

Om Anvendelsen af
Middelgradationernes Metode

paa

Lyssansen.

Af

Dr. phil. Alfr. Lehmann.

Med en Tavle.

Vidensk. Selsk. Skr., 6. Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. IV. 2.

Kjøbenhavn.

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

1886.

Pris: 1 Kr. 50 Øre.

Om Anvendelsen af
Middelgradationernes Metode

paa

Lyssansen.

Af

Dr. phil. Alfr. Lehmann.

Vidensk. Selsk. Skr., 6. Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. IV. 2.

Kjøbenhavn.

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

1886.

Indhold.

	Pag.
Indledning	237.
Foreløbige Forsøgsresultater	240.
Kvantitativ Bestemmelse af Lyskontrasten	250.
Kontrastens Elimination	259.

Indledning.

Saa vidt vides, foreligger der ikke andre Undersøgelser¹⁾ over Lyssansen efter Middelgradationernes Metode end det ene Arbejde af Delboeuf, i hvilket Metodens Mulighed for første Gang er paavist²⁾. Ved disse Forsøg konstaterer Delboeuf som bekendt Gyldigheden af den Weberske Lov indenfor temmelig vide Grænser³⁾. Men da nu Aubert ved Anvendelsen af de netop mærkelige Forskelles Metode har paavist, at den Weberske Lov strængt taget slet ikke gælder for Lyssansen, saa opstaar naturlig det Spørgsmaal, om disse afvigende Resultater ikke kunne forklares ved de anvendte Metoders Forskellighed. Og da særlig den Delboeufske Metodes praktiske Brugbarhed og Nøjagtighed, som alt sagt, endnu ikke er undersøgt, saa ligger det nær at underkaste den en kritisk Prøve. Efter Hr. Prof. Wundts Opfordring overtog jeg derfor i Efteraaret 1885 Ledelsen af en Række Undersøgelser i hans psykofysiske Laboratorium med det Formaal: at bestemme Brugbarheden af Middelgradationernes Metode for Lyssansens Vedkommende.

Strax ved de indledende Forsøg viste det sig, at den af Delboeuf trufne Forsøgsanordning umulig kunde give nøjagtige Resultater. Naar man nemlig, som Delboeuf har gjort det, fremstiller de tre Flader, hvis Lysninger skal sammenlignes, som tre umiddelbart til hinanden grænsende koncentriske Ringe, saa opstaar der ved Berøringslinjerne en meget stærk successiv-simultan Kontrast. Man ser som Følge deraf ikke tre men sex til otte Ringe af forskellig Lysning. Denne Ulempe lod sig muligvis overvinde ved at tage de tre oprindelige Ringes Brede tilstrækkelig stor. Men ved en Brede af 5 cm. for hver Ring, hvilket var den største Brede, som vore Rotationsapparaters Form tillod os at prøve, var det os endnu umuligt at vurdere med Sikkerhed, naar Iagttageren havde en Afstand af c. 2 m. fra Apparatet. Der dannede sig da kun en ganske smal, tilsyneladende kontrastfri Ring, der adskilte Grænsekontrastringene fra hinanden, idet disses Brede omtrent var 2 cm. Gaar man nu ud fra, at Grænsekontrasten har en saadan Udstrækning, at den ses under

¹⁾ Bretons Forsøg maa snarere kaldes en Demonstration af Metoden end en Undersøgelse. Jvf. Müller: Zur Grundlegung der Psychophysik pag. 164.

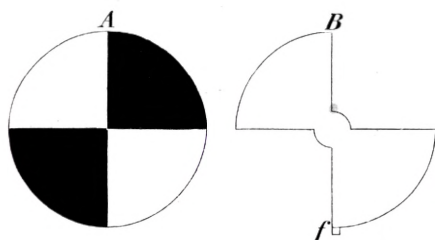
²⁾ Étude psychophysique, Bruxelles 1873.

³⁾ Anf. Skrift pag. 46.

en bestemt Synsvinkel, saa maatte den ved Delboeuvs Forsøg, hvor lagttageren rimeligvis som oftest har havt en Afstand af 1 m. fra Apparatet¹⁾, strække sig 1 cm. ud over Ringene fra begge Sider. Men Delboeuvs Ringe vare kun 2,3 cm. brede²⁾, og maa altsaa have været næsten fuldstændig dækkede af Grænsekonsumenten. Hvorledes det under disse Omstændigheder har været lagttagerne muligt at afgive et sikkert Skøn, er mig egenlig en Gaade³⁾.

