8	214,8	221,2
graat paa sort	224,2	215,5	237,3
sort paa hvidt	212,4	205,0	217,1
sort paa graat	212,5	205,0	218,4

Med Hensyn til disse Forsøg er følgende at bemærke. De angivne Tal er Middeltal af 25 Forsøg, idet der stadig blev gjort 29 Maalinger, af hvilke de to højeste og de to laveste Værdier blev strøget. De to Rækker for *AL* er givet i kronologisk Orden; den stærke Formindskelse af Værdierne i sidste Række skyldes sikkert udelukkende den voxende Øvelse. *PL* har vel gjort ligesaa mange Forsøg som *AL*, men da han havde overordenlig vanskeligt ved at indøve sig i at reagere sensorielt, var den første Del af Forsøgene for hans Vedkommende ubrugelig; de her angivne Tal er Middeltal af hans sidste 25 [29] Maalinger. Hver enkelt Søjle falder iøvrigt i tre Grupper, i hvilket Objektet henholdsvis har været hvidt, graat eller sort. Indenfor hver Gruppe er der fulgt den Orden, at det Tilfælde, i hvilket Sondringen er lettest, staar øverst. Hvidt paa sort er lettere at skelne end hvidt paa graat; ligesaa sort paa hvidt lettere end sort paa graat. Og skønt det anvendte graa Papir var temmelig lyst — Forholdet mellem Klarhederne var $h : g : s = 52 : 17 : 2$ — saa tog det sig dog ved Kontrast mod den hvide Baggrund saa mørkt ud, at det afgjort var lettere at skelne graat paa hvidt end graat paa sort. Ved Betragtning af Grupperne falder det nu strax i Øje, at samme Objekt paa forskellig Grund giver Reaktionstider, som med en eneste Undtagelse er længst i de Tilfælde, hvor Sondringen er vanskeligst. Og denne ene Undtagelse [graat paa hvidt] findes tilmed i første Forsøgsrække for *AL*, hvor Øvelsen altsaa har været mindst. Sandsynligheden for, at der i 8 Tilfælde af 9 ved tilfældige Omstændigheder skal fremkomme et bestemt Forhold mellem Reaktionstiderne, er nu saa ringe, at man er nødt til at antage en særlig Aarsag til dette Forhold. Og den nærmest liggende Aarsag turde da være den, at der blandt alle de Processer, hvis Tidsvarighed under Et maales ved Reaktionstiden, ogsaa forløber en Skelneproces, som under de forskellige Omstændigheder kræver forskellig Tid. Ved denne Antagelse, der som ovenfor udviklet i og for sig er højst sandsynlig, bliver det forstaaeligt, hvorfor der saa at sige konstant findes de længste Reaktionstider i de Tilfælde, hvor Objektet vanskeligst skelnes fra Baggrunden.

Imod den nævnte Antagelse lader der sig nu unægtelig rejse en i det mindste tilsyneladende meget vægtig Indvending. Berger har nemlig fundet, at Reaktionstiden bliver desto kortere, jo større Paavirkningens Intensitet er[1]. Vi have nu set, at Kontrastvirkningen mellem Objekt og Baggrund spiller en ikke ringe Rolle ved mine Forsøg, saa at lyst graat paa hvidt endog lettere lader sig skelne — og derfor antagelig ogsaa giver kortere Reaktionstid — end det samme graa paa sort. Man kunde da mene, at Aarsagen til det fundne Forhold mellem Reaktionstiderne var Kontrasten, der i visse Tilfælde kan virke som en ligefrem Forøgelse af Objektets Lysning. Dermed vilde altsaa Antagelsen af en særlig Skelneproces blive ganske overflødig, idet den fundne Lovmæssighed lod sig forklare som en Konsekvens af Bergers Iagttagelse: at Reaktionstiderne synke med voxende Intensitet af Paavirkningen. En Betragtning af Tab. I vil dog let vise, at en saadan Forklaring slet ikke holder stik her. For det hvide Objekt lader den sig gennemføre, ti hvidt giver positivt Kontrast med sort og graat, d. v. s. det hvide Objekts Lysning bliver større ved Kontrast mod disse to Farver og mest ved sort. I Overensstemmelse hermed finde vi, at Reaktionstiden for hvidt paa sort er betydelig kortere end for hvidt paa graat. Men for det graa Objekt stiller Forholdet sig modsat, idet graat paa hvidt giver negativ, graat paa sort positiv Kontrast. I sidste Tilfælde er det graas Lysning altsaa størst, og ikke desto mindre er Reaktionstiden længst, altsaa lige imod Bergers Lov. For sort som Objekt gaar det paa samme Maade; det sortes Lysning er mindre, naar Baggrunden er hvid, end naar den er graa, og dog er Reaktionstiden i første Tilfælde den korteste. Der synes derfor ikke at staa nogen anden Udvej aaben end den at antage en særlig Skelneproces, der kræver sin bestemte Tid, og desto længere Tid, jo vanskeligere Objektet under de givne Omstændigheder kan skelnes. Ud fra denne Antagelse forstaas ogsaa Bergers Lov. Ti paa konstant mørk Baggrund vil et Objekt naturligvis skelnes desto lettere, jo større dets Intensitet er, og derfor aftage Reaktionstiderne med voxende Intensitet. Bergers Forsøg tjene saaledes ogsaa til Bevis for Antagelsens Berettigelse.

Jeg skønner nu ikke rettere, end at der er tilvejebragt en vis Grad af Sandsynlighed for, at der virkelig, naar en Fornemmelse dukker op i Bevidstheden som klar og tydelig Fornemmelse, blandt andre Processer ogsaa er foregaaet en Skelnen, d. e. en Opfattelse af Fornemmelsen som i en eller anden Henseende forskellig fra alle andre samtidig eller umiddelbart forud givne Fornemmelser. Denne sidste Bestemmelse maa naturligvis ikke misforstaas saaledes, som om der skulde være noget til Hinder for, at der samtidig i Bevidstheden kunde være givet to Fornemmelser, der qua Fornemmelser var fuldstændig ens. Dette kan selvfølgelig godt finde Sted, men naar de to Fornemmelser desuagtet kunne sondres, kunne opfattes som to, saa maa de nødvendigvis være forskellige i andre Hen-

---

[1] Phil. Stud. III. S. 63.

seender, f. Ex. i rumlig Lokalisation e. l. Findes en saadan Forskel ikke, maa Fornemmelserne være identiske — der er ikke to men kun en Fornemmelse.

Min Opgave skulde nu i det følgende være den nærmere at undersøge Skelneprocessen og da særlig de Forhold, der kunne behandles experimentalt, først og fremmest dens Tidsvarighed. Inden vi gaa over hertil vil det dog være nødvendigt med nogle Ord at belyse de herhen hørende Begrebsbestemmelser. Wundt — og med ham de Forskere, der have arbejdet under hans Vejledning — har nemlig ogsaa benyttet Ordet Skelnetid men i en Betydning, der afviger noget fra den her brugte, idet Begrebet er taget synonymt med «Kendetid» [Erkennungszeit] [1]). Denne Sprogbrug kan jeg ifølge det udviklede ikke godt slutte mig til, da der, saa vidt jeg kan se, er Brug for begge de nævnte Ord til Betegnelse af meget forskellige Fænomener, hvilket vil blive indlysende, saasnart vi betragte de Forsøg, ved hvilke man har ment at maale en Kendetid. Forsøgene kunne anstilles paa mange Maader, men den enkleste turde være den, at der i Stedet for et enkelt bestemt Objekt [paa bestemt Baggrund] vises to eller flere Objekter, der vexle uregelmæssigt med hinanden, saa at Iagttageren ikke ved, hvilket der i et givet Moment vil vise sig for ham. Han reagerer da først, naar han er kommen paa det rene med, hvilket af de mulige Objekter det er, han ser. Trækkes den enkle Reaktionstid fra den saaledes fundne Tid, bliver Differensen den Tid, som medgaar til at kende de forskellige efter hinanden følgende Objekter fra hinanden. Analysere vi imidlertid den her forløbende psykiske Proces, saa viser den sig at være noget mere sammensat, end den sædvanlig fremstilles. Lad, for at tage et bestemt Exempel, de to Objekter være sort og hvidt paa en eller anden Baggrund. Idet nu det ene af disse viser sig for Iagttageren, saa maa han dog have en klar og tydelig Fornemmelse, inden han kan gøre sig rede for, hvilket af de to Objekter det er. Han maa altsaa først have apperciperet Fornemmelsen: henvendt Opmærksomheden paa den og skelnet den fra den anden, som samtidig udløses af Baggrunden. Derpaa indtræder saa rimeligvis den Proces, hvorved den apperciperede Fornemmelse kendes fra den anden, som ogsaa kunde være forekommen. Denne sidste Proces er sandsynligvis en Genkendeakt, og kan som saadan foregaa paa to forskellige Maader, nemlig enten ved en Sammenligning mellem den i Øjeblikket givne Fornemmelse og Erindringsbilledet af den anden mulige, eller ved Hjælp af en Navneassociation [2]). Ved saadanne komplicerede Forsøg, hvor Iagttageren ikke ved, hvilke Objekter der overhovedet ville vise sig for ham, maa Genkendelsen naturligvis ske ved en Association, medens der rimeligvis foregaar en enkelt Genkendelse i de Tilfælde, hvor der kun forekommer et begrænset Antal, forud bekendte Objekter. Herved kan maaske de store For-

[1]) Phys. Psych. II. S. 305 ff.
[2]) Phil. Stud. V. S. 114.

skelle forklares, som de fundne Kendetider udvise, men noget bestemt lader der sig neppe sige herom, da der endnu ikke er anstillet Forsøgsrækker særlig beregnede paa at belyse Forskellen i Tidsvarighed for disse to Genkendeakter. Der er dog i det allerede foreliggende Materiale meget, som tyder paa, at vi virkelig her have at gøre med Genkendelsesprocesser, saaledes blandt andet det Faktum, at Kendetiden voxer med Antallet af de Fornemmelser, som skulle genkendes [1]), hvilket stemmer med den almindelige Lov for al Genkendelse, at denne bliver desto usikrere, jo større Fornemmelsernes Antal bliver [2]).

Videre end til disse usikre Antydninger tør man neppe for Øjeblikket vove sig, og det maa saaledes foreløbig staa uafgjort, hvad det egentlig er for en Proces, der maales ved Kendetiden. Kun saameget turde være sikkert, at denne Proces er af en anden og mere sammensat Natur end den enkle Skelneakt, der indgaar som Led i al Apperception. Det turde derfor være rigtigst, at holde Skelnetid og Kendetid ude fra hinanden, idet der ved Skelnetid forstaas Tidsvarigheden af den primitive Skelnen, der maa foregaa overalt, hvor vi opfatte en Fornemmelse som forskellig fra andre samtidig givne. Ved Kendetid derimod maa der forstaas den mere komplicerede Proces, som forløber, naar en Fornemmelse skal opfattes som denne bestemte Fornemmelse i Modsætning til en eller flere andre, og som rimeligvis er en Genkendeakt. I det følgende er det imidlertid udelukkende Skelnetiden i den her givne Betydning, der skal være Genstand for Undersøgelse.

Maaling af Skelnetiden for Lysfornemmelser.

Forsøgsmaterialet og Anordningen.

Ved at finde den Tid, der hengaar, fra et Sanseorgan paavirkes, indtil der er reageret paa den opstaaede Fornemmelse, maaler man en hel Række af Processer under et. Psykofysikernes Bestræbelser have imidlertid stadig været rettet mod det Maal, at isolere disse forskellige Processer og bestemme Tidsvarigheden af hver enkelt. Hvor vidt dette Maal i hele sit Omfang kan naas, maa vi lade staa hen; foreløbig synes vi kun at være i Stand til særskilt at maale en enkelt af alle de Processer, der indgaa under den enkle Reaktionstid, nemlig Skelnetiden.

---

[1]) Phys. Psych. II. S. 305.
[2]) Phil. Stud. V. S. 123.

Lad os tænke os, at en Række af ens Paavirkninger sukcessivt træffer vort Øje, og at der derved opstaar en tilsvarende Række af Fornemmelser. Saalænge disse nu ikke følge hurtigere efter hinanden, end at Skelneprocessen kan forløbe fuldstændigt for hver enkelts vedkommende, saalænge vil vi være i Stand til at opfatte dem som enkelte Fornemmelser; bliver Hastigheden derimod større, smælte Fornemmelserne sammen til en enkelt kontinuerlig Fornemmelse. Hvis vi derfor afpasse Tidsrummet mellem de sukcessive Paavirkninger saaledes, at de enkelte Fornemmelser endnu netop kan skelnes hver for sig, saa vil Tiden t mellem to paa hinanden følgende Paavirkninger netop være et Maal for Skelneprocessens Varighed. Derimod er det indlysende, at dette Tidsrum t ikke siger os det mindste om, hvor lang Tid Fornemmelsen bruger om at opstaa [perciperes]. I det Moment Paavirkning Nr. 1 fremkalder en Fornemmelse, kan f. Ex. Nr. 4 træffe Sanseorganet, medens 2 og 3 allerede er undervejs til Sensoriet. Under denne Forudsætning vilde der altsaa medgaa Tiden $3t$ fra det Moment, da Paavirkningen traf Sanseorganet, til det Nu, da Fornemmelsen opstod. Men hvor stor en Del af denne Tid der nu kommer paa Nerveledningens Regning og hvor stor en Del Sensoriets Arbejde kræver, derom kan vi aabenbart intet slutte. Desuden er jo selve vor Forudsætning, at Paavirkning Nr. 4 træffer Øjet samtidig med at Nr. 1 bliver til Fornemmelse, et vilkaarlig valgt Exempel; vi savne foreløbig endog Midler til at afgøre, hvor lang Tid der medgaar til Nerveledning og Perceptionsproces under et. Ved det omtalte Forsøg maales altsaa virkelig kun Skelneprocessens Varighed, idet man tør gaa ud fra, at en Række sukcessive ens Paavirkninger med konstant Tidsmellemrum vil fremkalde en Række Fornemmelser med netop samme Mellemrum, i al Fald saalænge vedkommende Del af Nervesystemet ikke overanstrænges.

Til nærmere Belysning af, at Tidsrummet mellem en saadan Række sukcessive Paavirkninger, der netop kunne opfattes særskilt, kun er afhængig af og derfor kun lærer os noget om Skelneprocessens Varighed og ikke om Ledningen i Sansenerven, kunne vi anstille et Tankeexperiment. Lad os antage, at der paa en meget fjærn Fixstjærne blev frembragt en Række stærke Glimt med ganske korte Mellemrum. Nogle Millioner Aar efter vilde Lyset fra disse Glimt naa Jorden med netop de samme Mellemrum, som der havde været mellem de enkelte Glimt, og hvis disse Tidsrum nu havde en tilstrækkelig Størrelse, vilde de enkelte Glimt kunne opfattes af en Astronom, som havde sin Kikkert rettet mod Stjærnen. Det er nu umiddelbart indlysende, at den Tid, som der maatte være mellem Glimtene, for at Astronomen skulde opfatte dem hver for sig, er aldeles uafhængig af Stjærnens Afstand, og vi kunde derfor ikke, selv om vi maalte Tiden mellem Glimtene, slutte noget om, hvor lang Tid Lyset har brugt om at naa Jorden. Men hvad enten Lyset nu skal gennemløbe en umaadelig Strækning i Verdensrummet eller blot en Nerveledning af nogle Centimetre i Længde, bliver Forholdet ganske det samme. Opstaar der i min Bevidsthed en Række hurtig paa hinanden følgende Fornemmelser, som jeg netop er i Stand til at opfatte hver for sig, saa kan jeg heraf slutte, at Tiden mellem to paa hinanden følgende maa være saa lang, at Skelneprocessen kan være forløben, inden den ene Fornemmelse fortrænger den foregaaende, men jeg kan intet slutte om, hvor lang Tid der er forløben, siden Paavirkningerne udgik fra et eller andet Punkt i Rummet. Det kan være, at dette er sket for saamange Tusindedel Sekunder siden, som Lyspaavirkningen bruger om at udløse en Bevægelse i Nethinden og nervus opticus om at lede denne til Sensoriet, men det kan ogsaa vel tænkes, at Lyset desuden har været nogle Millioner Aar undervejs for at naa fra en fjærn Fixstjærne til mit Øje.

Hvorledes man tænker sig disse Forsøg anstillede, turde være ligegyldigt; i alle Tilfælde vil man, saa vidt jeg kan se, kun naa til at maale Skelneprocessens Varighed. I Stedet for at tage en Række momentane Paavirkninger med konstante Mellemrum kan man ogsaa lade en Paavirkning A gøre sig gældende i nogen Tid og derpaa pludselig afbryde den ved en anden, B. Regulerer man nu Varigheden af A saaledes, at man netop har naaet at opfatte A, inden B dukker op i Bevidstheden, saa maa A's Varighed være Skelnetiden. Ti hvis den af A udløste Fornemmelse ikke bestaar saa længe, inden B gør sin Indflydelse gældende, at den kan blive skelnet fra den umiddelbart forudgaaende Fornemmelse, saa kommer A som selvstændig Fornemmelse slet ikke til vor Bevidsthed; det Minimum af Tid, som Fornemmelsen A maa være tilstede, før B dukker op, naar A overhovedet skal opfattes, er følgelig Skelnetiden. Paa den sidstnævnte Maade er Exner gaaet frem ved sine Maalinger af Skelnetiden med et særlig dertil konstrueret, meget kompliceret og sindrigt Apparat[1]). Exner kalder vel den Tid, som han har maalt, for Iagttagelsestiden (die Wahrnehmungszeit), men det bliver, som paavist, slet ikke andet, end hvad jeg har kaldet Skelnetiden, og dette Navn forekommer mig ubetinget heldigere end den af Exner valgte Betegnelse. Ti ved Iagttagelsestiden maa naturligt forstaas den hele Tid, som medgaar til at gøre en Iagttagelse, og denne omfatter baade de periferiske Processer, Ledningen i Nerven og maaske endnu en central Proces foruden Skelneakten. Men hvad enten man nu vil finde Exners eller den her valgte Betegnelse heldigst, bliver det dog i hvert Fald kun den specielle Skelneproces, der maales ved Exners Forsøg. En saadan Maaling kan imidlertid rimeligvis udføres uden noget kompliceret Apparat, ligefrem ved Hjælp af roterende Skiver.

Tænker man sig nemlig en Skive med afvexlende sorte og hvide eller andre farvede Sektorer, af hvilke de ensfarvede have samme Gradmaal, sat i Rotation om en Axe gennem Centrum med en saadan Vinkelhastighed, at de mindste Sektorer endnu netop kunne skelnes som et svagt Flimmer, saa vil den Tid, som en af de mindste Sektorer bruger til at passere et fast Punkt, netop være Skelnetiden. For denne Paastand skal

[1]) Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1868. Bd. 58, S. 601.

der naturligvis føres Bevis, da den i det mindste tilsyneladende strider mod den almindelig antagne Forklaring af de Fænomener, som de roterende Skiver frembyde. Men inden vi kunne gaa over til Bevisførelsen, vil det være heldigst at beskrive den Forsøgsanordning, som jeg har brugt for at maale de omtalte Tider. Den Ordning, som her skal beskrives, er det sidste Led i en lang Række af frugtesløse Forsøg; først efter megen Famlen lykkedes det mig at finde en Kombination, der tilfredsstillede alle Fordringer til Nøjagtighed og Letanvendelighed, men af Hensyn til Pladsen tør jeg ikke gaa ind paa alle disse frugtesløse Forsøg, saa lærerige de end ellers kunne være i flere Henseender.

Rotationsapparatet blev sat i Bevægelse ved et Haandsving, og Bevægelsen overførtes fra dette til den Axe, der bar Skiverne, udelukkende ved Tandhjul, da en selv nok saa stram Drivrem altid slæber noget, saa at man ikke af Haandsvingets Omdrejningshastighed nøjagtig kan beregne Axens. I mit Apparat var Tandhjulsforbindelsen saaledes indrettet, at en Omdrejning af Haandsvinget medførte 30 Omdrejninger af Axen. For at man nu nøjagtig kunde maale, hvor lang Tid Haandsvinget brugte pr. Omdrejning, var der til dettes Axe fast anbragt en Cylinder halvt af Ebonit E [se Fig. 1] og halvt af Messing M. Fra Messingcylindren gik der en meget smal Strimmel s af samme Metal ind i Ebonitcylindren. Imod denne sammensatte Cylinder trykker de to Fjere F og F_1, der er sat i Forbindelse med Poltraadene fra et galvanisk Element; i Ledningen er der desuden indskudt et Ringeapparat saaledes, at det kun giver et enkelt Slag, naar Strømmen lukkes. Drejes nu Haandsvinget rundt, vil Strømmen lukkes i det Moment, hvor F rører ved s, og Ringeapparatet markerer saaledes nøjagtigt, naar en Rotation af Haandsvinget eller 30 Omdrejninger af Hovedaxen har fundet Sted.

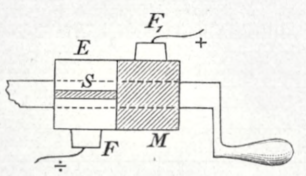

Fig. 1.

Til Maaling af Omdrejningernes Varighed blev benyttet et specielt for slige psykofysiske Forsøg konstrueret Uhr fra Kronometermager Langballe i Kjøbenhavn. Uhret var et yderst omhyggeligt forarbejdet Ankergangsuhr med Kronometerkompensation. Dets store Dimensioner — Værket uden Kasse er 8 cm. i Diameter med 4 cm. Højde — giver det en betydelig Soliditet, og da det gaar i 30 Timer ved en Optrækning, er en nøjagtig Regulering mulig. Foruden Timer, Minutter og Sekunder viser det Femtedels Sekunder, og da det væsenlig er bestemt til Maaling af smaa Tidsrum, bærer Hovedskiven Sekundinddelingen, medens Timer og Minutter aflæses paa en, Femtedels Sekunderne paa en anden mindre Skive. Noget væsenlig nyt ved Apparatet turde være dets Stoppemekanisme, hvorved det momentant kan arreteres og ligesaa pludselig udløses paa en saadan Maade, at Bevægelsen strax faar den rette Hastighed. Dette er opnaaet paa følgende Maade. Ved et Tryk paa en udvendig anbragt Knap drives en Stift S, der ender i en Guldspiral G, radiært ind mod Balancen *B* [Fig. 2]. Bevægelsen stopper da, saalænge Trykket paa Knappen vedvarer. Ophører dette, vil Fjeren *F*, der er bleven spændt ved Stiftens indadgaaende Bevægelse, drive den tilbage, og idet Guldspiralen retter sig ud, giver den Balancen et lille Stød, saa at den kommer i Bevægelse, selv om den tilfældig er bleven standset paa Dødpunktet. Ved de Hundreder af Maalinger, som jeg har udført med dette Uhr, er det i al Fald aldrig forekommet, at Balancen ikke har sat sig i Bevægelse, efter at Trykket er ophørt. Endnu er blot at bemærke, at Femtedels-Sekundviseren vel gaar Skiven en Gang rundt i fem Spring, men at den let stoppes mellem Delingsstregerne, saa at Tiden altsaa aflæses med Nøjagtigheden 0,1 Sekund.

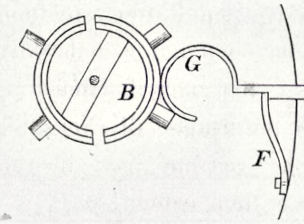

Fig. 2.

Forsøgene anstilledes i et sortmalet Rum ved kunstig Belysning. Hertil benyttedes dels to Petroleumslamper med Solbrændere, der reguleredes til 4 cm. Flammehøjde; Belysningen af en enkelt Lampe svarede da til 9,86 engelske Normallys, og i Forening gav de en Belysning paa 19,72 Normallys. Til meget svage Belysninger benyttede jeg en lille Lampe med fri Flamme, i hvilken der blev brændt en Blanding af Alkohol og Terpentinolje. Den gav et roligt, temmelig hvidt Lys; Flammen reguleredes til en Belysning af 0,197 Normallys, altsaa netop $^1/_{100}$ af den Belysning, som de to store Lamper i Forening præsterede. Naar disse to Lamper stod i en Afstand af 35 cm. fra Skiverne, den lille Lampe derimod i 350 cm. Afstand, var Forholdet mellem Belysningerne altsaa 1 : 10000. — For at kunne undersøge Skelnetidens Afhængighed af Forholdet mellem Objektets og Baggrundens Klarhed var det nødvendigt at variere disse i betydelig Udstrækning. Jeg skaffede mig derfor dels de i Handelen gaaende hvide, sorte og graa Papirer af samme Tone, dels fremstillede jeg flere ved Maling, og Forholdet mellem disses Klarhed blev derpaa bestemt saa omhyggelig som muligt. Saaledes fik jeg til min Raadighed den i Tab. II angivne Række, hvor Klarheden af Nevtralsort er sat som Enhed.

Tab. II.

I. Nevtralsort	1,00	V. lyst graat	40,25
II. sort Karton	1,76	VI. hvidt Karton	51,55
III. mørkt graat	7,12	VII. Zinkhvidt	57,47
IV. nevtral graat	16,64		

Desuden anvendtes et lysløst Rum, fremstillet paa den af A. Kirchmann beskrevne Maade[1]. — Af de ovennævnte Papirer blev der tildannet cirkulære Skiver med 10 cm. Radius

[1]) Phil. Stud. Bd. V, S. 294.

af en Form, som Fig. 3 viser. Det skraverede var bortskaaret; derved opnaaede man let og hurtigt at kunne variere Sektorerens Klarhed, idet man blot behøvede at lægge to hvilkesomhelst Skiver ovenpaa hinanden for at faa fire ensfarvede Sektorer paa en vilkaarlig Baggrund. Naar derimod en enkelt Skive blev sat i Rotation foran det lysløse Rum, havde man fire absolut sorte Sektorer paa Skiven som Baggrund. Om Størrelsen af Sektorerne skal der blive angivet det fornødne senere ved Omtalen af de forskellige Forsøg. Da disse blev varierede i den størst mulige Udstrækning dels med forskellige Skiver og Sektorer, dels med forskellig Belysning, har jeg for Oversigtens Skyld beregnet alle de anvendte Klarheder i en Slags absolut Maal. Som Enhed har jeg taget den Klarhed, som et nevtralsort Papir har ved Belysning med et Normallys i 10 m. Afstand. Ved de ovenfor angivne Talstørrelser for Lampernes Lysstyrke kan man nu let beregne Klarheden for de forskellige Papirer ved de tre anvendte Belysninger, nemlig de to Petroleumslamper i henholdsvis 35 cm. og 350 cm. Afstand og den lille Lampe i 350 cm. Afstand. Man faar derved de i Tab. III. angivne Størrelser. Samtlige anvendte Klarheder udgør, som Tab. viser, en nogenlunde jævn Række, idet denne ved en svagere Belysning begynder lidt nedenfor det Punkt, hvor den stopper ved den stærkere. Bestemmelsen af disse «absolute» Tal har nu den Fordel, at man ved. Angivelsen af et enkelt af disse anfører paa en Gang Papirets Beskaffenhed og Belysningens Styrke, og de forskellige Resultater lade sig saaledes langt bedre sammenligne.

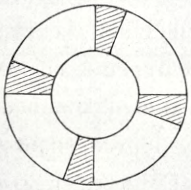

Fig. 3.

Tab. III.

	2 Petroleumslamper i		lille Lampe i
	35 cm. Afst.	350 cm. Afst.	350 cm. Afst.
VII. Zinkhvidt	906500	9065	91
VI. hvidt Karton	813200	8132	81
V. lyst graat	634900	6349	63
IV. nevtral graat	262500	2625	26
III. mørkt graat	112300	1123	11
II. sort Karton	27760	278	2,8
I. Nevtralsort	15776	158	1,6

Hvad Opstillingen af Instrumenterne angaar, da vil denne kræve en nærmere Omtale, fordi den var forbundet med visse Vanskeligheder. Da det, som ovenfor berørt, ved Maalingerne galdt om at holde Skiverne i Bevægelse med saa stor Hastighed, at der kun blev et netop mærkeligt Flimmer tilbage, maatte Rotationsapparatets Bevægelse let kunne forandres og holdes konstant i længere Tid, ganske som Omstændighederne fordrede det.

Efter at flere kunstige Motorer var forsøgte, blev jeg staaende ved Haandkraften som det eneste Middel, der fuldt ud tilfredsstillede alle Fordringer. Apparatets Hovedaxe forsynedes med et tungt Svinghjul, 15,5 cm. i Radius; Hjulkransen var forbundet med Navet ved fire, yderst tynde og sort anløbne Staalstænger. Disse blev fuldstændig usynlige, saasnart Apparatet kom i Bevægelse, og forstyrrede derfor aldrig Observationerne; desuden var de i Almindelighed dækkede af Skiverne, men selv naar de, som i nogle enkelte Forsøg, roterede foran det lysløse Rum, kunde den reflekterede Lysmængde ganske lades ude af Beregning, da den var altfor ringe til at kunne maales. I Begyndelsen gik vi nu saaledes tilværks, at Iagttageren sad foran Apparatet, medens en Medhjælper drejede Haandsvinget og indstillede Bevægelsens Hastighed efter Ordre fra Iagttageren. Dette maatte dog opgives, fordi det viste sig umuligt at regulere Bevægelsen rigtigt paa denne Maade; kun naar Iagttageren selv kunde dreje Haandsvinget, lod den rette Hastighed sig stadig vedligeholde. Da Apparatet nu vanskeligt kunde omdannes saaledes, at dette lod sig gennemføre, greb jeg til den Udvej at betragte Skiverne i Spejl. Lige over for Rotationsapparatet *R*. [Fig. 4] og lidt til Siden blev der anbragt et omhyggelig slebet tyndt Glasspejl med Sølvbelægning i Bunden af en indvendig og udvendig sortmalet Kasse, *K*. Ved *I* havde Iagttageren sin Plads; gennem en lille Spalte i Skærmen *S* kunde han i Spejlet se den ene Halvdel af den paa *R* anbragte Skive samtidig med, at han bekvemt kunde holde Apparatet i Gang. *N* er det lysløse Rum; ved den antydede skraa Stilling saa *I* i Spejlet mod Bunden af den lange sorte Kasse *N*, som viste sig absolut sort, da Lamperne *L* og L_1 intet Lys kunde sende derind. Mørket var saa totalt, at en nevtralsort Skive viste sig lysgraa ved at ses mod det lysløse Rum selv ved de svageste Belysninger. Da Spejlet i *K* kun modtog Lys fra Skiven paa Rotationsapparatet men ellers var aldeles ubelyst, var det ogsaa selv usynligt; naar man saa gennem Spalten i *S* kunde man vanskelig frigøre sig for den Tanke, at man saa direkte mod Rotationsapparatet. For at Øjet kunde have et Fixationspunkt, saa at Blikket saa lidt som mulig fulgte Skivens Bevægelse, var der paa Spejlet anbragt et lille lyst Punkt lige ud

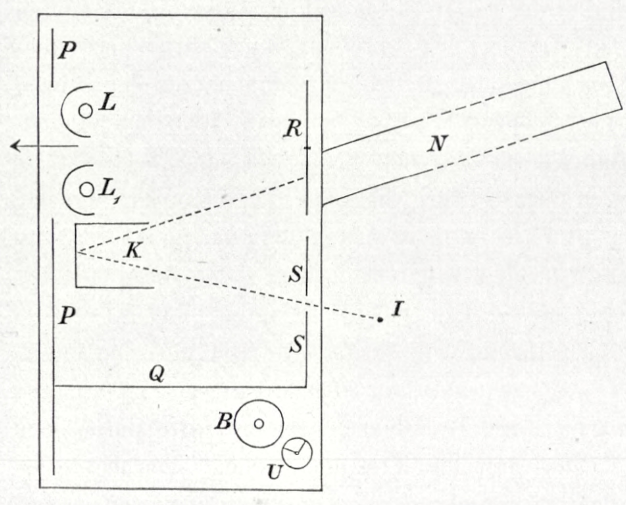

Fig. 4.

for Spejlbilledets Rand. Med Hensyn til de øvrige Anordninger er endnu at bemærke, at *P* er en Skærm med en Aabning netop saa stor, at Lamperne, naar de flyttedes i Pilens Retning til 350 cm. Afstand, kunde belyse hele Skiven og intet andet. *Q* er ligeledes en Skærm, der holdt Lyset fra Blændlygten *B* borte fra de roterende Skiver. Ved *B* belystes Uhret *U*, der stod i en saadan Afstand fra *I*, at Iagttageren bekvemt med venstre Haand kunde holde Uhret arreteret, medens han saa gennem Spalten i *S* og med højre Haand holdt Rotationsapparatet i Gang. Endelig var der ved forskellige andre Skærme sørget for at holde det fra Væggene reflekterende Lys borte, saa at Belysningen paa Skiven virkelig var den, der beregnedes af Lampernes Afstand.

Ved Betragtningen af Skiverne i Spejlet gaar naturligvis noget Lys tabt. De i Tab. III. angivne Tal skulde altsaa multipliceres med et af Spejlets Absorptionskoefficient afhængigt Tal, men da selve den valgte Klarhedsenhed er et vilkaarligt Tal, er det for Forsøgenes Skyld ligegyldigt, om vi benytte de ovenfor anførte Størrelser eller vi reducere dem. Da en Bestemmelse af Absorptionskoefficienten og en Reduktion altsaa vilde være et betydeligt men betydningsløst Arbejde, blive vi staaende ved de angivne Tal.

Med Hensyn til Udførelsen af Forsøgene er der nu ikke meget at sige, da den i alt væsenligt fremgaar af det allerede sagte. Hver Maaling begyndte med, at Iagttageren standsede Uhret og noterede dets Stand. Derpaa sættes Rotationsapparatet i Gang, og saasnart den rette Hastighed er naat, ophæves Arretationen af Uhret paa første Klokkeslag, som antyder en ny Omdrejnings Begyndelse. Da Iagttageren altid af Haandsvingets Stilling vidste, naar Signalet vilde lyde, var det ham muligt i rette Øjeblik at henvende Opmærksomheden paa den Bevægelse, der skulde udføres, for at Uhret atter kunde komme i Gang, og følgelig lod Ophævelsen af Trykket paa Uhrets Stopper sig udføre uden større Tab af Tid end selve den enkle Reaktionstid. Dette Tab kompenseres dog senere, naar Uhret efter Forsøgets Slutning atter stoppes. Sættes den enkle Reaktionstid gennemsnitlig til 0,15 sek. saa vil Uhrets Gang altsaa begynde netop saa lang Tid efter, at de Omdrejninger, hvis Tidsvarighed skal maales, ere begyndte. Men naar Signalet, som angiver Forsøgets Slutning, lyder, vil Uhret stoppes netop lige saa meget for sent, og den hele Fejl kan altsaa kun blive den tilfældige Differens mellem de to Reaktionstider, i det højeste vel 0,03 sek. Da Uhret imidlertid kun gav en Nøjagtighed af 0,1 sek. er Fejlen uvæsenlig. For at iøvrigt Fejlen paa Maalingerne skulde blive saa lille som mulig, blev Haandsvinget ved hvert Forsøg ført 5 Gange rundt, og den aflæste Tid var saaledes den, i hvilken Skiven havde udført $5 . 30 = 150$ Rotationer. Da nu i Hovedmassen af Forsøgene den Sektor, hvis Passage forbi et fast Punkt skulde maales, kun havde en Vinkelstørrelse af 22,5°, altsaa $^1/_{16}$ af hele Cirkelomkredsen, saa blev Tiden for dennes Forbigang $^1/_{16.150} = {}^1/_{2400}$ af den hele maalte Tid. Er denne altsaa bestemt med Nøjagtigheden 0,1 sek. faas den søgte Tid for Sektorens Passage med Nøjagtigheden 0,0001 sek. = 0,1σ, idet vi med σ betegne Tusindedels Sekunder. Som vi i det følgende skulle se, var en saadan Nøjagtighed nødvendig til Paavisning af de overordenlig smaa Tidsdifferenser, hvorom der her kan blive Tale.

I det følgende Afsnit skal det nu være vor Opgave gennem en kritisk Betragtning af de roterende Skivers Teori at paavise, at den Tid, som den mindste af to Sektorer paa en roterende Skive bruger til at passere et fast Punkt, naar Sektoren endnu netop er synlig som et svagt Flimmer paa en iøvrigt ensfarvet Baggrund, er den primitive Skelnetid i den i Indledningen udviklede Betydning.

De roterende Skivers Teori.

Naar en Skive med afvexlende sorte og hvide Sektorer sættes i Rotation om en Axe gennem Centrum, saa vil man ved en vis Vinkelhastighed ikke længer kunne opfatte Sektorerne hver for sig, de ligesom smælte sammen og frembringe Fornemmelsen af et ensformigt graat. Fick har bygget sin nu almindelige antagne Forklaring af dette Fænomen [1]) paa de to, experimentalt godtgjorte Fakta, at en Lyspaavirkning maa gøre sig gældende i nogen Tid, for at den udløste Fornemmelse skal faa Maximum af Styrke, og at den udløste Fornemmelse derefter ikke strax ophører, fordi Paavirkningen hører op, men vedbliver at bestaa som et Efterbillede endnu i nogen Tid. Heraf følger ligefrem, at de af de hvide Sektorer udløste Fornemmelser ved en passende Rotationshastighed ikke kunne naa deres fulde Styrke, medens paa den anden Side Efterbillederne fra disse Sektorer lægge saa meget Lys ind over de sorte Sektorer, at disse ikke opfattes som sorte. De paa hinanden følgende Hvidt- og Sortfornemmelser fra de to Slags Sektorer blive altsaa begge svagere, nærme sig til hinanden, og det desto mere, jo større Hastigheden bliver; ved en vis Hastighed maa Forskellen mellem de paa hinanden følgende vexlende Fornemmelser blive umærkelig, og Skiven ses da ensfarvet.

Imod denne Forklaring lader der sig neppe indvende noget. Den eneste Vanskelighed, som den indeslutter, ligger i Bestemmelsen af den Maade, paa hvilken Forskellen mellem de vexlende Hvidt- og Sortfornemmelser bliver umærkelig. Naar Skiven roterer med netop saa stor Hastighed, at den ses ensformig graa, saa er det indlysende, at den stadige Stigen og Synken af Fornemmelserne, som fremkaldes af de paa hinanden følgende sorte og hvide Sektorer, ikke kommer til Bevidstheden, men hvorfor? Fick mener aabenbart, at det hidrører fra, at Differensen mellem Fornemmelsernes Maximum og Minimum synker ned under den Værdi, som Forskelsmodtageligheden har under de givne Om-

[1]) Hermanns Handbuch d. Physiologie. Bd. III. Abth. 2, S. 214 ff.

stændigheder. Dette er naturligvis muligt, men noget Bevis er der ikke ført herfor, og en anden Forklaring er lige saa vel mulig. For at se dette, ville vi tænke os en Skive med afvexlende sorte og hvide Sektorer, af hvilke de første er noget mindre end de sidste, og til en Begyndelse vil vi antage, at den roterer ganske langsomt. Saasnart nu Fornemmelsen, efter at den hvide Sektors Indvirkning er ophørt, begynder at synke, vil der ogsaa kunne blive Tale om en Skelnen, en Opfattelse af Forskel mellem den netop ophørte Hvidtfornemmelse og den netop begyndte Sortfornemmelse. Gaar nu den sorte Sektor saa langsomt forbi, at Skelneprocessen er forløben inden en ny hvid Sektor fremkalder en ny Stigning i Fornemmelsen, saa vil der altsaa være opfattet en Forskel mellem de udløste Fornemmelser, og ved tilstrækkelig langsom Rotation vil de to Fornemmelser endog kunne genkendes som Fornemmelser af sort og hvidt. Voxer derpaa Rotationshastigheden, vil Tiden for den mindste [her den sorte] Sektors Indvirkning nærme sig mere og mere til det Minimum, som kræves for at en Sondring af Fornemmelserne skal finde Sted, og ved en vis Hastighed vil Skelneprocessen afbrydes, inden den helt er forløben, derved at en ny Fornemmelse frembyder sig til Opfattelse. I saa Fald vil en Forskel mellem Fornemmelserne altsaa slet ikke komme til Bevidsthed, og Skiven synes ensfarvet. Hvis vor Nethinde nu var saaledes indrettet, at enhver Paavirkning strax udløste en Fornemmelse af den til Paavirkningens Styrke svarende Intensitet, og at denne Fornemmelse ophørte strax ved Paavirkningens Ophør, saa vilde aabenbart de sorte Sektorers Existens overhovedet ikke blive mærket og de vilde ingen Indflydelse faa; Skiven vilde synes fuldstændig hvid. At dette faktisk ikke finder Sted, viser os altsaa, at her maa være særlige [perifiske] Processer medvirkende, og Skivens graa Udseende forklares derfor naturligst paa den af Fick angivne Maade. Den fuldstændige Forsvinden af al Forskel derimod lader sig utvivlsomt ligesaa godt forklare ved, at Tiden for den mindste Sektors Indvirkning bliver mindre end Skelneprocessens Varighed, som ved den Antagelse, at Fornemmelsesdifferensen bliver mindre end den netop mærkelige Forskel.

Vi staa altsaa overfor to, i det mindste efter mit Skøn lige mulige Forklaringer, og Spørgsmaalet bliver da, hvilken der er den rigtigste. Dette vil kunne afgøres, saafremt vi af de to Teorier kunne aflede indbyrdes stridende Konsekvenser, som kunne prøves ved Forsøg. Saavidt jeg kan se, er dette virkelig muligt. Ved mine optiske Forsøg har jeg jævnlig opereret med roterende Skiver, og jeg har derved gjort en Erfaring, som jeg ikke er i Stand til at bringe i Samklang med Fick's Teori. Det har ofte slaaet mig, at jo mere de sorte og hvide Sektorer nærme sig til hinanden i Størrelse, desto hurtigere maa Skiven rotere for at ses ensfarvet, men ved en given Vinkelstørrelse af Sektorerne bliver den nødvendige Rotationshastighed den samme, hvad enten den sorte eller den hvide Sektor er størst. Dette sidste er en ligefrem Konsekvens af min Teori, ti hvis Skivens ensartede Udseende blot beror derpaa, at den mindste Sektor virker i saa kort Tid, at en

Sondring ikke kan finde Sted, saa er det indlysende, at Skivens Ensartethed ved konstant Rotationshastighed er bestemt ved den mindste Sektors Størrelse og uafhængig af, om den mindste er hvid eller sort. Saasnart en af Sektorerne, ligegyldig hvilken, passerer forbi Øjet i saa kort Tid, at Sondringen ikke er udført, naar den næste Sektor rykker frem, saa er en Opfattelse af Forskel umulig. Ved den sædvanlige Forklaring af Forholdet synes Sagen derimod at maatte stille sig anderledes. Tænker man sig nemlig, at en hvid Skive med en enkelt, ganske smal sort Sektor roterer netop saa hurtigt, at Skiven ses ensfarvet, saa hidrører dette altsaa, ifølge Fick, derfra, at Efterbilledet fra den hvide lægger saa meget Lys indover den sorte Sektor, at Fornemmelsesdifferensen bliver umærkelig. Holdes Rotationshastigheden nu konstant, medens den sorte Sektors Størrelse voxer paa den hvides Bekostning, saa vil Efterbilledet, der stadig aftager i Styrke, ikke helt kunne udjævne den sorte Sektor, og der ses altsaa et svagt Flimmer. Rotationshastigheden maa altsaa forøges, for at Skiven paany skal ses ensfarvet. Og jo mindre nu den hvide Sektor bliver i Forhold til den sorte, desto mindre kan Efterbilledet dække over den svagere Paavirkning fra den sorte Sektor, og følgelig synes Hastigheden at maatte voxe, for at Skiven skal blive ensfarvet. Bliver den hvide Sektor endelig saa lille, at den udløste Fornemmelse ikke naar op til Maximum, saa vil en Forøgelse af Hastigheden ikke nytte noget, ti vel passerer den sorte Sektor ved større Hastighed Øjet i kortere Tid, men den hvide Sektor gaar da ogsaa raskere forbi, Fornemmelsen naar følgelig ogsaa en ringere Styrke, og dermed vil Efterbilledet blive svagere og altsaa ikke bedre i Stand til at udfylde det sorte Mellemrum. Fick's Teori synes saaledes at kræve først en jævnt voxende og derpaa en konstant Rotationshastighed, naar den sorte Sektor voxer, medens min Forklaring fordrer samme Hastighed for samme Sektorstørrelse, uanset om den hvide eller den sorte er størst.