Til den Vanskelighed, som Grænsekonsumenten altid maa berede, selv ved nok saa stor en Brede af Ringene, kommer endnu et andet Forhold, som gjorde det nødvendigt for os at forlade den Delboeuvske Forsøgsanordning. Ved alle psykophysiske Forsøg, spiller, som man véd, den rumlige Ordning en meget væsentlig Rolle. Naar man derfor, som Delboeuf, indretter sig saaledes, at den mørkeste Ring stadig er den yderste, den lyseste den inderste, saa indfører man derved muligvis en konstant Fejl i Resultaterne, hvilken lader sig eliminere ved, at de tre Ringe afvekslende indtage alle mulige Stillinger til hinanden. I al Fald maa man, naar man sætter sig til Opgave at underkaste Metoden en kritisk Prøve, ogsaa have Opmærksomheden henvendt paa dette Forhold. Men at udføre slige Forsøg med koncentriske Ringe vil ikke blot have sine praktiske Vanskeligheder, men ogsaa være meget tidsspildende paa Grund af det store Antal Kombinationer, der maa prøves. Efter Hr. Prof. Wundts Forslag blev derfor Delboeuvs Anordning strax opgivet, og følgende mere praktiske Fremgangsmaade gennemført.

Som Objekter tjente tre cirkulære Skiver, der hver for sig kunde sættes i hurtig Rotation om en Axe gennem Centrum ved Hjælp af et Urværk. Skivernes Radius var 10 cm., og i øvrigt var de alle tre ens, udførte af hvidt stift Kartonpapir og delte ved to paa hinanden vinkelrette Diametre i fire Sektorer, af hvilke to diametralt modsatte vare malede sorte, medens de to andre havde Papirets naturlige Farve. Skivernes Udseende var



altsaa det i Fig. A viste. Til hver Skive hørte et Par Dobbeltsektorer, udført af samme Slags Kartonpapir, med en Radius = 10 cm. og en Centervinkel paa 90°. (Se Fig. B). Af hvert Par var den ene umalet, den anden malet sort med det samme Farvestof (Parisersort), der var benyttet til Skiverne. Naar nu f. Ex. en sort Dobbeltsektor blev anbragt paa samme Axe som en af Skiverne, saa kunde man

¹⁾ lagttagerens Afstand er i Almindelighed ikke anført, kun pag. 70 i det nævnte Skrift findes en saadan angivet, der synes at have Gyldighed for de fleste Tilfælde.

²⁾ Anf. Skrift pag. 52.

³⁾ Jeg skal dog nedenfor ved passende Lejlighed fremdrage et Faktum, som rimeligvis kan kaste noget Lys over denne Sag.

altsaa, ved at lade den dække større eller mindre Partier af det hvide, forandre den roterende Skives Lysning mellem Grænserne 360° sort og 180° sort + 180° hvidt. Og paa lignende Maade kunde man ved at lade den hvide Dobbeltsektor dække Skivens sorte Sektorer frembringe alle mulige Kombinationer mellem 180° sort + 180° hvidt og 360° hvidt. Paa Skivernes Bagside var anbragt en Gradinddeling, der tillod en nem og nøjagtig Indstilling af hvilken som helst Kombination af sort og hvidt. For bagfra at kunne iagttage Dobbeltsektorernes Stilling og aflæse Gradantallet, var disse forsynede med et lille Fremspring (*f*, Fig. B), der ragede ud over Skiven. Gradinddelingen var naturligvis udført med størst mulig Nøjagtighed, og da 1° paa en Cirkel med 10 cm. Radius er omtrent 1,7 mm. lineært Maal, saa lod der sig med Lethed aflæse halve Grader.

For at sikre os en fuldstændig konstant Belysning fra Dag til Dag bleve Forsøgene udførte i det mørke Kammer ved kunstig Belysning. Valget af denne voldte imidlertid nogen Vanskelighed. Normal-Spermacetyllys kunne rimeligvis antages at have en konstant Lysstyrke, saalænge der er fuldstændig Ro i Luften, men enhver Bevægelse, der bringer Flammen til at flagre, maa nødvendigvis fremkalde en ujevn Smeltning af Stearinet og dermed en Forandring af Lysstyrken. Dette Belysningsmiddel maatte derfor uden nærmere Prøve paa Forhaand opgives. De Moderatørlamper, Oljelamper, som ved tidligere Forsøg i Laboratoriet havde gjort god Tjeneste, viste sig imidlertid at lide af uheldelige Alderdomssvagheder, og da der altsaa maatte anskaffes nye, foretrak jeg Petroleumslamper, der ere langt lettere at holde i Orden og regulere end Oljelamperne. Med vore specielle Formaal for Øje lod jeg lave to cylindriske Blikbeholdere, 10 cm. høje og 12 cm. i Diameter, til hvilke der paa sædvanlig Maade blev fastskruet Rundbrændere af de størst mulige Dimensioner (Brænderens Maal foroven = 2,5 cm. udvendig Maal). Beholderens store Diameter skulde forhindre en betydelig Niveauforandring i den korte Tid (c. 2 Timer), som der uden Standsning kunde arbejdes, men det viste sig iøvrigt ved en Række foreløbige Forsøg, at en Niveauforandring ingen paaviselig Indflydelse havde paa Lysstyrken. Flammehøjden, maalt fra Brænderens Overkant til Flamme-spidsen, syntes i det hele taget at være den eneste Faktor af Betydning. Naar den ved nøjagtig Regulering var gjort lige stor i begge Lamper, saa lod der sig ikke fotometrisk paavise nogen Forskel i Lysstyrken. Der blev derfor engang for alle fastsat et bestemt Maal (7 cm.) for Flammehøjden ved samtlige Forsøg, og en Forandring af denne Størrelse lod sig som sagt neppe paavise i Løbet af et Par Timer. De tre Rotationsapparater, der satte Skiverne i Bevægelse, blev opstillede saaledes, at Skiverne stod i samme lodrette Plan saa nær som mulig ved hinanden. I 170 cm. Afstand anbragtes Lamperne. Herved er imidlertid at bemærke, at Lampernes Stilling ingenlunde er ligegyldig. Stilles de begge overfor den midterste Skive, saa er det indlysende, at denne, hvis Afstand fra Lyskilden nu er kortere end de to andre Skivers, og som tilmed belyses ved vinkelret indfaldende Lys, nødvendigvis maa blive stærkere belyst end de to andre. Fjærnes derpaa Lamperne hver

til sin Side fra Symetrilinjens (den vinkelrette Linje paa den midterste Skive i dennes Centrum), idet dog Afstanden fra Skivernes Plan forbliver uforandret, saa formindskes Belysningen paa den midterste Skive, medens den voxer for de to andres Vedkommende, og der maa altsaa kunne findes en Stilling, hvor alle tre Skiver ere lige stærkt belyste. Et Forsøg paa at løse Problemet ad theoretisk Vej mislykkedes for saa vidt, som man ved at tage Hensyn baade til Lampernes Afstande og Lysets Indfaldsvinkler kommer til en saa kompliceret Ligning, at det vilde koste mere Arbejde at løse den, end Sagen er værd. Med en for det praktiske Behov tilstrækkelig Nøjagtighed lader Lampernes Stilling sig finde rent experimentalt. De tre Skiver stilles nøjagtig paa samme Gradantal og sættes i Rotation; ud fra Midtstillingen forskydes Lamperne saa hver til sin Side, indtil en Forskel mellem de tre Skiver ikke længer kan iagttages. Dette indtraf ved en Afstand af 55 cm. fra Symmetrilinjens, og denne Stilling beholdt Lamperne derfor ved alle Forsøg med tre Skiver. — Det behøver iøvrigt ikke nærmere Omtale, at Lamperne vare omgivne med en Kappe af sort Papir, der holdt alt generende Lys borte fra Iagttageren, hvis Plads var umiddelbart bag Lamperne.

Inden vi nu gaa over til en nærmere Omtale af selve Forsøgene, skal jeg blot bemærke, at samtlige i det følgende anførte Forsøg ere anstillede i Forening med Hr. Mag. H. Neiglick fra Helsingfors, og det skyldes væsenlig hans Ihærdighed og den Beredvillighed, hvormed han stillede sin Tid til Disposition, at det overhovedet lykkedes mig at føre Undersøgelserne igennem.