Det lader sig nu let ved nøjagtige Maalinger konstatere, at det sidste faktisk er Tilfældet. Jeg benyttede til disse Forsøg som sorte Sektorer det lysløse Rum; den hvide Baggrund havde Klarheden 8132 [Tab. III]. I den første Forsøgsrække havde Skiverne fire sorte Sektorer; hver Cirkelkvadrant bestod altsaa af en sort og en hvid Sektor, hvis Gradstørrelse er angivet i Tab. IV under s og h, medens n er Forholdet mellem Sektorernes Gradstørrelse. T angiver Tiden for en Omdrejning af Skiven, hvorved er at bemærke, at Hastigheden stadig afpassedes saaledes, at et svagt Flimmer blev tilbage; Tiden t for den mindste Sektors Passage angiver da Skelnetiden d. e. den Tid, som kræves, for at en Forskel netop skal mærkes. Denne Hastighed var meget lettere at holde konstant end den, hvorved Forskellen netop var umærkelig, ti i saa Fald havde man ingen Garanti for, at Hastigheden ikke blev for stor, da dette ingen Forskel medførte i Skivens Udseende. Indstiller man derimod paa en netop mærkelig Forskel, vil den mindste Forøgelse af Hastigheden bringe Forskellen til at forsvinde, og en Formindskelse af Hastigheden lader

Forskellen træde frem med for stor Styrke, hvilket forholdsvis let mærkes, naar Skiven stadig observeres med Opmærksomhed. Ved Betragtning af de under t angivne Værdier ser man, at den af Teorien udledte Konsekvens fuldstændig bekræftes af Erfaringen. Skelnetiden bliver den samme for samme Størrelse af den mindste Sektor, hvad enten denne er sort eller hvid, og desuden aftager den med dennes Størrelse. Dette stemmer ogsaa med almindelige Erfaringer; vi opfatte et Objekt desto lettere, jo mindre det er indenfor visse Grænser. En tilsyneladende Strid mellem Exners og mine Resultater skal jeg strax komme nærmere ind paa.

Tab. IV.

s	h	n	T	t	K	ber. t
11,25°	78,75°	7	573,3σ	17,9σ	46,5	18,0σ
22,5	67,5	3	436,0	27,3	46,4	27,6
45	45	1	354,7	44,3		46,9
67,5	22,5	3	460,7	28,8	48,9	27,6
78,75	11,25	7	597,3	18,7	48,6	18,0

De fundne Værdier af t kunne med stor Tilnærmelse udtrykkes ved Loven:

$$t = \frac{K}{\sqrt{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{Lig. 1.}$$

hvor K er den Værdi, som t antager for $n = 1$. Beregnes K af Ligningen ved Indsættelse af de sammenhørende Værdier for t og n, faas de under Overskriften K angivne Tal. Disse ere alle lidt større end den virkelig fundne Værdi for K, nemlig $K = 44{,}3$, men dog neppe mere, end at Afvigelsen kan skyldes Iagttagelsesfejlene, som naturligvis ere uundgaaelige, hvor det drejer sig om at fastholde en netop mærkelig Forskel i længere Tid. Tages Middeltallet af de fire beregnede og den fundne Værdi af K, bliver dette 46,9. Beregnes nu:

$$t = \frac{46{,}9}{\sqrt{n}}$$

faas de i Søjlen *ber. t* angivne Værdier; Afvigelsen mellem disse og de fundne er intetsteds større end 2,6σ; og større Nøjagtighed tør neppe ventes ved disse Forsøg.

For at prøve om K i Lig. 1 virkelig er en af Sektorernes absolute Størrelse uafhængig Konstant, hvad den ifølge Skelneteorien bør være, anstillede jeg endnu to Forsøg, hvis Resultater er givet i Tab. V, der er ordnet ligesom Tab. IV.

Tab. V.

s	h	n	T	t	K
11,25°	348,75°	31	272,7σ	8,5σ	47,6
168,75	11,25	15	360,7	11,3	44,1

Paa den ene Skive var der, som Tab. udviser, kun en sort Sektor paa 11,25°, medens hele den øvrige Del var hvid; paa den anden kun to smaa hvide Sektorer af samme Størrelse som den sorte paa den første. Ogsaa her ses t at aftage, idet n voxer, uanset om de sorte eller de hvide Sektorer er størst, og beregnes K af Lig. 1, faas de i Tab. angivne Værdier, der stemme fuldstændig med de ovenfor fundne. Det maa dog bemærkes, at jeg under særlige Forhold har fundet Afvigelser fra den i Lig. 1 udtrykte Lov. Disse Afvigelser ere imidlertid saa smaa, at de her kunne lades ude af Betragtning; da de dog have sin store Interesse, skal jeg forhaabenlig komme tilbage til dem i et senere Arbejde.

Af de anførte Forsøg kan nu sikkert drages den Slutning, at den fremsatte Forklaring har en høj Grad af Sandsynlighed for sig. Hvorvidt Fick's Teori ogsaa kan bringes i Overensstemmelse med mine Forsøgsresultater, maa jeg lade staa hen. Saavidt jeg kan se, er dette ikke muligt, men selv om det lod sig gøre, vilde jo derfor den her opstillede Forklaring ikke tabe sin Betydning. Vi vilde da have to Teorier, der foreløbig begge vare lige gode, og det vilde i saa Fald, ved den endelige Antagelse af den ene eller den anden, nærmest komme an paa, hvilken der havde den største Rækkevidde. Min Opgave i dette Arbejde skulde nu netop være den at paavise den overordenlig vidtrækkende Betydning af de opstillede Antagelser: at der ved den tydelige Opfattelse af en Fornemmelse forløber en særlig Skelneproces, og at dennes Tidsvarighed kan maales ved de roterende Skiver, idet Betingelsen for, at disse skulle vise sig ensfarvede, er den, at den mindste Sektors Passage forbi Øjet foregaar i en kortere Tid end Skelnetiden.

Inden vi gaa til en Undersøgelse af Skelnetidens Afhængighed af Objekternes Klarhedsforhold, maa vi i Korthed berøre Forholdet mellem den i Lig. 1 udtrykte Lov og de Resultater, hvortil Exner er kommet. Hvis Exner, som tidligere paavist, ved sine Maalinger ogsaa har bestemt Skelnetiden, saa er man berettiget til at vente en Overensstemmelse mellem hans og mine Resultater, men denne er ikke tilstede. Exner finder nemlig, at naar Størrelsen af Objektets Nethindebillede voxer i geometrisk Progression, aftager den til Iagttagelsen nødvendige Tid i aritmetisk Progression[1]. Jeg har derimod fundet, at Skelnetiden voxer med Kvadratroden af Objektet, saalænge Baggrundens Størrelse er konstant, idet der ved Objektet forstaas den mindste, ved Baggrunden den største Sektor. Dette ses let, naar man i Lig. 1 sætter:

[1]) Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 1868 S. 625.

$n = \frac{1}{s}$ hvorved Lig. 1 gaar over til: $t = K\sqrt{s}$...... Lig. 2,

hvor s er den mindste Sektors Størrelse udtrykt ved den størstes som Enhed. Exner og jeg synes saaledes at være kommen til modsatte Resultater; han finder, at Tiden aftager, jeg derimod, at den voxer med voxende Størrelse af Objektet. Striden forsvinder imidlertid, saasnart man tager Hensyn til, at Exners Forsøg kun angaa Objekter, hvis Nethindebilleder ere mindre end macula lutea[1]), mine angaa derimod Objekter, der ere saa store, at de ikke helt kunne overses med et ubevægeligt Øje. For smaa Objekter som Exners er det naturligt, at vi bruge desto længere Tid om at skelne dem, jo mindre de ere. For meget store Objekters Vedkommende turde det derimod være i Overensstemmelse med vore daglige Erfaringer, at vi have desto vanskeligere ved, og derfor bruge desto længere Tid om at opfatte dem, jo større de ere. De to Forsøgsrækker supplere saaledes i Virkeligheden hinanden.

Skelnetiden ved fuldstændig Adaptation.

I det foregaaende have vi kun undersøgt den antagne Skelnetids Afhængighed af Forholdet mellem Objektets og Baggrundens Størrelse, medens Klarheden for dem begge var konstant. Vi skulle nu undersøge Skelnetidens Afhængighed af Objektets og Baggrundens Klarhedsforhold, medens den rumlige Udstrækning er konstant. Ogsaa her kunne vi paa Grundlag dels af det daglige Livs Erfaringer, dels af de i Tab. 1 givne Maalinger opstille bestemte Forventninger. Da vi nemlig i Almindelighed opfatte et paa bestemt Baggrund givet Objekt desto lettere, jo større Klarhedsforskellen er, saa maa Skelnetiden sikkert ogsaa aftage, naar Forskellen mellem Objektets og Baggrundens Klarhed voxer. Disse Forventninger ville fuldt ud finde Bekræftelse.

Med Hensyn til Forsøgsanordningen er alt væsenligt allerede tidligere angivet. Her skal endnu blot bemærkes, at det vel af teoretiske Grunde havde været rigtigst, om de lyse og mørke Sektorer paa de Skiver, der benyttedes til Forsøgene, havde været ligestore, altsaa f. Ex. hver 45°. Derved vilde nemlig den i Lig. 1 indgaaende Konstant K være bleven bestemt for de forskjellige anvendte Klarhedsgrader, da denne jo netop angiver Værdien af Skelnetiden for Forholdet 1 mellem Objektets og Baggrundens Størrelse. Af praktiske Hensyn, for ikke at faa altfor lange Tider ved Maalingerne, hvilket kun kunde medføre Unøjagtighed hidrørende fra Opmærksomhedens uundgaaelige Svingninger, valgte jeg derimod Forholdet 1 : 3 mellem mindste og største Sektor, og delte altsaa hver af Skivernes fire Kvadranter i to Sektorer paa henholdsvis 22,5° og 67,5°. Alle de i det følgende angivne Tider ere saaledes Værdier af t i Lig. 1 for $n = 3$. Heraf findes altsaa K ligefrem

[1]) Anf. Sted.

som $K = t\sqrt{3}$. Naar endelig disse Forsøg betegnes som udførte ved fuldstændig Adaptation, saa menes dermed naturligvis, at Øjet fik Tid til at udhvile og derpaa ved Henvendelse paa Skiven blev adapteret for dennes Belysning, før Forsøget begyndte.

I Tab VI er givet en fuldstændig Oversigt over Resultaterne af samtlige herhen hørende Maalinger. Øverste Række angiver de anvendte Klarhedsgrader I for Baggrunden, den største Sektor; første Søjle paa tilsvarende Maade Klarhedsgraden r af Objektet, den mindste Sektor. I hver Rubrik for de maalte Tider er angivet to Tal, af hvilke det øverste er det ved Forsøgene fundne, medens det nederste [kursiv] er beregnet af de Love, som vi nu skulle udvikle. Tabellen falder iøvrigt i to Dele adskilte ved en Diagonallinje; den venstre, nederste, omfatter Bestemmelserne for mørke Objekter paa lys Grund [$r < I$], den øverste, højre Del Bestemmelserne for lyse Objekter paa mørk Grund [$r > I$]. En Sammenligning mellem de to Dele af Tab. viser nu overalt Rigtigheden af det tidligere vundne Resultat: at Skelnetiden er konstant for de samme Værdier af r og I, uanset om r eller I har den største rumlige Udstrækning, naar blot Forholdet mellem de rumlige Udstrækninger er konstant. Saalænge dette er Tilfældet, varierer Skelnetiden ikke, naar r ombyttes med I og I med r. Deraf følger da, at de Love, som udvikles f. Ex. for mørke Objekter paa lys Grund, ogsaa gælde for lyse Objekter paa mørk Grund, naar man blot helt igennem ombytter r med I og omvendt. Af denne Grund har jeg kun gennemført Undersøgelserne saa vidt mulig fuldstændig for $r < I$ og af Tilfældene $r > I$ kun medtaget saa mange, som strængt krævedes, for at Overensstemmelsen kunde betragtes som tilstrækkelig godtgjort.

S k e l n e t i d e n f o r m ø r k e O b j e k t e r p a a l y s G r u n d. Idet vi nu gaa over til at udlede Skelnetidens Afhængighed af Klarhedsforholdene, kunne vi altsaa, ifølge det ovenfor

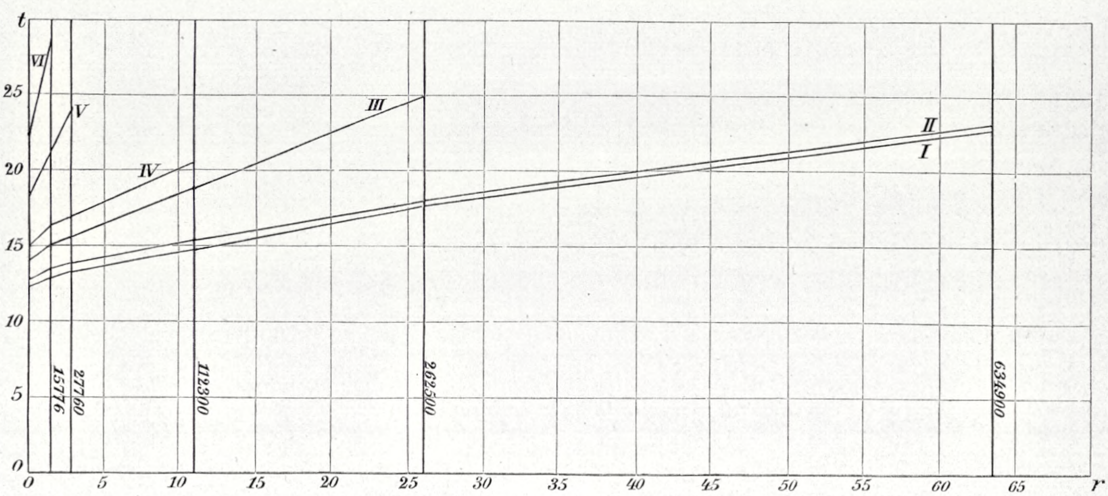

Fig. 5.

Tab. VI.

I = *r*	906500	813200	634900	262500	112300	27760	15776	9065	8132	6349	2625	1123	278	158	91	81	63	26	11	0
906500			22,8 *21,7*	18,4 *16,3*	16,3 *14,2*	14,5 *13,0*	13,7 *12,8*													12,0 *12,7*
813200			23,6 *23,1*	20,1 *17,2*	16,9 *14,8*	15,8 *13,4*	14,8 *13,3*													13,4 *13,0*
634900	22,7 *21,8*	23,2 *23,1*		26,0 *19,0*	19,6 *16,0*	17,0 *14,3*	15,8 *14,0*													14,2 *13,7*
262500	17,7 *16,4*	18,1 *17,2*	25,0 *19,0*		24,3 *22,0*	19,0 *17,9*	17,8 *17,3*													15,7 *16,5*
112300	14,8 *14,3*	15,5 *14,8*	18,8 *16,0*	20,6 *21,7*		23,9 *22,3*	21,5 *20,9*													18,9 *19,1*
27760	13,5 *13,1*	13,7 *13,4*	15,8 *14,3*	17,1 *17,6*	24,2 *21,8*		29,3 *30,7*													20,4 *23,4*
15776	12,9 *12,9*	13,5 *13,3*	15,3 *14,0*	16,3 *17,0*	21,3 *20,4*	28,6 *29,9*														25,6 *25,2*
9065																				26,9 *26,9*
8132																				28,8 *27,2*
6349								34,6 *34,8*	36,4 *36,1*											29,2 *28,0*
2625								29,7 *29,4*	32,7 *30,2*	37,4 *32,0*										31,2 *30,7*
1123								28,2 *27,3*	31,2 *27,8*	31,0 *29,0*	34,6 *34,7*									34,3 *33,3*
278								27,1 *26,1*	29,4 *26,4*	30,3 *27,3*	32,5 *30,6*	39,3 *34,9*								38,8 *37,7*
158								26,7 *25,9*	28,2 *26,3*	29,4 *27,0*	30,5 *30,0*	35,1 *33,5*	43,5 *42,9*							40,2 *39,4*
91																				39,8 *41,1*
81																				41,3 *41,5*
63															55,3 *47,9*					43,1 *42,2*
26															47,5 *42,5*					44,1 *45,0*
11															41,1 *40,4*					46,8 *47,6*
2,8															40,8 *39,2*					
1,6															39,1 *39,0*					
0	12,3 *12,7*	12,7 *13,0*	13,9 *13,7*	14,8 *16,2*	18,3 *18,6*	22,4 *22,6*	25,5 *24,1*	26,0 *25,7*	27,3 *26,0*	27,9 *26,7*	29,5 *29,2*	30,5 *31,7*	33,4 *35,6*	38,0 *37,2*	38,1 *38,8*	39,2 *39,1*	39,6 *39,8*	40,6 *42,3*	46,8 *44,7*	

De med *Kursiv* trykte ere de beregnede Værdier.

udviklede, foreløbig holde os til den fuldstændigere Forsøgsrække: $r < I$. Undersøger man da først t's Variationer med r for konstant I, saa finder man, naar Værdierne af r afsættes som Abcisser, de tilsvarende Værdier af t som Ordinater, at Ordinaternes Endepunkter tilnærmelsesvis falde paa en ret Linje, der skærer Ordinataxen i en positiv Afstand τ fra Abcisseaxen og danner en Vinkel v med denne. I Fig. 5 er exempelvis givet t's Variationer med r for $I = 906500$ [I], $I = 813200$ [II] o. s. v. til .... $I = 27760$ [VI].
Ligningen for en saadan ret Linje bliver:

$$t = \tau + r tgv \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 3.}$$

Kaldes nu den Tilvæxt, som r skal have, for at t skal voxe med 1^σ, for d, saa har man:

$$d \,.\, tgv = 1\,;\; tgv = \frac{1}{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 4.}$$

og indsættes dette i Lig. 3, gaar den over til:

$$t = \tau + \frac{r}{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 5.}$$

hvor d altsaa er den Størrelse, der skal adderes til r, for at t skal voxe til $t + 1$, medens τ er Værdien af t for $r = 0$. Der rejser sig nu det Spørgsmaal, hvorledes disse Konstanter τ og d variere, naar I varierer. Af Fig. 5 fremgaar det, at τ voxer med aftagende Værdier af I, idet Ordinaten τ til $r = 0$ ses at være desto større, jo mindre I er. Kurven I i Fig. 5 svarer jo nemlig til $I = 906500$, Kurve VI til $I = 27760$. Med Hensyn til d viser Fig., at Hældningsvinklen v mod Abcisseaxen voxer med aftagende Værdier af I. Men idet v voxer, voxer ogsaa tgv, og ifølge Lig. 4 maa derfor d aftage. Vi ville nu søge nærmere at bestemme Lovene for disse Variationer af τ og d og maa derfor tage dem for hver for sig. Vi gøre Begyndelsen med τ.

Ifølge Lig. 5 er τ den Værdi, som t antager for $r = 0$ eller med Ord: τ er Skelnetiden for et lysløst Objekt paa en vilkaarlig Baggrund. I Tab. VI nederste Række findes 19 Bestemmelser af denne Tid paa de forskellige Baggrunde I, og det maa da være muligt heraf at finde en Lov for τ's Variationer med I. Betragte vi exempelvis:

$I = 906500$ .... 9065 .... 91, saa finde vi for disse angivet
$\tau = 12{,}3$ ...... $26{,}0$ .... $38{,}1$; mellem disse Tider er
Differensen = $13{,}7$ ...... $12{,}1$

altsaa meget nær konstant, medens I aftager med Kvotienten $1/100$. Paa tilsvarende Maade gaar det med de andre sammenhørende Værdier af τ og I; overalt finder man, at τ voxer med en konstant Differens, der svinger omkring 13^σ, naar I aftager med Kvotienten $1/100$. Vi komme altsaa til det Resultat, at τ voxer i aritmetisk Progression, naar I aftager i geometrisk. Denne Lov lader sig let formulere matematisk. Kaldes den Kvotient, med hvilken I skal voxe, for at τ skal aftage med 1^σ, for q, og kalde vi den til $I = 1$ svarende Værdi af τ for k, saa har vi følgende Forhold mellem I og τ:

$$I = 1 \ldots q \ldots\ldots q^2 \ldots\ldots q^3 \ldots\ldots\ldots\ldots q^n$$
$$\tau = k \,.\,.\, k-1 \,.\,.\, k-2 \,.\,.\, k-3 \ldots\ldots\ldots k-n.$$

altsaa almindeligt: $I = q^n$, naar $\tau = k - n$. Af denne sidste Ligning faas: $n = k - \tau$, som indsat i den første giver: $I = q^{k-\tau}$; heraf følger:

$$\log I = (k-\tau)\log q \qquad \text{eller: } \tau = k - \frac{\log . I}{\log . q} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 6.}$$

For nu at prøve, hvorvidt denne Ligning fuldstændig svarer til de fundne Værdier af τ, har jeg bestemt k og q ved de mindste Kvadraters Metode, og med de saaledes fundne Værdier $k = 51{,}53$ og $q = 1{,}423$ beregnet τ ved sukcessiv Indsættelse af de forskellige Værdier af I i Ligningen:

$$\tau = 51{,}53 - \frac{\log I}{\log 1{,}423}.$$

Heraf fremgik de i Tab. VI for $r = 0$ med kursiv angivne Tal. Som man ser, stemme de beregnede og de fundne Værdier saa nøje, at Fejlen intetsteds overskrider $2{,}2\sigma$, hvilken Størrelse turde falde fuldstændig indenfor Grænserne af den Nøjagtighed, som overhovedet kan naas ved disse Maalinger. Det logaritmiske Afhængighedsforhold mellem τ og I maa derfor siges at være godtgjort for alle Værdier af I mellem 11 og 906500, altsaa indenfor et Omraade, hvis Yderled forholde sig til hinanden paa det nærmeste som 1 : 80000.