Foreløbige Forsøgsresultater.

Det første Maal for vore Undersøgelser var at bestemme de tidlige og rumlige Forholds Betydning for Metoden. — Hvad de første angaa, er Sagen følgende. Da Opgaven er at finde den Størrelse af den variable Skives hvide Sektor, ved hvilken Skivens Lysning for det subjektive Skøn ligger midt imellem en lys og en mørk Skives, saa bliver der ved en rationel Bestemmelse af denne Størrelse to Veje at gaa. Man kan enten begynde med at indstille saa lille en Sektor, at Skiven afgjort er for mørk, og nu langsomt forøge dens Lysning indtil det Punkt, hvor den større Lighed med den mørke Skive er forsvunden, og hvor man altsaa har en nedre Grænse for Midten; idet man nu gaar videre, finder man en øvre Grænse for Midten dér, hvor Skiven begynder at blive for lys. Eller ogsaa kan man gaa den modsatte Vej, idet den variable Skive til at begynde med er afgjort for lys. Det ligger nu i Sagens egen Natur, at man ad disse to Veje, af hvilke vi ville kalde den første den opadgaaende \uparrow , den sidste den nedadgaaende \downarrow , ikke nødvendigvis maa komme til samme Resultat. For ikke at indføre en Fejl, maa man altsaa stadig gaa begge Veje og betragte Middeltallet af de saaledes fundne Værdier som den rette. Ved alle vore Forsøg have vi, for saa vidt mulig at eliminere Tilfældigheder, altid gjort Bestemmelsen to

Gange, i Almindelighed paa forskellige Dage. Vi have saaledes ialt 8 Grænseværdier for Midten, og tages Middeltallet af disse, tør vel de fleste fra Tidsforholdene hidrørende Fejl antages at være eliminerede. — Til nærmere Belysning af det udviklede skal jeg gengive en enkelt fuldstændig Forsøgsrække, som jeg tager ud blandt vore allerførste Forsøg, og som derfor endnu lader Vurderingens Usikkerhed træde tydelig frem. Denne vil være mere oplysende end de senere Forsøgsrækker, hvor de fire Middeltal kun undtagelsesvis afvige fra hinanden.

TABEL I.

↑			↓			↓			↑		
<i>x</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>x</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>x</i>	<i>V</i>	<i>M</i>	<i>x</i>	<i>V</i>	<i>M</i>
22	d		56	h		56	h		22	d	
24	d		52	h		52	h		26	d	
26	d		48	h		48	h		28	d	
28	d		46	h		45	h		30	d	
30	md	} 34	44	mh	} 40	44	mh	} 40	32	md	} 36
32	md		42	m		42	mh				
34	m		40	m		40	mh				
36	mh		38	md		38	m				
38	mh		36	md		36	md				
40	h		34	d		34	d		42	d	

Af disse Forsøgsrækker ere, som det ses, de to opadgaende, de to nedadgaende. I Søjlerne med Overskriften *x* er den hvide Sektors Størrelse angivet i Grader, *V* indeholder Vurderingen (d = dunkel, m = Mitte, h = hell), og endelig *M* Middeltallet af Grænserne for Midten. Denne lille Tabel viser tydelig den Indflydelse, som de tidlige Forhold have paa Bedømmelsen: man sætter stadig Midten for tidlig, saa at man faar forholdsvis lavere Værdier i de opadgaende Rækker, hvor man gaar fra Mørke til Lys, end i de nedadgaende Rækker, hvor Bevægelsen er den modsatte. Ved Øvelse kan man ganske vist bringe det dertil, at Middeltallene for de op- og nedadgaende Rækker nærme sig betydelig mere til hinanden, end Tilfældet er her; nogle af vore sidste Forsøgsrækker vise, som alt sagt, næsten ingen Afvigelser mellem Middeltallene. Og dog røber der sig en Tendens til at sætte Grænsen for tidlig, ti hvor Afvigelser forekomme, gaa de i Reglen i denne Retning¹⁾. Hermed

¹⁾ Undtagelser forekomme naturligvis ogsaa, som de nedenfor givne Forsøgsrækker ville vise. Her er i det hele ikke Tale om en uforanderlig Lov, men kun om en almindelig Tendens, der psykologisk let lader sig forklare. Man venter, at et Fænomen skal indtræde, Opmærksomheden er spændt i den Retning, og saa tror man at iagttage det, før det virkelig er indtruffet.

turde det altsaa være bevist, at Tidsforholdene have en paaviselig Indflydelse paa Vurderingen, og heraf følger da atter Nødvendigheden af at gaa systematisk til Værks ved Forsøgene.