Indsætte vi nu τ taget af Lig. 6 i Lig. 5, faa vi:

$$t = k - \frac{\log I}{\log q} + \frac{r}{d} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 7.}$$

hvor k og q ere Størrelser, konstante for samme Individ; k er afhængig af den valgte Klarhedsenhed, medens q maa være en heraf fuldstændig uafhængig Konstant, ti den Kvotient, med hvilken Klarheden skal voxe, for at Tiden skal aftage med 1^σ, kan ikke variere, fordi Klarheden udtrykkes i en anden Enhed. Derved vil nemlig de forskellige Klarhedsgrader kun blive multiplicerede med samme Tal, hvilket ikke forandrer deres indbyrdes Forhold. — Tilbage staar nu kun at finde Loven for d's Variationer med I.

Ifølge Lig. 5 er d den Addend, hvormed r skal voxe, medens I er konstant, for at t skal voxe med 1^σ. Og vi fandt [jvf. Forklaringen til Fig. 5], at d aftager med I, men i hvilket Forhold dette sker, lader sig ikke direkte se af Forsøgene, da d selv først maa beregnes. For at finde denne Størrelse saa nøjagtig som mulig og derved faa det bedst mulige Overblik over dens Afhængighed af I, har jeg anvendt de mindste Kvadraters Metode paa Lig. 5 og bestemt τ og d for de fem fuldstændigste Forsøgsrækker, nemlig for $I = 906500$, 813200, 9065, 8132, 91. For hver af disse Baggrunde er der maalt Værdien af t for 5 forskellige Størrelser af r [se Tab. VI], og bestemmes nu d paa den angivne Maade for disse fem Forsøgsrækker, have de saaledes fundne d altsaa samme Vægt. Resultatet af disse Beregninger er givet i omstaaende Tab. VII.

Tab. VII.

I	906500	813200	9065	8132	91
d	64070	63860	794,5	824,3	3,857
$c = \dfrac{d}{I}$	0,07069	0,07852	0,08766	0,10140	0,04255

Tab. angiver i første Række de forskellige Værdier af I, i anden Række de hertil svarende Værdier af d. Man ser, at d aftager med I og paa det nærmeste proportionalt med denne Størrelse; naar I aftager til $\frac{I}{100}$, bliver d ogsaa nær 100 Gange saa lille. Følgelig maa man have:

$$d = c.I \text{ eller } c = \frac{d}{I} \text{. . . . . Lig. 8}$$

hvor c altsaa er en af I uafhængig Konstant. Dennes Størrelse er givet i tredje Række af Tab., men synes at variere temmelig meget. I det følgende ville vi imidlertid se, at disse Variationer maa betragtes som tilfældige Fejl, saa at Lig. 8 virkelig har fuldstændig Gyldighed. Indsættes derfor Lig. 8 i Lig. 5, faar man:

$$t = \tau + \frac{r}{cI}$$

og vi kunne nu prøve denne Lignings Gyldighed ved at beregne Værdien af $\frac{r}{cI}$ for de forskellige Værdier af r og I og addere disse Størrelser til τ. De saaledes beregnede Værdier af t skulle da stemme med de maalte. For c maa man, hvis denne virkelig er konstant, tage Middeltallet af de i Tab. VII angivne Størrelser. Dette Middeltal er 0,07616; det er dog ikke dette, der er lagt til Grund for Beregningen af de i Tab. VI angivne Værdier af t, men derimod Tallet $c = 0{,}07740$, som maa antages at være rigtigere, da det er Middeltal af 12 forskellige Bestemmelser, nemlig foruden de ovenfor givne 5 tillige 7 andre, som vi i det følgende ville komme til. De beregnede Værdier af t i Tab. VI er altsaa bestemte af Formlen:

$$t = \tau + \frac{r}{0{,}07740.I}$$

Sammenligner man nu de beregnede og de maalte Tider, ses disse gennemgaaende at stemme meget godt, men Fejlen gaar dog paa et enkelt Sted [$I = 91$, $r = 63$] op til $7{,}2^{\sigma}$. Denne Fejl er dog ikke saa stor, at den er betænkelig, især da den forekommer i en Række, hvor I er saa lille, at Observationerne var meget anstrængende for Øjet. Værre er det imidlertid, at der er en bestemt Gang i Fejlene, idet de beregnede Værdier med ganske enkelte Undtagelser ere mindre end de fundne. Et saadant Forhold er imidlertid ikke andet, end hvad man maatte vente efter den Maade, paa hvilken Forsøgene er udførte, og tages dette med i Betragtning, maa der siges at være god Overensstemmelse mellem Teori og

Erfaring. Som det vil erindres, er Maalingerne udført saaledes, at Skiven blev holdt i Bevægelse med netop saa stor Hastighed at de mindste, her de mørke Sektorer lige kunde skelnes. En ringe Forøgelse af Hastigheden medførte derfor deres Forsvinden, medens en ringe Formindskelse kun medførte, at de traadte lidt tydligere frem. Det turde nu være indlysende, at det er langt lettere at afgøre, om man overhovedet ser noget, eller om man intet ser, end det lader sig afgøre, om det, man ser, netop kan skelnes, eller muligvis træder lidt tydeligere frem. En Forøgelse af Hastigheden ud over den rette, maatte derfor strax blive opdaget, medens en ringe Formindskelse af Hastigheden, især naar Øjet henimod Slutningen af den enkelte Maaling var noget trættet, ikke strax kunde opdages og rettes. Selve Forsøgsanordningen indeslutter altsaa en Mulighed for, at Hastighederne blev for ringe og følgelig de maalte Tider for lange, og det desto mere, jo længere Maalingerne varede, og Øjet derfor trættedes forholdsvis stærkt. Men netop dette træder frem i Resultaterne: de maalte Tider er gennemgaaende for lange i Forhold til de beregnede, og de længste Tider er behæftede med de største Fejl.

Gaa vi derfor ud fra, at der virkelig er saa fuldstændig Overensstemmelse mellem Maalingerne og de for disse fundne Love, som man under de givne Omstændigheder tør vente, saa kan vi give en almindelig Formel for Skelnetidens Afhængighed af Objektet r og Baggrunden I i Forbindelse med visse Konstanter. Indsættes nemlig d taget af Lig. 8 i Lig. 7, faar man:

$$t = k - \frac{\log I}{\log q} + \frac{r}{c\,I} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{Lig. 9.}$$

hvor k, q og c ifølge det tidligere udviklede er Størrelser, der er uafhængige af r og I. Kendes altsaa Værdien af disse Konstanter for et givet Individ, kan Skelnetiden for et hvilketsomhelst mørkt Objekt paa en lysere Baggrund beregnes af Formlen.

Skelnetiden for lyse Objekter paa mørk Grund. I alle de hidtil betragtede Forsøg har man havt $r < I$; vi komme nu til de Tilfælde hvor $r > I$. Det er allerede ovenfor paavist, at saalænge Forholdet mellem de rumlige Størrelser af de to Sektorer er konstant, er det ligegyldigt, hvilken af dem der har den største Klarhed: Skelnetiden maa blive konstant, naar vi ombytte r med I og omvendt. Følgelig har man for $r > I$:

$$t = k - \frac{\log r}{\log q} + \frac{I}{cr} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{Lig. 10.}$$

Sættes her $I = o$, bliver t Skelnetiden for lyse Objekter paa lysløs Baggrund, altsaa den tidligere med τ betegnede Størrelse. Man faar saaledes i dette Tilfælde en med Lig. 6 analog Formel:

$$\tau = k - \frac{\log r}{\log q}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{Lig. 11}$$

Gyldigheden af Lig. 11 har jeg prøvet ligesom Lig. 6 ved Bestemmelsen af k og q ved de mindste Kvadraters Metode paa Grundlag af de i Tab. VI under $I = o$ angivne Maalinger.

Man finder: $k = 55{,}05$; $q = 1{,}381$, hvilke Værdier ses at stemme saa godt, som det kunde ventes, med de for $r = o$ beregnede [se Side 29]. Paa samme Maade som tidligere er nu de til de forskellige Værdier af r svarende τ beregnede, og Resultaterne ere givne i Tab. VI sidste Række. Den største Fejl mellem Maaling og Beregning er her $3{,}0\sigma$, men den forekommer kun en Gang [$r = 27760$], iøvrigt overskrider Fejlen intetsteds $1{,}3\sigma$, og der er altsaa hélt igennem en næsten fuldstændig Overensstemmelse.

Bestemmelsen af Konstanten c i Lig. 10 er udført analogt med den tidligere [se Tab. VII og Forklaringen til denne.] Da jeg overhovedet, for at skaane mine Øjne, ikke har anstillet flere Forsøg end højst nødvendig, har jeg som Tab. VI udviser, kun gjort en enkelt Gruppe Maalinger for variabelt I paa konstant r, men denne er tilstrækkelig til at vise, at Værdien af c virkelig er konstant. Af de to største Forsøgsrækker [$r = 906500$ og $r = 813200$] har jeg ved de mindste Kvadraters Metode bestemt d, hvoraf igen c faas som: $c = \frac{d}{r}$ idet I i Lig. 8 ombyttes med r. Man faar da de i Tab. VIII givne Tal;

Tab. VIII.

I	906500	813200
d	72040	73000
c	0,07949	0,08976

Sammenholdes disse Tal med Tab. VII, ses de at falde fuldstændig indenfor Grænserne af c's Variationer. De to i Tab. VIII givne Værdier er derfor ogsaa, i Forening med fem andre Bestemmelser, som vi komme til i det følgende Afsnit, brugt til den Middeltalsbestemmelse af c, hvis Resultat tidligere er angivet at være $c = 0{,}07740$. De i den øvre højre Del af Tab. VI anførte, beregnede Værdier af t ere fundne af Lig. 10 ved Indsættelse af de tre Konstanter og ved derpaa sukcessivt at tillægge r og I de forskellige sammenhørende Værdier. Ogsaa her er der med ganske enkelte Undtagelser saa god Overensstemmelse mellem de beregnede og de fundne Tal, at Loven maa siges at være godtgjort.

Resultatet af disse Betragtninger bliver altsaa, at vi for Skelnetiden finder følgende to Formler:

for $r < I$ $$t = k - \frac{\log I}{\log q} + \frac{r}{cI} \quad \text{Lig. 9}$$

og for $r > I$ $$t = k - \frac{\log r}{\log q} + \frac{I}{rc} \quad \text{Lig. 10}$$

Disse kunne dog sammenfattes til en. Man ser nemlig, at det stadig er den af Størrelserne τ eller I, som har den mindste Værdi, der indgaar i det tredje Led i Ligningerne, medens den, der har den største Værdi, indgaar baade i andet og tredje Led. Kaldes altsaa Klarheden af den Del af Synsfeltet, der har den mindste Klarhed, uanset om dette er

Objekt eller Baggrund, for m, og Klarheden for den Del, der har den største, for M, saa kunne de to Ligninger under et skrives:

$$t = k - \frac{\log M}{\log q} + \frac{m}{c\,M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ Lig. 12}$$

I denne Skikkelse bliver Ligningen lettest at anvende, fordi man her ikke behøver at tage Hensyn til, hvad der er Objekt, og hvad der er Baggrund. Er i et givet Tilfælde $r < I$, saa sættes ligefrem $m = r$, $M = I$, og Ligning 12 gaar da over til Lig. 9; er $r > I$ gaar Ligningen paa analog Maade over til Lig. 10.

Inden vi afslutte disse Betragtninger vil det have sin Interesse at sammenligne vort Resultat med Exners. Exner kommer nemlig til følgende Sætning: at Iagttagelsestiden aftager i aritmetisk Progression, naar Belysningens Styrke voxer i geometrisk Progression [1]). Der er saaledes fuldstændig Overensstemmelse mellem Exners og mit Resultat, ti naar Belysningen varierer, medens iøvrigt Synsfeltet er uforandret, bliver Forholdet $\frac{m}{M}$ konstant. Man har i saa Fald: $\frac{m}{M} = C$ hvor C er en Konstant, og Udtrykket for t [Lig. 12] gaar over til:

$$t = k + \frac{C}{c} - \frac{\log M}{\log q} = \text{Konst} - \frac{\log M}{\log q}$$

som netop er det matematiske Udtryk for Exners Lov [jvf. Lig. 6].

Skelnetiden ved konstant „Egenlys“.

Anledningen til de Forsøg, som nu skulle omtales, var den tilfældige Omstændighed, at jeg under nogle af de i forrige Afsnit omtalte Maalinger glemte at lukke Laagen paa den Blændlygte, som tjente til Belysning af Kronometret. Lyset faldt derved under Forsøget paa det Papir, paa hvilket Resultaterne noteredes, og reflekteredes derfra til Øjet. Skøndt dette generede mig en Del, lagde jeg ikke stor Vægt derpaa, men Maalingerne viste snart, at en saadan fremmed Faktor ikke ustraffet kunde indføres, idet alle de vundne Resultater faldt helt udenfor den Lov, som allerede kunde spores i de tidligere fundne Tal. Naturligvis blev Forsøgene derfor gjort om med Iagttagelse af den fornødne Forsigtighed overfor reflekteret Lys, men ved Betragtning af de urigtige Tal viste der sig ogsaa i disse en vis Lovmæssighed, saa at jeg fandt mig foranlediget til at undersøge Sagen nærmere.

Som bekendt har Fechner og flere andre Forskere betragtet den konstante indre Irritation af Øjet, der sædvanlig kaldes Egenlyset, som i det mindste en medvirkende

[1]) Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 1868. S. 624.

Aarsag til, at Webers Lov ikke gælder ved meget svage Intensiteter. Noget nærmere ved man vel ikke om Egenlyset, da dette er saa svagt, at det hidtil har unddraget sig al nøjagtig Maaling, men at det kan have nogen Indflydelse paa vore Iagttagelser ved svage Belysninger, i Forhold til hvilke dets egen Styrke ikke uden videre kan sættes lig Nul, synes utvivlsomt. Det er nu imidlertid indlysende, at hvad enten en saadan Irritation skyldes indre Aarsager eller den kunstig fremkaldes ved ydre Paavirkning, maa dens Indflydelse blive den samme om end med den Forskel, som hidrører fra den i sidste Tilfælde betydelig forøgede Styrke. Hvis man derfor anstiller en Række Iagttagelser først med fuldstændig adapteret Øje og derpaa gentager den samme Forsøgsrække, medens Nethinden under Forsøgene holdes konstant irriteret ved en fremmed Lyskilde, saa vil en Sammenligning af Resultaterne i disse to Rækker vise Betydningen af det normale Egenlys i stærkt forstørret Maalestok. Der synes saaledes her at aabne sig en Udvej til at efterspore Egenlysets Indflydelse ved de psykofysiske Forsøg, og jeg har nu foreløbig benyttet Metoden ved Bestemmelsen af Skelnetiden. Ved det i Overskriften til dette Afsnit nævnte «Egenlys» maa altsaa forstaas en saadan kunstig konstant Irritation af Nethinden ved en fremmed Lyskilde.

Hvad angaar Anordningen af disse Forsøg, saa var den allerede i alt væsenligt givet ved den Uagtsomhed, der førte mig ind paa Sagen. Min Lygte bestod af en lille Petroleumlampe, der let lod sig regulere, og i Stedet for det Papir, der tjente til Notering af Resultaterne, og hvis Dimensioner og Klarhed jævnlig varierede, anbragte jeg paa samme Sted et Stykke hvidt Papir. Hvormeget Lys der nu herfra reflekteredes til Øjet, har jeg ikke fundet det Umagen værd at bestemme, da denne Størrelse jo er rent vilkaarlig og de ved Forsøgene fundne Tider uden nogetsomhelst selvstændigt Værd; alt hvad det her kommer an paa er om muligt at finde en bestemt Lov for en saadan konstant Irritations Indflydelse. Er Irritationen stærk, saa vil dens Indflydelse kunne spores endnu ved stærke Paavirkninger, er den meget svag, som ved det naturlige Egenlys, træder den kun mærkeligt frem ved de allersvageste Paavirkninger, men i alle Tilfælde tør Loven for dens Indflydelse antages at være den samme, saa at det kun drejer sig om at finde denne Lov. Jeg regulerede derfor blot den lille Lampe, som præsterede «Egenlyset», saaledes, den kunstige Irritation ingen mærkelig Indflydelse fik ved de stærkeste af de anvendte Klarhedsgrader, hvorved det blev lettere at sammenligne de nye Forsøg med de tidligere.

Resultaterne af Forsøgene med kunstigt Egenlys er givet i Tab. IX, der er ordnet ganske som Tab. VI, kun findes her ingen Undersøgelser over lyse Objekter paa mørk Grund [$r > I$], da der er saa stor Overensstemmelse mellem disse og de tidligere Forsøg, at man uden videre tør overføre den Lov, der findes for $r < I$, paa Forholdet $r > I$ ved ligefrem Ombytning af r og I. Klarhedsgraderne er iøvrigt de samme som i Tab. VI. —

Tab. IX.

$I =$ r	906500	813200	634900	262500	112300	27760	15776	9065	8132	6349	2625	1123	278	158	91	81	63	26	11	0
906500																				
813200																				
634900	22,7 *21,4*	26,3 *23,6*																		
262500	17,8 *16,0*	20,3 *17,7*																		
112300	14,4 *13,9*	16,9 *15,3*																		
27760	13,5 *12,7*	15,3 *13,9*																		
15776	12,9 *12,5*	14,0 *13,8*																		
9065																				
8132																				
6349								40,8 *38,9*	41,6 *42,1*											
2625								38,4 *33,5*	38,8 *36,2*											
1123								33,9 *31,4*	34,9 *33,9*											
278								33,0 *30,2*	34,3 *32,5*											
158								31,4 *30,0*	33,3 *32,4*											
91																				
81																				
63															73,4 *72,7*					
26															67,3 *67,3*					
11															65,7 *65,2*					
2,8															64,4 *64,0*					
1,6															64,1 *63,8*					
0	12,3 *12,3*	13,5 *12,5*	14,3 *13,1*	16,6 *15,4*	19,8 *17,9*	25,8 *23,0*	27,9 *25,5*	29,8 *28,1*	32,1 *28,7*	33,8 *30,0*	36,9 *35,2*	42,5 *41,0*	52,1 *52,7*	59,1 *58,3*	63,6 *64,5*	68,8 *65,8*	72,5 *68,7*	79,6 *80,6*		

De med *Kursiv* trykte ere de beregnede Værdier.

Undersøger man nu til at begynde med, hvorledes t varierer med r for konstant I, saa finder man et med Fig. 5 ganske analogt Forhold, saa at man altsaa ogsaa her kan sætte:

$$t = \tau + \frac{r}{d} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. } 13$$

hvor Bogstaverne have den samme Betydning som i Lig. 5. Der bliver saaledes igen Spørgsmaal om, hvorledes τ og d variere med I, og vi begynde her ligesom tidligere med en Betragtning af τ. Da denne Størrelse er Skelnetiden for lysløse Objekter paa lyse Baggrunde, saa vil altsaa nederste Række [$r = o$] i Tab. IX direkte give et Overblik over dens Varitationer med I. Her viser der sig nu et meget kompliceret Forhold, idet τ voxer langt stærkere end i aritmetisk Progression, naar I aftager i geometrisk. Dette ses bedst, naar man udtager en Række Værdier af I med tilnærmelsesvis konstant Kvotient $^1/_{10}$ og vedføjer de fundne Værdier af τ, f. Ex.:

I =	906500 . . .	112300 . . .	9065 . . .	1123 . . .	91
τ =	12,3 . . .	19,8 . . .	29,8 . . .	42,5 . . .	63,6
Differensen =		7,5	10,0	12,7	21,1

I nederste Række er angivet Differensen mellem de sukcessive Værdier af τ, og denne Differens ses stadig at voxe. Nogen egenlig Lov for denne Væxt træder vel ikke frem, men allerede en lille Fejl paa de enkelte Værdier af τ vil ogsaa let kunne maskere Lovmæssigheden i Differenserne fuldstændig. Hvis man f. Ex. i Stedet for de virkelige Differenser sætter Rækken: 8, 10, 14, 22, saa vilde der være en ganske enkel Lovmæssighed mellem Is og τs Varitationer, og den tænkte Række af Differenser afviger paa ethvert Punkt saa lidt fra den fundne, at Afvigelsen let kan forklares ved Iagttagelsesfejlene. Lægger man den antagne Række af Differenser til Grund, saa vilde Loven blive følgende: naar I aftager med konstant Kvotient, voxer τ med en Differens, der faar en stadig fordoblet Tilvæxt. [$10 = 8 + 2$, $14 = 10 + 4$, $22 = 14 + 8$]. Den samme Lov træder frem i følgende Række:

I =	262500 . . .	27760 . . .	2625 . . .	278 . . .	28
τ =	16,6 . . .	25,8 . . .	36,9 . . .	52,1 . . .	79,6
Differensen =		9,2	11,1	15,2	27,5
antaget Diff. =		9,5	12	17	27

Her er ogsaa τ's Differenser voxende med stadig fordoblet Tilvæxt. [$12 = 9{,}5 + 2{,}5$; $17 = 12 + 5$; $27 = 17 + 10$]. Gennemgaar man paa denne Maade alle de forskellige Værdier af I, mellem hvilke der er en tilnærmelsesvis konstant Kvotient, finder man overalt Loven gyldig, uden at Afvigelserne nogetsteds synes at løbe op til mere end et Par Tusindedels-Sekunder. Vi tør derfor antage, at samtlige Maalinger lade sig indordne under denne Lov, og have altsaa blot at formulere den. Det er da indlysende, at naar τ's Differenser voxe med en stadig fordoblet Tilvæxt, naar I aftager med Kvotienten $^1/_{10}$, saa maa der gives en Kvotient, med hvilken I skal aftage, for at selve Differenserne mellem Værdierne af τ skal fordobles. Og dette vil blandt andet finde Sted, naar τ stadig voxer til det dobbelte, hvergang I aftager med en saadan bestemt Kvotient. Sætte vi altsaa $\tau = k_1$ for $I = 1$, og kalde vi den Kvotient s, med hvilken I skal voxe, for at τ skal aftage til det halve, saa faa vi følgende Række:

$$I = 1 \; . \; . \; . \; s \quad . \; . \; . \; s^2 \quad . \; . \; . \; s^3 \quad . \; . \; . \; s^n$$

$$\tau = k_1 \; . \; . \; . \frac{1}{2} k_1 \; . \; . \; . \frac{1}{4} k_1 \; . \; . \; . \frac{1}{8} k_1 \; . \; . \; . \left(\frac{1}{2}\right)^n k_1$$

Man har altsaa almindeligt:

$$\tau = \left(\frac{1}{2}\right)^n k_1 \quad \text{naar: } I = s^n \quad \text{heraf faas:}$$

$$n = \frac{\log \frac{\tau}{k_1}}{\log \frac{1}{2}} \quad \text{og} \quad n = \frac{\log I}{\log s} \quad \text{følgelig: } \log \frac{\tau}{k_1} = \frac{\log \frac{1}{2}}{\log s} \log I$$

Sættes her: $p_1 = \frac{\log \frac{1}{2}}{\log s} = -\frac{\log 2}{\log s}$ saa er p_1 altsaa negativ, da s ifølge sin Natur er positiv og > 1. Sætter man derfor: $p = -p_1$ faar man:

$$\log . \frac{\tau}{k_1} = p_1 \log I = -p \log I = \log I^{-p}$$

Følgelig maa ogsaa:

$$\frac{\tau}{k_1} = I^{-p} \quad \text{eller} \quad \tau = k_1 \, I^{-p} = \frac{k_1}{I^p} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{Lig. 14}$$

Konstanten k_1 ses her netop at blive Værdien af τ for $I = 1$, hvorfor den naturligvis er afhængig af den valgte Klarhedsenhed, medens p er ganske uafhængig heraf. Da s er den Kvotient, med hvilken I skal voxe, for at τ skal aftage til det halve, er s naturligvis uafhængig af den valgte Klarhedsenhed, da Forholdet mellem Klarhederne er uafhængig af den Enhed, i hvilken de udtrykkes. Men hvis s saaledes er uafhængig heraf, maa p ogsaa være det, da man har: $p = \frac{\log 2}{\log s}$, hvilken Omstændighed vi senere paa flere Punkter vil komme til at benytte os af.

For at prøve, hvorvidt Lig. 14 virkelig stemmer med de fundne Værdier af τ, maa vi bestemme Konstanterne k_1 og d. Dette kan dog ikke ske direkte ved de mindste Kvadraters Metode, men tages Logaritmen af Ligningen, faar man:

$$\log \tau = \log k_1 + (-p) \log I$$

og i denne Skikkelse kan Udligningsmetoden benyttes, idet $\log k_1$ og $-p$ betragtes som de ubekendte. Ganske vist bliver det i saa Fald ikke k_1 men $\log k_1$, der faar Minimum af Afvigelse, men da det jo ikke drejer sig om en nøjagtig Bestemmelse af Konstanterne men kun om at prøve, hvorvidt Loven gælder eller ej, turde denne Fremgangsmaade være tilstrækkelig. Gennemføres Beregningerne finder man: $k_1 = 145{,}2$ og $p = 0{,}1800$. Beregnes herefter de sandsynlige Værdier for τ ved Lig:

$$\tau = \frac{145{,}2}{I^{0,18}}$$

faar man de i nederste Række i Tab. IX angivne Værdier, som ses at stemme ganske godt med de fundne. Fejlen gaar vel et enkelt Sted op til $3{,}8\ \sigma$, og de beregnede Værdier ere mærkelig nok gennemgaaende lidt for smaa, men da de ejendommelige Forsøgsomstændigheder gjorde det forholdsvis vanskeligt at faa nøjagtige Maalinger, maa Overensstemmelsen vistnok betragtes som tilstrækkelig. Indsættes nu τ taget af Lig. 14 i Lig. 13, faar man:

$$t = \frac{k_1}{I^p} + \frac{r}{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{Lig. 15}$$

hvor endnu blot d's Varitationer bliver nærmere at undersøge. Dette kræver ligesom tidligere først en Bestemmelse af d ved Hjælp af Lig. 13 for de fem Forsøgsrækker, som Tab. IX viser, og denne er udført analogt med de tidligere Bestemmelser af d ved de mindste Kvadraters Metode. Man faar derved de i Tab. X angivne Værdier:

Tab. X.

I	906500	813200	9065	8132	91
d	63430	52540	690,5	762,5	6,728
c	0,06998	0,06462	0,07619	0,09376	0,07423

Da d her ligesom i Tab. VII og Tab. VIII ses at aftage tilnærmelsesvis proportionalt med I, gælder altsaa ogsaa her Lig. 8, hvorefter man har: $d = c\,I$. De heraf beregnede Værdier for c findes angivne i nederste Række, og disse ses ved Sammenligning med Tab. VII og VIII at stemme — indenfor de uundgaaelige Fejlgrænser — med de der givne Værdier af c. Det bliver saaledes berettiget at antage, at det er den samme Konstant c, der gør sig gældende ved Skelneprocessen saavel ved fuldstændig Adaptation som ved det konstante kunstige Egenlys. Af denne Grund har jeg benyttet Middeltallet 0,07740 af samtlige de i Tab. VII, VIII og X givne Værdier af c til Beregning af de sandsynlige Værdier af t. De for de sidst omtalte Forsøgsrækkers Vedkommende beregnede t findes angivet i Tab. IX, og da Fejlen her falder paa samme Maade som ved de tidligere Beregninger, tør der altsaa ogsaa her antages at være Overensstemnelse mellem Teori og Erfaring.

Indsættes nu Udtrykket for d ved c i Lig. 15, faa vi altsaa den fuldstændige Formel for Skelnetiden i det Tilfælde, hvor Øjet er underkastet en konstant Irritation at være:

for $r < I$ $$t = \frac{k_1}{I^p} + \frac{r}{cI} \quad \text{Lig. 16.}$$

og analogt hermed maa man have:

for $r > I$ $$t = \frac{k_1}{r^p} + \frac{I}{cr} \quad \text{Lig. 17.}$$

hvilke Formler med de tidligere [Lig. 12] brugte Betegnelser kunne sammentrækkes til:

$$t = \frac{k_1}{M^p} + \frac{m}{cM} \quad \text{Lig. 18.}$$

Der rejser sig nu naturligt det Spørgsmaal, i hvilket Forhold de to i Lig. 12 og Lig. 18 givne Love staa til hinanden. Og det vil neppe være vanskeligt at paavise, at de ligefrem tjene til gensidig Supplering. Lig. 12 giver os et Udtryk for Skelnetiden under Forudsætning af, at Øjets Egenlys ikke har nogen mærkelig Styrke i Forhold til de Lyspaavirkninger, der udløse Fornemmelserne. Lig. 18 giver os derimod et tilsvarende Udtryk for Skelnetiden under Forudsætning af, at Egenlysets Styrke ikke er Nul i Forhold til Paavirkningernes. Under naturlige Forhold, hvor vi ikke kunstigt fremkalde et Egenlys, vil derfor Lig. 12 gælde saa langt ned, indtil det naturlige Egenlys faar en mærkelig Indflydelse; fra dette Punkt at regne vil Lig. 18 gælde. Rigtigheden heraf ville vi senere faa Lejlighed til at prøve, idet vi netop ved at anvende de to Ligninger paa den omtalte Maade blive i Stand til at hæve forskellige Vanskeligheder, som Psykofysikerne i det mindste hidtil ikke have kunnet overvinde.

Skelneloven.

Formulering af Loven.

Et af Psykologiens Hovedspørgsmaal er dette: hvilke ydre, fysiske Betingelser maa være opfyldte, for at en Forskel mellem to Fornemmelser netop skal kunne mærkes? I ren Almindelighed lader dette Spørgsmaal sig ikke besvare. En bestemt Angivelse af Forskel kræver nemlig, at de to Størrelser, mellem hvilke Forskellen bestaar, overhovedet kunne sammenlignes, kunne udtrykkes i samme Enhed; mellem inkommensurable Størrelser lader der sig aabenbart lige saa lidt tale om Forskel som om Lighed. Fornemmelserne fra forskellige Sanseomraader synes nu at være saadanne inkommensurable Størrelser; at angive Forskellen mellem Fornemmelserne rødt og bittert turde være lige saa umuligt som at angive deres Lighed. Det omtalte Spørgsmaal lader sig derfor kun besvare under Forudsætning af, at de to Fornemmelser tilhøre samme Sansemodalitet. Men heller ikke indenfor disse Grænser er Problemet i Almindelighed løseligt, da Fornemmelser fra samme Modalitet kunne være forskellige i flere Henseender. To Farver f. Ex. kunne være forskellige saavel i Henseende til Farvetone som til Mætningsgrad og Lysning, og der kan da spørges om, hvilke fysiske Betingelser der skulle være opfyldte, for at en Forskel i en af disse Henseender netop skal kunne mærkes. For at besvare dette maa man altsaa foreløbig se bort fra, at der ogsaa er Forskel i andre Henseender end den ene, hvorom Talen er, og en saadan Abstraktion opnaas naturligvis lettest, saafremt disse andre Forskelle slet ikke existere, saafremt med andre Ord Fornemmelserne ere ens i alle andre Henseender undtagen den ene, der skal undersøges. To Fornemmelser, der kun ere forskellige i en Henseende, medens alt andet er lige, ville vi kalde «entydig» forskellige. Ved ydre Paavirkning at frembringe en Række af entydig forskellige Fornemmelser er rimeligvis altid muligt, men kræver ofte komplicerede Apparater og Iagttagelsen af mange Forsigtighedsregler. Ti fordi man lader en bestemt Paavirkning variere i blot en Henseende, er det ingenlunde givet, at den derved fremkaldte Fornemmelsesrække er entydig forskellig. Saaledes er det velbekendt, at man ved blot at variere Æterbølgernes Svingningstal men lade Svingningsamplituderne uforandret ikke faar en Række entydig forskellige Fornemmelser; de fremkaldte Farvefornemmelser ere ikke alene forskellige i Henseende til Farvetone men ogsaa til Lysning, og det bliver derfor vanskeligt at fremkalde en Række Farvefornemmelser, der kun ere forskellige i Henseende til Farvetone. Paa alle Sanseomraader synes imidlertid en Række entydig forskellige Fornemmelser lettest at kunne fremkaldes, naar man lader Paavirkningens Art være konstant, medens dens Styrke varierer; de saaledes fremkaldte Fornemmelser siges sædvanlig at være intensivt forskellige. Hvorvidt nu Leddene i en saadan Fornemmelsesrække virkelig ere entydig forskellige, kan være vanskeligt at afgøre, men da det ved de experimentale Undersøgelser kun kommer an paa, at Forskellen i andre Henseender er umærkelig, og da dette let kan naas ved de intensivt forskellige Fornemmelser, saa kan en saadan Række betragtes som entydig, selv om den ikke absolut taget er det. Og da nu som sagt en Række tilnærmelsesvis entydigt forskellige Fornemmelser lettest lader sig frembringe, naar Rækken er intensivt forskellig, saa have de experimentale Psykologer hidtil saa godt som udelukkende holdt sig til saadanne Rækker, og det er ogsaa kun om disse, at Talen vil blive i det følgende.

Da de saakaldte, blot intensivt forskellige Fornemmelser fremkaldes ved, at en ydre Paavirknings Styrke men ikke dens Art varierer, saa kan det oprindelige Spørgsmaal for disse Fornemmelsers Vedkommende præciseres saaledes: Hvilken Relation maa der bestaa mellem Styrken af to Paavirkninger af samme Art, naar der netop skal kunne mærkes en Forskel mellem de udløste Fornemmelser? Dette Problem er først af Weber søgt besvaret ad experimental Vej, og han kom til det Resultat: at Forholdet mellem Paavirkningernes Styrke maa være konstant, naar Forskellen mellem de udløste Fornemmelser netop skal kunne skelnes. Betegne vi nu den større eller mindre Lethed, med hvilken en Fornemmelsesforskel skelnes, eller med andre Ord Fornemmelsesforskellens Mærkelighedsgrad med μ, saa kan Grænsen for Mærkeligheden efter sædvanlig matematisk Sprogbrug betegnes $\lim \mu$. Er endvidere r_1 og r_2 Styrken af to Paavirkninger, der fremkalde Fornemmelser, hvis Forskel er netop mærkelig, saa kan Webers Lov formuleres saaledes:

$$\lim \mu = c \quad \text{naar} \quad \frac{r_2}{r_1} = c_1 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{Lig. 19}$$

hvor c og c_1 ere Konstanter. Ved denne Opfattelse af Webers Lov, der, som Wundt har paavist, er den eneste berettigede, fordi den intetsomhelst hypotetisk indeslutter, er man dog ikke bleven staaende, idet man har antaget, at man fra en Fornemmelsesforskels Mærkelighedsgrad kunde slutte noget om selve Fornemmelsernes Intensitetsforhold. Herimod have dog forskellige Forskere protesteret, idet de have indvendt, at den Omstændighed, at en Række entydig forskellige Fornemmelser kaldes intensivt forskellige, ikke uden videre berettiger os til at antage Intensitetsforskelle mellem vore Fornemmelser. Hvorvidt denne Indvending er berettiget, skal ikke undersøges her; hvis Antagelsen af virkelige Intensitetsforskelle skulde vise sig frugtbar for Videnskaben, ere de Argumenter, man har anført imod den, neppe saa vægtige, at man af den Grund behøver at lade Hypotesen falde. Fechner, som vel var den første, der ud fra Webers Lov søgte at drage Slutninger om Fornemmelsernes Intensitetsforskelle, gik ud fra den Antagelse, at der maatte være en konstant Forskel mellem to Fornemmelser, naar Forskellen mellem dem var netop mærkelig. Kalde vi Intensiteten af de to Fornemmelser, som udløses af Paavirkningerne r_1 og r_2, for f_1 og f_2, saa kan Webers Lov i den hypotetiske Skikkelse, som Fechner har givet den, formuleres:

$$f_2 - f_1 = c_2 \quad \text{naar} \quad \frac{r_2}{r_1} = c_1 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; \text{Lig. 20}$$

hvor c_1 og c_2 ere Konstanter. Denne Lov kan ogsaa bringes paa en anden Form. Kaldes nemlig den til Paavirkningen r_3 svarende Fornemmelse f_3, saa har man analogt med Lig. 20:

$$f_3 - f_2 = c_2 \quad \text{naar} \quad \frac{r_3}{r_2} = c_1$$

hvoraf følger:

$$f_2 - f_1 = f_3 - f_2 \quad \text{naar} \quad \frac{r_2}{r_1} = \frac{r_3}{r_2} \quad \text{eller} \quad r_2 = \sqrt{r_1 . r_3} \; . \; . \; . \; \text{Lig. 21}$$

Af den Antagelse, at der til en netop mærkelig Forskel mellem to Fornemmelser svarer en konstant Differens mellem Fornemmelsernes Intensitet — den saakaldte «Forskelshypotese» — følger altsaa, at der vil være ligestore Differenser mellem tre Fornemmelser, naar den Paavirkning, som udløser den mellemste Fornemmelse, er den geometriske Mellemproportional mellem de to andre Paavirkninger.

Ved Siden af Fechners Forskelshypotese har Plateau og Brentano opstillet en saakaldt «Forholdshypotese», idet de antog, at der til en netop mærkelig Forskel mellem to Fornemmelser svarede et konstant Forhold mellem disse. Med de tidligere Betegnelser lader denne Hypotese sig formulere saaledes:

$$\frac{f_2}{f_1} = c_2 \quad \text{naar} \quad \frac{r_2}{r_1} = c_1 \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 22}$$

For en ny Paavirkning af r_3, der udløser Fornemmelsen f_3, faar man altsaa analogt:

$$\frac{f_3}{f_2} = c_2 \quad \text{naar} \quad \frac{r_3}{r_2} = c_1.$$

Man har altsaa:

$$f_2 = c_2 f_1 \text{ og } f_3 = c_2 f_2 \quad \text{naar} \quad r_2 = c_1 r_1 \text{ og } r_3 = c_1 r_2 \text{ hvoraf:}$$

$$f_3 - f_2 = c_2(f_2 - f_1) \text{ naar } r_3 - r_2 = c_1(r_2 - r_1). \ldots\ldots \text{Lig. 23}$$

Af denne sidste Ligning lader sig intet af Betydning udlede, medmindre man som i den nyeste Tid Merkel[1]) ganske vilkaarligt sætter: $c_1 = c_2$. Man har da:

$$\frac{f_3 - f_2}{f_2 - f_1} = \frac{r_3 - r_2}{r_2 - r_1}$$

altsaa hvis:

$$f_3 - f_2 = f_2 - f_1 \quad \text{maa} \quad r_3 - r_2 = r_2 - r_1 \text{ eller } r_2 = \frac{r_3 + r_1}{2} \ldots \text{Lig. 24}$$

Eller med Ord: der vil være ligestore Differenser mellem tre Fornemmelser, naar den Paavirkning, der udløser den mellemste Fornemmelse, er den aritmetiske Mellemproportional mellem de to andre Paavirkninger.

Sammenligner man nu de to Love Lig. 20 og Lig. 22 med den oprindelige Weberske Lov, saa ses de begge at stemme med denne deri, at der til en netop mærkelig Fornemmelsesforskel kræves et konstant Forhold mellem Paavirkningerne. Derimod stemmer kun den Fechnerske Antagelse, «Forskelshypotesen», i sine Konsekvenser med Webers Lov. For to lige mærkelige Fornemmelsesdifferenser vil denne sidste nemlig fordre et konstant Forhold mellem Paavirkningernes Styrke, hvilket ogsaa fremgaar af Fechners Lov [Lig. 21]; af Merkels Formulering af «Forholdshypotesen» følger derimod for dette Tilfælde Lig. 24. Ingen af alle disse Formler viser sig dog at stemme nøjagtig med Erfaringen, mindst af alle Merkels — tiltrods for hans Paastand herom — hvilket senere skal blive paavist. Til at forklare disse Uoverensstemmelser staar der dog endnu forskellige Udveje aabne. Man kan enten antage, at Webers Lov som saa mange fysiske Love er et idealt Udtryk for et Forhold, som vilde finde Sted, hvis fremmede Faktorer ikke uophørlig greb ind og fremkaldte Perturbationer, og denne Opfattelse turde vel være den

[1]) Phil. Stud. Bd. IV, S. 547.

almindeligste blandt Psykofysikerne. Eller ogsaa kan man antage, at Webers Lov ikke er et nøjagtigt Udtryk for Forholdet mellem Paavirkningernes Styrke og Fornemmelsernes Mærkelighedsgrad, og man kan da søge, enten ad teoretisk Vej eller gennem nøjagtige Maalinger, at finde en Formel, der stemmer bedre med Erfaringen. Forsøg i denne Retning er gjort af Helmholtz og Delboeuf, uden at der dog endnu er naaet fuld Overensstemmelse mellem Teori og Erfaring. Problemet om det nøjagtige Afhængighedsforhold mellem Paavirkningernes Styrke og Fornemmelsesdifferensernes Mærkelighedsgrad er saaledes endnu et aabent Spørgsmaal. I det følgende skal jeg forsøge at give et Bidrag til dets Besvarelse, der, saa vidt jeg kan se, ikke blot opstiller en i teoretisk Henseende naturlig Relation, men tillige kommer Erfaringerne betydelig nærmere end Webers Lov eller nogen af de Formler, hvorved man har forsøgt at erstatte denne.

Paa Forhaand synes det i og for sig højst usandsynligt, at der mellem to saa vidt adskilte Led som Paavirkningerne og Fornemmelsesdifferensernes Mærkelighedsgrad skulde bestaa en enkel Relation. De to nævnte Led ere jo Yderleddene i en lang Række af fysiske, psykofysiske og psykiske Processer, og man maatte derfor vente, at det nøjagtige Udtryk for disse Størrelsers indbyrdes Forhold blev meget kompliceret. Kunde man derimod finde et Udtryk for Forholdet mellem den centrale Skelneproces og Fornemmelsesdifferensens Mærkelighedsgrad, saa var der større Sandsynlighed for, at dette vilde faa en enkel matematisk Form. I det foregaaende have vi nu undersøgt Skelneprocessens Tidsvarighed, og vi have fundet et matematisk formuleret Udtryk for Skelnetidens Afhængighed af Paavirkningens Styrke. Hvis det nu kunde lykkes at finde en Relation mellem Skelnetiden og Fornemmelsesforskellens Mærkelighedsgrad, saa vilde dermed jo tillige være givet Forholdet mellem denne og Paavirkningens Styrke.

Et saadant Forhold synes nu virkelig at kunne findes. Alle vore foregaaende Maalinger vise nemlig [Tab. VI og IX], at jo lettere en Fornemmelsesdifferens kan skelnes, desto kortere er ogsaa Skelnetiden. Vi opfatte lettere en Forskel mellem sort og hvidt end mellem sort og mørkgraat, og vi opfatte denne Forskel lettere ved stærk Belysning end ved svagere. I Overensstemmelse hermed voxer Skelnetiden, naar Klarhedsforskellen mellem Objekt og Baggrund aftager. Det bliver derfor en ret sandsynlig Hypotese, at der til konstant Mærkelighedsgrad af en Fornemmelsesdifferens svarer en konstant Værdi af Skelnetiden. Bevise denne Sætning kan man naturligvis ikke direkte, det er en Hypotese, hvis Berettigelse alene afhænger af, om den kan bruges til at forklare noget. Det vil imidlertid vise sig, at den Lov, som under Forudsætning af Hypotesens Gyldighed lader sig udlede for Forholdet mellem Paavirkningernes Styrke og Fornemmelsesdifferensernes Mærkelighedsgrad, stemmer langt bedre med Erfaringen end den Weberske eller nogen af de hidtil opstillede Korrektioner af denne. I det følgende skal det være vor Opgave at paavise dette.

Lad μ være Mærkelighedsgraden af en given Fornemmelsesforskel, t Skelnetiden; vi kunne da formulere den nævnte Hypotese saaledes:

$$\mu = C \quad \text{naar} \quad t = C_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 25}$$

hvor C og C_1 ere Konstanter. Denne Lov ville vi kalde «Skelneloven». Heraf lader der sig nu let aflede et Udtryk for Relationen mellem Mærkelighedsgraden og de Paavirkninger, som fremkalde Fornemmelserne. Vi behøve nemlig blot for t at sætte de i Lig. 12 og Lig. 18 givne Udtryk, og komme derved til følgende Formler:

A. For Paavirkninger, hvis Styrke er saa stor, at Øjets Egenlys kan lades ude af Betragtning:

$$\mu = C; \quad k - \frac{\log M}{\log q} + \frac{m}{cM} = C_1 \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 26}$$

B. For Paavirkninger, hvis Styrke ikke er uendelig stor i Forhold til Øjets Egenlys:

$$\mu = C; \quad \frac{k_1}{M^p} + \frac{m}{c.M} = C_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 27}$$

Det bliver nu ikke vanskeligt af disse Formler at aflede Udtryk, hvis Gyldighed kan prøves ved de sædvanlige experimentale Metoder. Lad r_1 og r_2 være to Paavirkninger, af hvilke $r_1 < r_2$, og som have en saadan Styrke, at de udløste Fornemmelsers Differens er netop mærkelig. Man faar da af Lig. 26 en Formel, der kan prøves ved de netop mærkelige Forskelles Metode, idet der til:

$$\lim \mu = C \quad \text{altsaa svarer:} \quad k - \frac{\log r_2}{\log q} + \frac{r_1}{cr_2} = C_1 \ldots\ldots \text{Lig. 28}$$

hvoraf: $\dfrac{r_1}{cr_2} = C_1 - k + \dfrac{\log r_2}{\log q}$; $\dfrac{r_1}{r_2} = c(C_1 - k) + \dfrac{c}{\log q} . \log r_2$.

Sættes her: $c(C_1 - k) = K_1$ og $\dfrac{c}{\log q} = K_2$, faar man:

$$\frac{r_1}{r_2} = K_1 + K_2 \log r_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 29}$$

hvor K_1 og K_2 maa være Konstanter. Paa ganske tilsvarende Maade faar man af Lig. 27:

$$\lim \mu = C; \quad \frac{k_1}{{r_2}^p} + \frac{r_1}{cr_2} = C_2 \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 30}$$

hvoraf følger: $\dfrac{r_1}{r_2} = C_2 . c - \dfrac{ck_1}{{r_2}^p}$.

Sættes nu her: $C_2.c = K_3$ og $ck_1 = K_4$, hvor K_3 og K_4 ifølge deres Afledning er Konstanter, faar man:

$$\frac{r_1}{r_2} = K_3 - \frac{K_4}{{r_2}^p} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 31}$$

Har man derimod tre Paavirkninger, $d < v < h$, der ere saaledes afpassede, at Mærkelighedsgraden mellem to og to Fornemmelsesdifferenser ere ligestore, saa har man ifølge Lig. 26, naar Mærkelighedsgraderne kaldes henholdsvis μ og μ_1:

$$\mu = \mu_1; \quad k - \frac{\log v}{\log q} + \frac{d}{cv} = k - \frac{\log h}{\log q} + \frac{v}{ch}$$

hvoraf:

$$\frac{d}{cv} = \frac{v}{ch} - \frac{1}{\log q}(\log h - \log v)$$

eller:

$$\frac{d}{v} = \frac{v}{h} - \frac{c}{\log q}(\log h - \log v); \quad \frac{d}{v} = \frac{v}{h} - K_5(\log h - \log v) \quad . \ . \text{ Lig. } 32.$$

hvor $K_5 = \frac{c}{\log q}$ vil være en Konstant. I Lig. 32 har man altsaa en Formel, der kan prøves ved Middelgradationernes Metode. — Betragtes nu Lig. 29 og Lig. 32 nærmere, saa falder det strax i Øje, at disse Formlers første Led svarer ganske til den Weberske Lov, men desuden indeholde begge Ligninger endnu et Led, i hvilket kun Paavirkningernes Logaritmer indgaa. Disse Led medføre altsaa en med Paavirkningernes Styrke stadig varierende men meget lille Afvigelse fra Webers Lov, og der synes saaledes paa Forhaand at være stor Sandsynlighed for, at de to under Forudsætning af Skelnelovens Gyldighed udviklede Love kunne stemme med Erfaringen, som netop viser saadanne Afvigelser fra Webers Lov. Vi gaa nu over til nærmere at prøve, hvorvidt dette er Tilfældet.

Lovens Gyldighed prøvet ved Auberts og Delboeufs Forsøg.

Der foreligger allerede saa mange, under de forskelligste Omstændigheder udførte Forsøg, hvis Formaal have været en Prøve af den Weberske Lovs Gyldighed, at der neppe foreløbig er Trang til nye Bestemmelser af denne Art. Og her, hvor det nærmest er Opgaven at vise, at Skelneloven kan træde i Stedet for Webers Lov og bedre end denne er i Stand til at forklare de foreliggende Kendsgerninger, er der al mulig Grund til ikke at forøge Forsøgenes Antal men blive staaende ved det allerede forhaanden værende Forsøgsmateriale. Jeg skal derfor til at begynde med tage de to klassiske Forsøgsrækker, Auberts og Delboeufs Bestemmelser henholdsvis efter Minimalændringernes og Middelgradationernes Metode, og paavise, at disse, der som bekendt ikke fuldstændig stemme med Webers Lov, let lade sig indordne under Skelneloven. Alle senere Forsøg efter de to nævnte Metoder have kun mer eller mindre udpræget konstateret det samme som hine, saa at der neppe kan være Tvivl om, at en Lov, der stemmer med Auberts og Delboeufs Forsøg, ogsaa let lader sig bringe i Samklang med de fleste senere Bestemmelser. I et følgende Afsnit skal dette blive vist specielt for nogle af Merkels meget nøjagtige Maalinger, der imidlertid ere udførte under saa indviklede Omstændigheder, at en Prøve af Lovens Gyldighed ikke direkte lader sig gennemføre.

Til en Begyndelse tage vi Auberts Skyggeforsøg[1]), som ere anstillede paa den Maade, at en Lysgiver A kaster en Skygge paa en Skærm, som desuden belyses af en anden Lysgiver B. Slagskyggen er altsaa belyst af B alene, den øvrige Del af Skærmen af A og B i Forening, og man kan nu ved at forandre A's og B's Afstand gøre Skyggen netop mærkelig paa den fuldt belyste Skærm som Baggrund. Paavirkningernes Intensitet r_2 og r_1 er da det fra den belyste og den beskyggede Del af Skærmen reflekterede Lys, og disse Værdier beregnes let af A's og B's Afstande. Er denne Metode nu end af forskellige Grunde ikke særlig nøjagtig, saa er Auberts Forsøg paa den anden Side gennemført indenfor et langt større Paavirkningsomraade end nogen anden mig bekendt Forsøgsrække, og dette er her af stor Betydning. I Tab. XI er der under r_2 angivet Styrken af den stærkeste Paavirkning [Tab. er sammendraget af de to første Rækker i Auberts Tab. VI, anf. Sted S. 62], under $\frac{r_1}{r_2}$ Forholdet mellem de to Paavirkninger. Belysningsenheden er her omtrent Pirringstærsklen for Iagttagerens Øje[2]); dette er ogsaa her af Interesse, da Forsøgene, som Søjlen r_2 udviser, ere førte saa langt ned, at Egenlyset ved de svageste Paavirkninger maa have havt en ikke ubetydelig Indflydelse. At dette virkelig er Tilfældet, synes til Overflod at fremgaa af Tallene i Søjlen $\frac{r_1}{r_2}$. Lige til $r_2 = 351$ aftager Værdierne $\frac{r_1}{r_2}$ jævnt, bortset fra smaa Uregelmæssigheder, som ere uundgaaelige ved Forsøg af denne Art. Fra den nævnte Værdi af synker derpaa $\frac{r_1}{r_2}$ i langt stærkere Forhold, hvilket bestemt tyder paa, at Skelnedygtigheden her er stærkt formindsket ved en Faktor, som hidtil ikke har kunnet gøre sig gældende, og det naturligste bliver da at betragte Øjets Egenlys som Aarsag. Hvis dette er rigtigt, skal Lig. 29 vise sig at gælde for den første Del af Forsøgene, indtil $r_2 = 351$ incl.; for de tre øvrige Bestemmelser skal derimod Lig. 31 gælde. For nu at prøve, hvorvidt dette stemmer, har jeg ved de mindste Kvadraters Metode bestemt Konstanterne K_1 og K_2 i Lig. 29:

$$\frac{r_1}{r_2} = K_1 + K_2 \log r_2$$

af de første 13 Forsøg i Tab. XI. Man finder $K_1 = 0{,}9272$ og $K_2 = 0{,}01117$. Derefter kan altsaa $\frac{r_1}{r_2}$ beregnes af Lig.: $\frac{r_1}{r_2} = 0{,}927 + 0{,}01117 \log r_2$ ved sukcessiv Indsættelse af Værdierne af r_2. De saaledes beregnede Værdier af $\frac{r_1}{r_2}$ ere angivne i Søjlen med Overskriften Lig. 29.

---

[1]) Physiologie der Netzhaut. S. 62.

[2]) S. 59 angives Enheden at være den Belysning, hvor en Skygge paa Skærmen endnu netop kunde skelnes.

Tab. XI.

r_2	$\frac{r_1}{r_2}$	Lig. 29.	Lig. 31 af 16 Værdier.	Lig. 31 af 7 Værdier.
1365625	$^{145}/_{146}$ = 0,993	0,995		
562500	$^{120}/_{121}$ = 0,992	0,991		
316081	$^{103}/_{104}$ = 0,990	0,988		
202500	$^{111}/_{112}$ = 0,991	0,986	1,005	
90000	$^{64}/_{65}$ = 0,985	0,982	0,997	
50625	$^{50}/_{51}$ = 0,980	0,980	0,991	
22500	$^{44}/_{45}$ = 0,978	0,976	0,982	
13656	$^{38}/_{39}$ = 0,975	0,973	0,974	
10000	$^{31}/_{32}$ = 0,969	0,972	0,970	
5625	$^{30}/_{31}$ = 0,968	0,969	0,960	1,005
3164	$^{32}/_{33}$ = 0,970	0,966	0,950	0,992
1306	$^{26}/_{27}$ = 0,963	0,962	0,932	0,969
351	$^{24}/_{25}$ = 0,960	0,955	0,900	0,927
56	$^{10}/_{11}$ = 0,909	0,946	0,840	0,849
13	$^{3}/_{4}$ = 0,750	0,939	0,775	0,766
5	$^{2}/_{3}$ = 0,667	0,935	0,723	0,699

Som man ser, stemmer Teori og Maaling særdeles godt; Lig. 29 gælder virkelig for alle Værdier af r_2 lige til $r_2 = 351$, men den Lov, som er udtrykt i de 13 første Maalinger, lader der sig ikke finde Spor af i de 3 sidste, hvor Skelnedygtigheden synker langt stærkere end den skulde, saafremt Lig. 29 var gyldig helt igennem. Medens Afvigelserne mellem de beregnede og de fundne Værdier i de 13 første Maalinger ere saa smaa, at de helt falde indenfor Iagttagelsesfejlene, kan der ikke være Tale herom for de 3 sidstes Vedkommende.

Tilbage staar saaledes kun at prøve, om Lig. 31 gælder for de 3 sidste Maalinger. At anstille Prøven saaledes, at Resultatet bliver overbevisende, turde imidlertid være vanskeligt, da der gennem tre Punkter lader sig lægge omtrent en hvilkensomhelst krum Linje, saa at der ikke er Tvivl om, at de tre Maalinger ville stemme fuldstændig med Lig. 31 men iøvrigt lige saa godt med mange andre Ligninger af mer eller mindre kompliceret Natur. Hertil kommer saa desuden den Vanskelighed, at Lig. 31 indeholder r_2 i en ubekendt Potens, p, og da Ligningen ikke kan gøres logaritmisk, lader Konstanterne sig derfor ikke bestemme ved de mindste Kvadraters Metode. Herpaa kan der dog tildels raades Bod, ti som omtalt i de til Lig. 14 knyttede Bemærkninger er p uafhængig af den valgte Klarhedsenhed, og er saaledes fuldstændig konstant for samme Individ. For to Individer med omtrent samme Skelnedygtighed kan p derfor ikke variere saa betydeligt, at man ikke tør overføre den Værdi af p, som er funden for en Iagttager, til en anden. For mit Øje er nu som tidligere angivet $p = 0{,}18$, og indsættes denne Størrelse i Lig. 31, faas:

$$\frac{r_1}{r_2} = K_3 + K_4 \,.\, r_2^{-0{,}18}$$

og Ligningen kan nu benyttes til Bestemmelse af K_3 og K_4. For at denne Bestemmelse ikke skal blive ganske illusorisk har jeg beregnet K_3 og K_4 af samtlige 16 Værdier i Tab. XI og finder: $K_3 = 1{,}054$; $K_4 = -0{,}4424$. Man har altsaa:

$$\frac{r_1}{r_2} = 1{,}054 - 0{,}4424 \,.\, r_2^{-0{,}18}.$$

Beregnes heraf $\frac{r_1}{r_2}$ ved Indsættelsen af Værdierne for r_2, saa kan man naturligvis ikke vente, at de beregnede Størrelser skulle stemme med de fundne, da disse, som allerede paavist, for største Delen følge en anden Lov, og følgelig ikke kunne presses ind under Lig. 31. Dette viser sig ogsaa i Tab. XI, hvor de af Lig. 31 beregnede Værdier for $\frac{r_1}{r_2}$ ere angivne i næstsidste Søjle [Lig. 31, *ber.* af 16 Værdier]. Man ser, at Overensstemmelsen mellem de beregnede og de fundne Tal er betydelig større for de tre sidste Tals Vedkommende end den, der findes ved Anvendelsen af Lig. 29, men at Loven ikke passer for de højere Værdier af r_2 viser sig deri, at den fører til meningsløse Resultater. Saaledes faar man allerede for $r_2 = 202500$, $\frac{r_1}{r_2} = 1{,}005$, altsaa en Værdi > 1, medens $\frac{r_1}{r_2}$ ifølge sin Betydning er mindre end 1. Det er nu indlysende, at jo færre af de højeste Led der benyttes til Beregning af K_3 og K_4, desto bedre vil Lig. 31 ogsaa stemme med de for de lavere Værdier af r_2 fundne $\frac{r_1}{r_2}$, saa at der neppe kan være Tvivl om, at Lig. 31 gælder for disse. Tydeligt træder det frem i den sidste Søjle af Tab. XI, hvor de Værdier af $\frac{r_1}{r_2}$ ere angivne, som ere beregnede af Ligningen:

$$\frac{r_1}{r_2} = 1{,}126 - 0{,}5707 .\, r_2^{-0{,}18}$$

hvor Konstanterne er bestemte alene af de 7 laveste Værdier for r_2. Her stemmer, som det ses, de tre sidste Tal endnu bedre med de fundne, medens der for den benyttede højeste Værdi af r_2 ogsaa findes en meningsløs Værdi af $\frac{r_1}{r_2}$.

Resultatet af disse Betragtninger bliver altsaa, at Auberts Forsøg maa betragtes som et utvivlsomt Bevis for Skelnelovens Gyldighed, idet denne for de højere Værdier af r_2, paa hvilke Øjets Egenlys ingen Indflydelse har, fordrer:

$$\lim \mu = C; \quad \frac{r_1}{r_2} = K_1 + K_2 \log r_2$$

medens den i det Tilfælde, hvor Egenlyset ikke kan lades ude af Betragtning, fordrer:

$$\lim \mu = C; \quad \frac{r_1}{r_2} = K_3 + K_4\, r_2^{-p}$$

og begge disse Love stemme med de ved Forsøgene fundne Tal, hver indenfor sit Omraade.

Vi gaa nu over til en Betragtning af Delboeufs Forsøg.[1] Disse blev anstillet med roterende Skiver, hvor de tre Paavirkninger dannede tre koncentriske Ringe, der grænsede umiddelbart op til hinanden; de er altsaa udført netop under saadanne Betingelser, under hvilke Skelneloven tør antages gyldig, og Delboeufs Resultater maa derfor vise sig i Overensstemmelse med Lig. 32:

$$\frac{d}{v} = \frac{v}{h} - K_5\,(\log h - \log v)$$

Til Prøve herfor har jeg taget Delboeufs Tab. III, der, som jeg allerede tidligere har paavist[2]), maa betragtes som den nøjagtigste. Ved de angivne sammenhørende Værdier af d, v, og de fundne h kan Konstanten K_5 beregnes for hvert enkelt Forsøg, idet man har

$$K_5 = \frac{\frac{v}{h} - \frac{d}{v}}{\log h - \log v}$$

I Tab. XII er d, v og h og den deraf beregnende Størrelse K_5 angivet.

Tab. XII.

d	v	fund. h	K_5	ber. d	ber. d—d	$\frac{v_2}{h}$	$\frac{v_2}{h} - d$
9	47	243,4	0,0025	7,10	— 1,90	9,08	+ 0,08
13	27	55,2	0,0254	12,72	— 0,28	13,21	+ 0,21
13	36	94,8	0,0442	12,79	— 0,21	13,68	+ 0,68
13	41	123,4	0,0318	12,47	— 0,53	13,62	+ 0,62
13	56	235,8	0,0085	11,23	— 1,77	13,29	+ 0,29
21	60	157,0	0,0773	21,47	+ 0,47	22,94	+ 1,94
21	64	175,8	0,0820	21,65	+ 0,65	23,30	+ 2,30
22	36	56,8	0,1156	22,40	+ 0,40	22,82	+ 0,82
22	51	107,4	0,1342	23,25	+ 1,25	24,22	+ 2,22
22	58	139,2	0,0984	22,86	+ 0,86	24,16	+ 2,16
22	66	183,2	0,0602	22,05	+ 0,05	23,77	+ 1,77
43	64	94,0	0,0545	42,95	— 0,05	43,58	+ 0,58
43	72	119,8	0,0163	42,32	— 0,68	43,26	+ 0,26
43	87	168,8	0,0729	43,36	+ 0,36	44,83	+ 1,83

[1]) Etude psychophysique. Bruxelles 1878. S. 62.
[2]) Phil. Stud. Bd. III. S. 515.

Betragter man de beregnede Værdier af K_5, saa synes Loven saa lidt som mulig at være rigtig, idet K_5 burde være konstant medens Tallene vise de stærkeste Svingninger, saa at den største Værdi for K_5 [0,1342] endog er omtrent 60 Gange større end den mindste [0,0025]. At disse Svingninger dog udelukkende hidrøre fra Forsøgsunøjagtigheder fremgaar, saasnart man tager Middeltallet af alle de fundne Værdier af K_5 og ved Hjælp af dette beregner d. Man faar da Ligningen:

$$d = \frac{v^2}{h} - 0{,}0588\, v.\ (\log h - \log v)$$

De heraf beregnede Værdier af d er angivet i Søjlen ber. d og Afvigelserne mellem de beregnede og de fundne d er givet med Overskriften ber. $d - d$. Som det ses, er Afvigelserne gennemgaaende kun smaa, og Fejlene falde ligeligt i positiv og negativ Retning. Man har nemlig $\Sigma - f = 5{,}42$; $\Sigma + f = 4{,}04$. Til Sammenligning har jeg ogsaa beregnet d af Webers Lov: $d = \frac{v^2}{h}$, og de saaledes beregnede Tals Afvigelse fra de fundne d, hvilke ere givne i de to sidste Søjler. Fejlene gaa her udelukkende i positiv Retning, hvilket tyder paa Tilstedeværelsen af en konstant Fejlkilde, og desuden er de gennemgaaende større end de Fejl, der findes under Forudsætning af Skelnelovens Gyldighed. For de sidste er den totale Fejlsum $\Sigma \pm f = 9{,}46$, medens den for de første er $\Sigma \pm f = 15{,}76$, altsaa henved dobbelt saa stor. Der synes saaledes ikke at kunne være Tvivl om, at Skelneloven ogsaa maa siges at være bevist for disse Forsøg.

Efter Delboeuf har først jeg, senere Neiglick og Merkel anstillet Forsøg efter Middelgradationernes Metode, og det vilde aabenbart være af Interesse ogsaa at sammenholde disse Forsøg, der gennemgaaende kunne gøre Fordring paa større Nøjagtighed end Delboeufs, med Skelneloven. Imidlertid lide alle disse senere Forsøg af den Ulempe, at de ere anstillede under meget indviklede Forhold, saa at Loven ikke direkte lader sig prøve. Hos Delboeuf grænsede de tre Felter umiddelbart op til hinanden, de senere Experimentatorer have derimod set de tre Felter paa forskellig Baggrund, og da der derved nødvendigvis maa indføres en anden Kontrastvirkning end netop de tre Felters indbyrdes Kontrast, saa er Skelnelovens Gyldighed under disse Forhold ikke givet. Ved Fremstillingen af Loven er det i det foregaaende forudsat, at de to Paavirkninger grænsede op til hinanden, saa at den ene kunde betragtes som Objekt og den anden som Baggrund, og det kan derfor ikke antages, at Loven i uforandret Skikkelse kan overføres paa Forhold, hvor dette ikke er Tilfældet. Inden vi derfor gaa over til en Beregning af Forsøg, der er udført under saadanne mere komplicerede Omstændigheder, maa vi først underkaste Kontrastens Forhold til Skelneloven en nærmere Betragtning.

Skelneloven og Ebbinghaus' Kontrastlov.

Paa Grundlag af en Række kvantitative Bestemmelser af Lyskontrasten har Ebbinghaus opstillet følgende to Kontrastlove[1]:

$$i - r = a\,(r - I) \quad \text{for } r > I \quad \ldots\ldots\ldots\ \text{Lig. 33 og}$$

$$i - r = a_1(r - I)\frac{r}{I} \quad \text{for } r < I \quad \ldots\ldots\ldots\ \text{Lig. 34.}$$

I disse Ligninger betyder r og I som tidligere Klarheden henholdsvis af Objekt [det reagerende Felt] og Baggrund [det inducerende Felt], medens i betegner den ved Kontrasten fremkaldte, den inducerede Lysning; a og a_1 er Konstanter. Ebbinghaus' Forsøg anstilledes ved Dagslys ved Hjælp af 52 farvede Papirer, der dannede en saa vidt mulig jævn Overgang fra dybt sort til hvidt af samme Tone som den, der kan frembringes ved roterende Skiver med sorte og hvide Sektorer. Forsøgene udførtes iøvrigt paa samme Maade som mine oprindelige Kontrastmaalinger[2]. Paa en given Baggrund i blev der lagt en Skive af samme Klarhed, og man søgte nu den Skive r, som set mod en anden konstant Baggrund I havde samme Lysning som i. Ved at variere i og I tilstrækkeligt fik Ebbinghaus saaledes en Række Værdier for r, og de sammenhørende Værdier viste sig nu at kunne indordnes under de to ovenfor angivne Love.

Da Forsøgsanordningen har været i alt væsenligt ens i Ebbinghaus' og mine Forsøg, maatte man være berettiget til at vente, at ogsaa mine Resultater lod sig indordne under de to Kontrastlove. Som Ebbinghaus angiver, stemmer mine Resultater vel med Lig. 33, der gælder for den positive Kontrast [$i - r$ er positiv, naar $r > I$], derimod ikke med Lig. 34 for den negative Konstrast. Jeg kan kun fuldstændig give Ebbinghaus Ret i, at denne Afvigelse maa forklares ved, at jeg har indført en fremmed Faktor, en sort Kasse, hvis Kontrastvirkning kan have været ret betydelig, men ikke desto mindre bliver det en Gaade, hvorledes saa den ene Lov kan stemme ret godt med mine Resultater, den anden derimod ikke. Langt snarere maatte man vente, at Kassens Indflydelse viste sig helt igennem som en konstant Fejl, der efter Omstændighederne antog en større eller mindre Værdi men dog stadig foraarsagede en Afvigelse fra begge Love i bestemt Retning. Dette synes imidlertid ikke at være Tilfældet, og Gyldigheden af den anden Kontrastlov, Lig. 34, forekommer mig derfor noget tvivlsom. Da Ebbinghaus nu saa vidt mig bekendt intetsteds har offenliggjort sine Maalinger men kun de almindelige Resultater af disse, maa jeg holde mig til det eneste, der hidtil foreligger, mine egne Maalinger, og underkaste disse en nærmere kritisk Betragtning.

---

[1] Sitzungsberichte d. Berliner Academie. 1887, S. 1000.
[2] Phil. Stud. Bd. III, S. 516.

Først og fremmest maa det da bemærkes, at der i Beregningerne af mine Kontrastforsøg har indsneget sig en Fejl, som vel ikke har meget at sige, men dog ikke helt er uden Betydning. Til Bestemmelsen af de forskellige Skivers og Baggrundes relative Klarhed kræves der, at Forholdet k mellem Klarheden af det anvendte sort og hvidt er bekendt, og dette Forhold var fundet[1] at være $k = 68$. I et senere Arbejde har jeg imidlertid paavist, at den til Bestemmelsen af k anvendte Metode giver upaalidelige Resultater, og at den nøjagtige Værdi bliver $k = 52$[2]. Senere har Kirschmann vel tilsyneladende konstateret Rigtigheden af mit første Resultat, idet han for de samme Stoffer, Parisersort og hvidt Karton, finder $k = 66{,}2$, men dette Tal gælder kun for frisk malet sort[3]. Kirschmann angiver udtrykkelig, at de malede Papirer, som nogen Tid have været i Brug, faa større Reflexionsevne, og for disse finder han $k = 51{,}2$. Jeg formoder, at han ved den nævnte Forøgelse sigter til den Omstændighed, at Skiverne ved at gnides mod hinanden mister deres oprindelige matte, fløjlsagtige Udseende og faa en svag Glans, hvorved naturligvis den reflekterede Lysmængde forøges. For at undgaa, at en saadan langsom Variation af Reflexionsevnen skulde finde Sted i Tidens Løb ved det uundgaaelige Slid, har jeg altid strax, før jeg tog mine Skiver i Brug, berøvet dem det matte Udseende ved at stryge hen over dem med Haanden, og den oprindelig angivne Værdi, $k = 68$, angaar altsaa saaledes behandlede Papirer, for hvilke Kirschmanns Tal $k = 51{,}2$ rimeligvis gælder, og for hvilke jeg selv med Episkotisteret har fundet $k = 52$ [nøjagtigt $k = 51{,}55$]. Heraf følger altsaa, at alle mine Klarhedsangivelser i det ovennævnte Arbejde over Kontrasten ere urigtige; der bør i Udtrykket for H [anf. Sted S. 519] sættes 52 i Stedet for 68. Naar det nu gælder om at prøve, hvorvidt Ebbinghaus' Love ere gyldige for mine Forsøg, maa følgelig alle Beregninger gennemføres med den angivne Ændring af Konstanten.

I Tab. XIII har jeg givet fire saaledes omregnede Grupper af mine tidligere Bestemmelser[4], to for positiv, to for negativ Kontrast. Desuden er der givet fire nye Forsøgsrækker, udførte i Efteraaret 1886 i Laboratoriet i København paa ganske den samme Maade som de tidligere, altsaa blandt andet ogsaa behæftede med den Fejl, der hidrørte fra den sorte Kasse. Den eneste Forskel mellem de nye og de ældre er den, at der ved de første ikke er brugt hvidt Karton men Karton bemalet med Zinkhvidt, for hvilket Stof man har $k = 58$. De forskellige Forsøgsgrupper er iøvrigt betegnet med Iagttagernes Begyndelsesbogstaver, de oprindelige Leipzigerforsøg saaledes med N & L [Neiglick og Lehmann], de senere med G, La, Lo, L [Gad, Larsen, Lomholt, Lehmann]. Over hver Gruppe

[1] Anf. Sted. Side 510.
[2] Phil. Stud. Bd. IV, S. 238.
[3] Phil. Stud. Bd. V, S. 299.
[4] Phil. Stud. Bd. III, S. 522—23.

er desuden angivet Klarheden af Baggrunden I; i selve Tabellerne er tillige med i og r angivet Kontrastens absolute Størrelse $i - r$, Forholdet $\frac{I}{r}$ eller $\frac{r}{I}$ og Konstanten a eller a_1, beregnet efter Ebbinghaus' Love, Lig. 33 og Lig. 34.

Tab. XIII.

$I = 1{,}00$. N & L.

r	i	$i - r$	$\frac{r}{I}$	a
2,49	2,63	+ 0,14	2,49	0,094
4,02	4,83	0,81	4,02	0,269
5,54	6,68	1,14	5,54	0,251
9,80	11,79	1,99	9,80	0,226
13,35	16,05	2,70	13,35	0,219
16,19	19,46	3,27	16,19	0,215
20,60	24,57	3,97	20,60	0,203
25,14	29,97	4,83	25,14	0,200
31,35	36,93	5,58	31,35	0,183
37,78	43,60	5,82	37,78	0,158
45,31	52,00	+ 6,69	45,31	0,151

$I = 2{,}63$. N & L.

r	i	$i - r$	$\frac{r}{I}$	a
4,27	4,83	+ 0,56	1,62	0,342
5,83	6,68	0,85	2,22	0,266
9,77	11,79	2,02	3,72	0,283
13,35	16,05	2,70	5,08	0,252
16,19	19,46	3,27	6,16	0,241
20,45	24,57	4,12	7,78	0,231
25,14	29,97	4,83	9,56	0,215
31,53	36,93	5,40	11,99	0,187
37,78	43,60	5,82	14,36	0,166
45,31	52,00	+ 6,69	17,23	0,153

$I = 1{,}63$. G, Lo & L.

r	i	$i - r$	$\frac{r}{I}$	a
3,26	3,67	+ 0,41	2,00	0,252
4,97	5,75	0,78	3,05	0,234
5,39	6,48	1,09	3,30	0,290
5,61	6,68	1,07	3,44	0,269
5,80	6,82	1,02	3,56	0,245
6,52	7,53	1,01	4,00	0,207
7,21	8,43	1,22	4,42	0,218
7,90	9,25	1,35	4,84	0,215
8,60	10,22	1,62	5,28	0,233
8,95	10,75	1,80	5,49	0,246
9,30	11,10	+ 1,80	5,71	0,235

$I = 7{,}33$. Lo & L.

r	i	$i - r$	$\frac{r}{I}$	a
22,46	26,69	+ 4,23	3,05	0,280
23,31	27,90	4,61	3,18	0,289
24,19	29,26	5,07	3,30	0,301
25,42	30,45	5,03	3,47	0,278
27,55	32,75	5,20	3,76	0,257
29,32	34,80	5,48	4,00	0,247
30,57	36,55	5,98	4,17	0,257
38,70	46,60	7,90	5,28	0,252
40,24	48,46	8,22	5,49	0,250
42,80	51,35	+ 8,55	5,84	0,241

$I = 43{,}60$. N & L.

r	i	$i-r$	$\frac{I}{r}$	a_1
3,63	2,63	— 1,00	12,01	0,296
7,46	4,83	2,63	5,85	0,425
10,09	6,68	3,41	4,32	0,440
15,62	11,79	3,83	2,79	0,382
20,17	16,05	4,12	2,16	0,380
23,58	19,46	4,12	1,85	0,381
29,40	24,57	4,83	1,48	0,504
34,23	29,97	4,26	1,27	0,579
38,62	36,93	— 1,69	1,13	0,383

$I = 52$. N & L.

r	i	$i-r$	$\frac{I}{r}$	a_1
3,63	2,63	— 1,00	14,30	0,298
7,63	4,83	2,80	6,95	0,439
10,87	6,68	4,19	4,78	0,487
16,76	11,79	4,97	3,10	0,438
22,58	16,05	6,53	2,30	0,511
26,56	19,46	7,10	1,96	0,547
32,67	24,57	8,10	1,59	0,667
39,34	29,97	9,37	1,32	0,978
43,46	36,93	6,53	1,20	0,915
49,56	43,60	— 5,96	1,05	2,563

$I = 39{,}37$. G & La.

r	i	$i-r$	$\frac{I}{r}$	a_1
7,24	4,37	— 2,87	5,50	0,491
7,54	4,64	2,90	5,28	0,481
7,96	4,89	3,07	5,00	0,498
9,04	5,67	3,37	4,40	0,489
9,55	6,11	3,44	4,17	0,481
9,95	6,30	3,65	4,00	0,496
10,52	6,64	3,88	3,78	0,509
10,94	6,84	4,10	3,64	0,522
11,56	7,41	4,15	3,45	0,515
12,06	7,93	4,13	3,30	0,500
12,51	8,28	4,23	3,18	0,501
13,26	8,80	4,46	3,00	0,515
19,90	14,06	— 5,84	2,00	0,600

$I = 11{,}13$. G & La.

r	i	$i-r$	$\frac{I}{r}$	a_1
2,94	2,13	— 0,81	3,78	0,374
3,06	2,21	0,85	3,64	0,383
3,13	2,27	0,86	3,56	0,383
3,23	2,45	0,78	3,45	0,341
3,37	2,60	0,77	3,30	0,327
3,50	2,72	0,78	3,18	0,325
3,71	2,90	0,81	3,00	0,328
5,57	4,48	— 1,09	2,00	0,392

Betragter man nu de fire første Forsøgsgrupper, som angaa den positive Kontrast, saa ses a her virkelig at være saa godt som konstant. Særlig træder dette frem i de to nye Grupper [$I = 1{,}63$ & $I = 7{,}33$], der ikke strække sig over saa stort et Omraade som de ældre, idet Forholdet $\frac{r}{I}$ er holdt indenfor snævre Grænser. I disse varierer a vel ogsaa noget men saaledes, at Variationerne tydelig nok hidrøre fra Unøjagtighed; i de to første derimod gaar Variationen i en bestemt Retning, idet α aftager med voxende Værdier af r. Om denne Variation nu hidrører fra den tidligere omtalte Fejlkilde, den sorte Kasse, er ikke godt at afgøre, men under alle Omstændigheder er Fejlen saa lille, at Ebbinghaus utvivlsomt har Ret i at betragte disse Forsøg som et Bevis for den opstillede Lovs Gyldighed. Anderledes stiller Sagen sig derimod for den negative Kontrasts Vedkommende. I de fire sidste Forsøgsgrupper ses α_1's Variationer at være meget betydelige, og i de to udførligste og nøjagtigste Grupper [$I = 52$ & $I = 39{,}37$] ses disse at gaa saa udpræget i en bestemt Retning, at Gyldigheden af Lig. 34 bliver noget tvivlsom. — Idet jeg nu gaar over til at undersøge, om der ikke skulde kunne paavises en Forbindelse mellem Kontrastloven og Skelneloven, holder jeg mig derfor udelukkende til Ebbinghaus' første Kontrastlov, Lig. 33.

Naar man betragter et lyst Objekt r paa en mørk Baggrund I, saa bliver Skelnetiden ved ikke for svag Belysning ifølge Lig. 10, da $r > I$:

$$t = k - \frac{\log r}{\log q} + \frac{I}{cr} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 10.}$$

Lader man nu Baggrunden blive lysere og lysere, saa voxer Skelnetiden, idet Brøken $\frac{I}{cr}$ voxer, og for $I = r$ faar man:

$$t_1 = k - \frac{\log r}{\log q} + \frac{1}{c}.$$

I det sidste Tilfælde, hvor r ses paa en Baggrund af sin egen Klarhed, er Objektet r ingen Kontrast underkastet, medens det i første Tilfælde induceres af Baggrunden I, og denne Induktion er desto stærkere, jo mere I afviger fra r. Men jo stærkere Kontrasten saaledes bliver, desto kortere vil t blive, følgelig maa Differensen $t_1 - t$ være afhængig af og dermed et Maal for Kontrastens Størrelse. Man har nu:

$$t_1 - t = \frac{1}{c} \cdot \frac{r - I}{r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 35.}$$

Søger man nu et Objekt i, som paa en Baggrund ligeledes af Klarheden i har samme Lysning som det af I inducerede r, saa vil $i - r$ være den absolute Forandring, som r har lidt ved Kontrast mod I, medens $\frac{i - r}{r}$, der kan betragtes som en Slags Kontrastkoefficient i Analogi med Fysikens Udvidelseskoefficienter etc., angiver Kontrastens relative Størrelse. Vi have altsaa dels i Lig. 35 dels i Kontrastkoefficienten et Maal for Kontrastens Størrelse, og der viser sig nu den Mærkelighed, at hvis man sætter:

$$t_1 - t = \frac{1}{c} \cdot \frac{r - I}{r} = \beta \cdot \frac{i - r}{r}$$

hvor β er en vilkaarlig Konstant, saa gaar denne Ligning over til Ebbinghaus' første Kontrastlov:

$$\alpha(r - I) = i - r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 33.}$$

idet man sætter: $\frac{1}{c\beta} = \alpha.$

Ligesaa uforudseeligt som dette Resultat var, ligesaa stor teoretisk Interesse synes det at have. Er nemlig Lig. 33 rigtig — og dette synes jo at fremgaa af det tidligere udviklede — saa maa Lig. 35 ogsaa virkelig give et Maal for Kontrasten. Men Lig. 35 siger ligefrem, at Kontrasten er bestemt ved Forskellen mellem den Tid, som vi bruge til at skelne et Objekt paa en med det selv ensfarvet Baggrund, og den Tid, som medgaar til at opfatte det paa en Baggrund af anden Klarhed. Men heraf synes da atter at følge, at Kontrasten maa antages at bero paa en rent central Proces, en Skelneproces, eller med andre Ord: Kontrasten er ikke en Indvirkning, som to samtidige Nerveprocesser udøver paa hinanden i Nethinden, men snarere i Sensoriet; psykologisk set er den altsaa et Vurderingsresultat — «eine Urtheilstäuschung» — om end af saa primitiv Art, at Ordet «Urtheil» neppe med Rette kan anvendes her.

Vi ville nu undersøge, om Ebbinghaus' anden Lov, Lig. 34, kan udledes paa tilsvarende Maade, idet Kontrastkoefficienten sættes lig Differensen mellem Skelnetiderne for et Objekt paa en Baggrund lig det selv, og paa en Baggrund forskellig fra Objektet. Da Lig. 34 gælder for et mørkt Objekt r paa en lys Baggrund I, saa har man altsaa $r < I$ og følgelig bliver Skelnetiden:

$$t = k - \frac{\log I}{\log q} + \frac{r}{cI} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 9.}$$

Ses derimod r paa en Baggrund lig det selv, bliver Tiden:

$$t_1 = k - \frac{\log r}{\log q} + \frac{1}{c}.$$

Heraf faas $$t - t_1 = \frac{\log r - \log I}{\log q} + \frac{1}{c} \cdot \frac{r - I}{I} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Lig. 36.}$$

Sættes nu denne Differens proportional med Kontrastkoefficienten, har man altsaa:

$$\frac{\log r - \log I}{\log q} + \frac{1}{c} \cdot \frac{r - I}{I} = \beta_1 \frac{i - r}{r}; \quad \frac{\log r - \log I}{\beta_1 \log q} r + \frac{1}{c\beta_1} \cdot \frac{r}{I}(r - I) = i - r.$$

Sættes her $$\frac{1}{\beta_1 \log q} = \alpha_2 \quad \text{og} \quad \frac{1}{c\beta_1} = \alpha_1$$

faar man $$\alpha_2 r(\log r - \log I) + \alpha_1 \frac{r}{I}(r - I) = i - r \quad \ldots\ldots\ldots \text{Lig. 37.}$$

Vi komme saaledes til en Formel, der vel indeholder den anden Ebbinghausske Kontrastlov men til denne føjer endnu et Led, der altsaa maa medføre en vis om end ringe Afvigelse fra Ebbinghaus' Lov. Dette Resultat kan naturligvis kun bestyrke den Tvivl, som Kontrastmaalingerne gav Anledning til. Medens nemlig Ebbinghaus' første Lov maatte betragtes som erfaringsmæssig godtgjort, kunde vi ikke fuldstændig faa hans anden Lov til at stemme. Nu se vi tillige, at medens den første Lov lader sig aflede af Skelneloven paa en Maade, mod hvilken der neppe kan indvendes noget i teoretisk Henseende, lader den anden sig ikke ved en analog Deduktion udlede i netop den Skikkelse, som Ebbinghaus har givet den, men antager en lidt mere kompliceret Form. Der kan derfor neppe være Tvivl om, at denne sidste Form, Lig. 37, er den rette Lov. Ligesom Webers Lov kun er et empirisk, ufuldstændigt Udtryk for Skelneloven, saaledes maa Ebbinghaus' anden Lov opfattes som et ufuldstændigt Udtryk for den rette Kontrastlov. Desværre foreligge, som tidligere berørt, Ebbinghaus' Maalinger ikke for Offenligheden, saa at vi altsaa ikke kunne prøve, hvorvidt Lig. 37 gælder for dem; det er derimod ikke vanskeligt at vise, at denne Formel stemmer langt bedre med mine Forsøg end Lig. 34.

For at paavise dette har jeg i den sjette Forsøgsgruppe i Tab. XIII [$I = 52$] beregnet Værdierne af $i - r$ dels efter Lig. 34 [Ebbinghaus' Lov] dels efter Lig. 37. Med Hensyn til disse Beregninger er følgende at bemærke. For a_1 i Lig. 34 har jeg taget Middeltallet 0,7843 af samtlige Værdier af a_1; $i - r$ lader sig da ligefrem beregne af Ligningen af de sammenhørende Værdier af r og I, og de saaledes beregnede Værdier ere givne i Tab. XIV under Overskriften: $i - r$ ber. efter Ebb.

Tab. XIV.

r	i	$i - r$	$i - r$ ber. efter Ebb.	f. E.	$i - r$ ber. efter L.	f. L.
3,63	2,63	— 1,00	— 2,65	— 1,65	— 0,21	+ 0,79
7,63	4,83	2,80	5,10	— 2,30	2,32	+ 0,48
10,87	6,68	4,19*	6,74	— 2,55	4,19	± 0
16,76	11,79	4,97	8,90	— 3,93	7,22	— 2,25
22,58	16,05	6,53	9,90	— 3,37	9,16	— 2,63
26,56	19,46	7,10	10,19	— 3,09	10,12	— 3,02
32,67	24,57	8,10	9,52	— 1,42	10,19	— 2,09
39,34	29,97	9,37	7,51	+ 1,86	8,51	+ 0,86
43,46	36,93	6,53*	5,60	+ 0,93	6,53	± 0
49,56	43,60	— 5,96	— 1,82	+ 4,14	— 2,20	+ 3,76

Med Hensyn til Beregningen af $i - r$ af Lig. 37 stiller Sagen sig noget vanskeligere, da her indgaar to Konstanter, a_1 og a_2, der maa bestemmes efter mindste Kvadraters Metode, saafremt Fejlene skal blive Minimum. Disse Beregninger vil imidlertid, paa Grund af Normalligningens sammensatte Natur, blive næsten endeløse, og hertil kommer saa desuden, at selve Forsøgene jo ikke kunne gøre Fordring paa stor Nøjagtighed, da de, som tidligere omtalt, ere behæftede med en Fejl af ganske ubestemmelig Art. Jeg har derfor foretrukket en mindre nøjagtig Beregning af Konstanterne ved at vælge to vilkaarlige Værdier af $i - r$ og ved Hjælp af disse og de tilhørende Værdier af r og I at beregne a_1 og a_2. De to valgte Værdier er i Søjlen $i - r$ betegnede med *. Beregnes heraf a_1 og a_2 faar man: $a_1 = 1{,}442$ og $a_2 = -1{,}110$. Indsættes nu disse Værdier i Lig. 37 kan $i - r$ beregnes, og de saaledes bestemte Værdier af $i - r$ ere givne i Tab. XIV i Søjlen $i - r$ ber. efter L. Da $i - r$ stadig er negativ, har jeg udeladt alle Minustegn undtagen ved det øverste og nederste Tal i hver Søjle. Endelig er der i Tab. XIV under Overskriften f. E. angivet Differenserne mellem de efter Ebbinghaus' Lov beregnede Værdier og de fundne [altsaa ber. $(i - r) - (i - r)$], og i Søjlen f. L. de tilsvarende Differenser for de efter Lig. 37 beregnede Tal.

Et Blik paa de to Søjler f. E. og f. L. vil være tilstrækkeligt til at vise, at f. E. gennemgaaende er langt større og gaar mere ensidigt i negativ Retning end f. L. Ganske vist er de sidste heller ikke smaa, og der er ogsaa her en vis Gang i Fejlene, men dette lader sig rimeligvis forklare dels ved den ufuldstændige Fejludjævning, som maa fremkomme ved den anvendte Beregningsmaade, dels ved den oftere omtalte fremmede Faktor, der har havt Indflydelse paa Forsøgene. Som et virkeligt Bevis for Gyldigheden af Lig. 37 tør jeg dog ikke betragte de her gennemførte Beregninger, men jeg har desværre savnet Tid og Lejlighed til at udføre nye Maalinger, der var frie for de ældres Fejl. Desuden viser en Bemærkning af Kirschmann i den ovenfor citerede Afhandling, at der allerede for længere Tid siden er paabegyndt en Række Kontrastmaalinger i Prof. Wundts Laboratorium, og der vil saaledes rimeligvis i den nærmeste Fremtid foreligge det fornødne Materiale til at afgøre, hvorvidt Ebbinghaus' eller min Kontrastlov er den rigtigste. Foreløbig vil jeg derfor lade dette staa hen, og i det følgende, hvor nogle mere komplicerede Fænomener skulle behandles, udelukkende holde mig til saadanne Tilfælde, der kan beregnes ved Hjælp af Ebbinghaus' første Lov, hvis Gyldighed vel tør betragtes som erfaringsmæssig og tildels ogsaa teoretisk godtgjort.

Skelnelovens Anvendelse paa komplicerede Tilfælde.

De tidligere udviklede Formler, Lig. 29 & 32, angive det Forhold, som under Forudsætning af Skelnelovens Gyldighed skal findes mellem Intensiteterne af henholdsvis to og tre Paavirkninger, naar disse ere rumligt ordnede saaledes, at de grænse umiddelbart op til hinanden. Og vi fandt disse Formler fuldstændig gyldige for Auberts og Delboeufs Forsøg efter Minimalændringerne og Middelgradationernes Metode, i hvilke Forsøg Paavirkningernes rumlige Ordning netop var en saadan, at Formlerne direkte lod sig anvende. Hvis man derimod ved Forsøg efter Middelgradationernes Metode i Stedet for Delboeufs tre koncentriske Ringe anvender tre isolerede Skiver, der ses mod en fælles eller endog mod forskellige Baggrunde, saa ville disse Skiver induceres af Baggrunden, og det vilde følgelig være urigtigt i Lig. 32 for d, v og h at sætte Skivernes objektive Klarheder. Hvad der her sammenlignes, er jo nemlig ikke de tre Skiver, som disse vilde vise sig, hvis kun deres indbyrdes Kontrast fandt Sted, men de tre under Paavirkning af Baggrunden. Altsaa maa der i Stedet for d, v og h indsættes i_d, i_v og i_h d. v. s. de ved Kontrasten mod Baggrunden inducerede Lysninger, som kunne beregnes af Lig. 33 & 34 eller 37, saafremt den i det foregaaende omtalte Korrektion af Ebbinghaus' anden Lov skulde vise sig rigtig. Da dette endnu er et aabent Spørgsmaal, skal jeg kun gennemføre Beregningerne for et saadant Tilfælde, hvor Lig. 33 kommer til Anvendelse, og i dette Øjemed tager jeg en af de i den nyeste Tid af Merkel udførte Forsøgsrækker.

Merkels Forsøg[1]) ere udførte ved Hjælp af et Slags Fotometer, hvor tre isolerede matte Glasskiver blev belyst bagfra hver ved sin nøjagtig regulerede Lampe. Da Mellemrummet mellem de belyste Glasplader var sort og alt fremmed Lys saavidt mulig var holdt borte fra Pladernes Forside, vil Forholdet altsaa nærmest være det, at de tre Paavirkninger er set mod en lysløs Baggrund. De Størrelser, der sammenlignes, er altsaa ikke de maalte Paavirkninger d, v og h, men de Værdier, som findes for i ved i Lig. 33 at sætte $I = o$ og for r henholdsvis d, v og h. Man faar da:

$$i_d - d = a(d - o) = ad \quad \text{eller:} \quad i_d = d(a + 1) = Ad.$$

Og analogt: $$i_v = Av; \quad i_h = Ah.$$

Indsættes nu i_d, i_v og i_h i Lig. 32 henholdsvis for d, v og h faas:

$$\frac{i_d}{i_v} = \frac{i_v}{i_h} - K_5 (\log i_h - \log i_v) = \frac{i_v}{i_h} - K_5 \,.\, \log \frac{i_h}{i_v}$$

hvoraf ved Indsætning af Værdierne for i_d, i_v og i_h:

$$\frac{d}{v} = \frac{v}{h} - K_5 \,.\, \log \frac{h}{v} = \frac{v}{h} - K_5 (\log h - \log v).$$

Der fremkommer altsaa ingen Forskel ved, at de tre Paavirkninger er set mod lysløs Baggrund i Stedet for mod hinanden indbyrdes; Formlen er ganske analog med den, vi have udviklet for Delboeufs Forsøg. For nu at prøve, hvorvidt denne Formel ogsaa stemmer med Merkels Maalinger, har jeg gennemført Beregningerne for hans udførligste Forsøgsrække[2]) ganske paa samme Maade som tidligere angivet for Delboeufs Forsøg. I omstaaende Tab. XV er under d og h angivet Styrken af den svageste og stærkeste Paavirkning, fund. v er den ved Maalingerne fundne Værdi for den mellemste Paavirkning.

---

[1]) Phil. Stud. Bd. IV, S. 453.
[2]) Anf. Sted. Tab. IX, S. 567.

Under K_5 er de af Lig. 32 beregnede Værdier for Konstanten givne. Man ser, at disse Tal med et Par enkelte Undtagelser kun afvige meget lidt fra hinanden, og især ved Sammenligning med de tilsvarende Tal ved Delboeufs Forsøg, Tab. XII, viser den Merkelske Konstant sig overordenlig lidt variabel. Da Konstantens Variationer, som det er bleven paavist ved Delboeufs Forsøg, kun kan hidrøre fra Forsøgsunøjagtigheder, saa lader sig heraf slutte, at Merkels Maalinger udmærke sig ved en ganske særlig Nøjagtighed, og hans hele Forsøgsanordning turde derfor muligvis fortjene en større Anvendelse end de sædvanlig brugte roterende Skiver.

Tab. XV.

d	fund. v.	h	K_5	ber. d.	ber. $d-d$.	$\frac{v^2}{h}$	$\frac{v^2}{h}-d$	$2v-h$	$(2v-h)-d$
0,5	8,3	32	0,3399	— 0,640	— 1,140	2,153	1,653	— 15,4	— 15,9
0,5	5,45	16	0,5320	0,394	— 0,160	1,857	1,357	— 5,1	— 5,6
0,5	2,98	8	0,4773	0,376	— 0,124	1,110	0,610	— 2,04	— 2,54
0,5	1,86	4	0,5896	0,507	+ 0,007	0,861	0,360	— 0,28	— 0,78
0,5	1,166	2	0,6597	0,523	+ 0,023	0,680	0,180	+ 0,332	— 0,168
0,5	0,721	1	0,1922	0,461	— 0,039	0,520	0,012	+ 0,442	— 0,058
24	472,3	1536	0,5010	6,3	— 17,7	145,2	121,2	— 591,4	— 615,4
24	293,8	768	0,7207	42,0	+ 18,0	112,4	88,4	— 180,4	— 204,4
24	157,7	384	0,6691	29,8	+ 5,8	64,79	40,79	— 68,6	— 92,6
24	93,6	192	0,7406	28,9	+ 4,9	45,63	21,63	— 4,8	— 28,8
24	58,21	96	0,8928	28,0	+ 4,0	35,30	11,30	+ 20,42	— 3,58
24	39,79	48	2,7740	31,1	+ 7,1	32,99	8,99	+ 31,58	+ 7,58

Indsættes for K_5 i Lig. 32 Middeltallet af de i Tab. XV angivne Værdier, lader d sig beregne. Her har jeg dog gjort den Vilkaarlighed, at jeg i Stedet for Middeltallet af samtlige 12 Værdier for d kun har taget Middeltallet af de 11 første, fordi den sidste øjensynlig afviger saa meget fra de andre, at Middeltallet, hvis ogsaa denne Værdi tages med, bliver uforholdsmæssig højt. Middeltallet af samtlige 12 Værdier er nemlig 0,7574, hvilket er større end noget af de fundne Tal med Undtagelse af de to sidste; Middeltallet af de 11 første er derimod 0,5741, og med denne Størrelse er der regnet. Man har altsaa:

$$d = \frac{v^2}{h} - 0{,}5741\, v(\log v - \log h)$$

de heraf beregnede Værdier for d er givet i Søjlen ber. d. Som det ses, stemme disse ret godt med de virkelig anvendte d; Fejlen ber. $d - d$ er givet i den følgende Søjle. Til Sammenligning er der under $\frac{v^2}{h}$ givet de under Forudsætning af den Weberske Lovs Gyl-

dighed beregnede Værdier af d, og disse Tals Afvigelse fra de virkelig anvendte d: $\frac{v^2}{h} - d$. Disse sidste Fejl ere gennemgaaende endog meget større og gaa ligesom ved Delboeufs Forsøg ensidig i positiv Retning, medens de af Lig. 32 beregnede d give dels positive og dels negative Fejl, om end Kompensationen ikke er fuldstændig, hvilket ogsaa vanskelig kunde naas ved Forsøg af saa usikker Natur, hvor tilmed talrige tilfældige Fejlkilder aldeles uforudset kunne gøre sig gældende ved de enkelte Bestemmelser. Naar fornødent Hensyn tages hertil, maa Lig. 32 utvivlsomt betragtes som gyldig for Merkels Forsøg; under alle Omstændigheder stemmer den langt bedre end Webers Lov. At saa iøvrigt Webers Lov stemmer bedre med Merkels Forsøg end den af ham opstillede Lov, fremgaar af de to sidste Søjler. Ifølge Merkel skal man nemlig have [jvf. Lig. 24]:
$r_2 = \frac{1}{2}(r_1 + r_3)$ eller med de her brugte Betegnelser: $v = \frac{d+h}{2}$, hvoraf: $d = 2v - h$.
De heraf beregnede Værdier af d ere angivne under Overskriften $2v - h$, og disse Tal ses at være aldeles meningsløse. Medens de efter Webers Lov beregnede $d = \frac{v^2}{h}$ dog stemme nogenlunde med de virkelig anvendte d, om end Fejlene paa flere Steder ere utilbørlig store, bliver de af Merkels Lov beregnede d saa godt som udelukkende negative og Fejlene $(2v - h) - d$ ere saa enorme, at Merkel sikkert aldrig havde vovet den Paastand, at hans Lov skulde være gyldig, hvis han blot havde udført denne enkle Beregning. I Stedet for denne udfører han en Sammenligning mellem sin og Webers Lov ved Hjælp af nogle relative Fejlbestemmelser[1]), men jeg maa tilstaa at være aldeles uvidende om, paa hvilke matematiske Principer han støtter sin Berettigelse hertil. Jeg kan ikke se rettere, end at en Lovs Gyldighed udelukkende lader sig bevise derved, at de af Loven beregnede Tal stemme med de virkelig fundne, og den Lov, der giver den største Overensstemmelse mellem Beregning og Maaling, er den rigtigste. Det er den Grundlov, hvorpaa hele Fejlkompensationen beror, og den er klar og naturlig, fordi det, der tilsigtes ved en matematisk Formel, jo netop er Beregnelighed af det Fænomen, for hvilket Loven er opstillet. Naar Merkel ikke anerkender dette Princips Gyldighed men vil erstatte det ved et andet, maa han virkelig give Grunde derfor, og indtil saadanne tilstrækkelig overbevisende Grunde ere givne, maa det være tilladt at nære en, saa vidt jeg kan se, vel begrundet Tvivl om, at der kan tillægges den Merkelske Formel nogensomhelst Værdi.

Ved de her gennemførte Beregninger antager jeg foreløbig at have gjort tilstrækkeligt for at godtgøre Skelnelovens Berettigelse; af rent praktiske Grunde vil det i al Fald være umuligt at gennemgaa alle de i Litteraturen foreliggende Maalinger, paa hvilke Loven kan finde Anvendelse, og vi ville derfor blive staaende ved de her behandlede typiske Tilfælde. Der har ved disse vilkaarlig valgte Forsøg vist sig saa god Overensstemmelse

[1]) Phil. Stud. Bd. IV, S. 567.

mellem Teori og Erfaring, at Skelneloven vel ikke kan betragtes som fri Fantasi, men tør gøre Regning paa at blive underkastet en nærmere Undersøgelse ved fremtidige Arbejder paa dette Omraade. Jeg skal derfor indskrænke mig til at fremdrage et enkelt Spørgsmaal af anden Natur end de hidtil behandlede for at vise, hvor vidtrækkende en Betydning Skelneloven vil kunne faa, hvis den i Tidens Løb skulde vise sig fuldstændig gyldig paa alle Omraader.

Saavidt jeg mindes, har allerede Chevreul gjort den Iagttagelse, at Kontrasten er desto stærkere, jo mindre det reagerende Felt er, alt andet lige [1]). Dette er en ligefrem Konsekvens af Skelneloven, da Skelnetiden ifølge Lig. 1 er afhængig af den rumlige Udstrækning af Objekt og Baggrund. Naar vi i det foregaaende fuldstændig have set bort herfra, er det naturligvis begrundet i, at Objektets og Baggrundens Extensitet er konstant indenfor den enkelte Forsøgsrække, hvorfor dette Forhold ikke behøver at tages med i Beregning, men ligefrem gaar ind i de Konstanter, som findes i Formlerne for de forskellige Forsøgsrækker. Men hvis man ved en eller anden Undersøgelse holder Baggrundens Størrelse konstant, medens Objektets rumlige Udstrækning varierer, saa har man ifølge Lig. 2: $t = K\sqrt{s}$, hvor s er Objektets Størrelse med Baggrundens som Enhed, men hvis denne er konstant, og det kun kommer an paa at bestemme Forholdet mellem de Værdier af t, der svare til de forskellige Værdier af s, kan s naturligvis udtrykkes i et vilkaarligt Maal. Hvis s altsaa ikke er konstant, vil den indgaa i Kontrastlovene, idet man i Stedet for Lig. 35 faar:

$$t_1 - t = \frac{1}{c} \cdot \frac{r - I}{r} \cdot \frac{1}{\sqrt{s}}$$

og sættes nu denne Størrelse lig Kontrastkoefficienten, bliver Ebbinghaus' første Kontrastlov til:

$$\frac{1}{\sqrt{s}} a(r - I) = i - r \quad \text{eller} \quad A(r - I) = i - r, \quad \text{idet} \quad A = \frac{a}{\sqrt{s}}.$$

Hvis man altsaa udfører en Række Kontrastmaalinger for samme r og I, men med forskellig Størrelse af det reagerende Felt og beregner Størrelsen A for hvert enkelt Tilfælde, saa skal: $a = A\sqrt{s}$.

Da der, saa vidt mig bekendt, hidtil ikke er blevet udført Maalinger over Kontrastens Størrelse ved forskellig rumlig Udstrækning af det reagerende Felt, har jeg maattet anstille en Række Forsøg herover. Disse ere udførte ganske ligesom mine tidligere Kontrastmaalinger, kun med den Forskel, at de inducerende Baggrunde blev taget saa store, at Skiverne var helt omgivet af dem, saa at den sorte Kasse, der tidligere afskar den

[1]) Det har ikke været mig muligt at finde det paagældende Citat i Ch.s omfangsrige Arbejder, men jeg er temmelig sikker paa at have set en Bemærkning af denne Art hos ham.

nederste Del af Skiven for Iagttageren — og dermed indførte en fremmed forstyrrende Faktor — nu kunde udelades. Skiverne, de reagerende Felter, havde konstant 10 Cm. Radius og de forskellige Størrelser blev frembragt derved, at der i Centrum anbragtes Skiver af samme Klarhed som den inducerende Baggrund, men af forskellig Størrelse. Der fremkom saaledes Ringe, hvis ydre Radius konstant var 10 Cm., men hvis Brede varierede fra 2 til 7 Cm., og for hver af disse Ringe N bestemtes paa sædvanlig Maade den Størrelse, som de sorte og hvide Sektorer skulde have, for at Ringens Lysning skulde være lig den konstante Klarhed af en Ring P af tilsvarende Brede, der blev set mod en Baggrund af samme Klarhed som den selv. Klarheden af Ringen P var altsaa den inducerede Lysning i; Baggrunden, mod hvilken Ringen N saas, var den inducerende Lysning I, og de for N fundne Værdier de reagerende Lysninger r. Udtrykt i det tidligere benyttede absolute Maal var ved disse Forsøg $I = 2776$, $i = 63490$, de fundne Værdier af r ere givne i Tab. XVI dels i Grader sort, dels i absolut Maal. Tab. giver iøvrigt først Breden s af de anvendte Ringe i Cm., desuden $i - r$, $r - I$, den deraf beregnede Konstant $A = \frac{i - r}{r - I}$, og endelig $a = A\sqrt{s}$. Middeltallet af samtlige Værdier af a er $a_m = 0{,}2134$, og Fejlen $f = a - a_m$ er angivet i sidste Søjle.

Tab XVI.

s	r	$i - r$	$r - I$	$A = \frac{i-r}{r-I}$	$a = A\sqrt{s}$	$a - a_m$
2	$144^\circ = 55030$	8460	52254	0,1619	0,2290	+ 0,0156
3	$140 = 56010$	7480	53234	0,1406	0,2434	+ 0,0300
4	$136 = 57020$	6470	54244	0,1193	0,2386	+ 0,0252
5	$132 = 57990$	5500	55214	0,0996	0,2228	+ 0,0094
6	$127 = 59260$	4230	56484	0,0749	0,1834	— 0,0300
7	$124 = 59960$	3530	57184	0,0618	0,1634	— 0,0500

Medens A synker meget stærkt med voxende Værdier af s, ses a at være tilnærmelsesvis konstant. For de første fire Værdier er Variationerne saa smaa, at de sikkert udelukkende hidrøre fra Forsøgsunøjagtigheder; den stærke Synken af de to sidste Værdier lader sig vel neppe forklare herved, men staar snarere i Forbindelse med den tidligere berørte Omstændighed, at Formlen $t = K\sqrt{s}$ ikke er fuldstændig nøjagtig, idet der under specielle Forhold indtræder smaa Afvigelser. Disse Anomalier skulle vi dog ikke gaa nærmere ind paa her, da der, selv naar de ikke tages med i Beregning, maa siges at være ret god Overensstemmelse mellem Teori og Erfaring.