Vi vende os nu til en nærmere Undersøgelse af de rumlige Forhold, der for saa vidt have den største Interesse, som det er dem, der have givet det foreliggende Arbejde sin omfattende Karakter. Det er allerede omtalt, at man i Analogi med, hvad man kender fra de andre psykologiske Metoder, maa antage, at de tre Skivers Stilling til hverandre vil influere paa Resultaterne. Kalde vi de tre Skiver d , v og h (dunkel, variabel, hell), saa kunne disse altsaa ordnes paa følgende tre Maader: d, v, h , — v, d, h — d, h, v — og det er da paa Forhaand yderst sandsynligt, at der til konstante d og h vil svare forskellige Værdier for v i de tre Tilfælde. Ved de Delboeuf'ske Ringe vilde Forholdet blive endnu mere kompliceret, idet dèr ikke blot den indbyrdes Stilling men ogsaa den forskellige Størrelse maa tages i Betragtning. Med andre Ord: Kombinationen d, v, h bliver dèr ikke ensbetydende med h, v, d , ti lader vi Retningen fra venstre mod højre betegne Retningen fra Periferi mod Centrum, saa er i første Tilfælde d den yderste og h den inderste Ring, og Forholdet bliver da omvendt i det andet Tilfælde, og disse to Stillinger kan, paa Grund af Ringenes ulige Størrelse, godt tænkes at give forskellige Resultater. Ved den Delboeuf'ske Anordning vilde der derfor være 6 Kombinationer at undersøge; vore Skiver give paa Grund af deres Ligestorhed kun tre Kombinationer, da Ordningen d, v, h er identisk med Ordningen h, v, d o. s. v. Jeg gaar nu over til at give Resultaterne af to Forsøgsrækker, i hvilke de tre forskellige Stillinger ere undersøgte.

TABEL II.

d	h	$d, v, h.$						$v, h, d.$						$v, d, h.$					
		N.			L.			N.			L.			N.			L.		
		↑	↓	\bar{M}	↑	↓	\bar{M}	↑	↓	\bar{M}	↑	↓	\bar{M}	↑	↓	\bar{M}	↑	↓	\bar{M}
90° H +270° S	180° H +180° S	123	126	125,5	122	127	126	114	114	115,5	118	119	119	110	115	116	115	121	117
180° H +180° S	360° H + 0° S	274	274	270	268	270	266	258	266	263,5	268	270	268,5	242	240	241	244	244	243
		268	264		262	264		266	264		268	268		238	244		240	244	

Under Overskriften d og h er angivet Sættningen henholdsvis af den mørke og den lyse Skive. Tabellen falder iøvrigt i tre Hovedgrupper, svarende til de tre mulige Stillinger af Skiverne. I hver af disse Grupper ere Resultaterne for de to Iagttagere, N og L , angivne, d. v. s. Middeltallene af de ved to opadgaende og to nedadgaende Forsøgsrækker fundne Grænseværdier for Midten. Disse Tal ere ligesom tidligere Størrelsen af

den hvide Sektor i Grader. Endelig er for hver Iagttagelse anført Middeltallet af de fire sammenhørende Værdier. Fæste vi nu Opmærksomheden paa disse Middeltal, saa vise de sig at afvige ret betydelig fra det, som man egentlig maatte vente at finde. Skivernes rumlige Ordning kan jo ikke ret vel tænkes at have Indflydelse paa Resultaterne uden derved, at Kontrastforholdene mellem Skiverne forandres. Staar den variable nærmest den mørke (v, d, h) saa maa ogsaa dens Kontrast mod den mørke være større end dens Kontrast mod den fjærnere lyse. Den variable maa altsaa se forholdsvis lys ud, hvoraf følger, at man maa vente at finde et relativt ringe Gradantal for den hvide Sektor. Omvendt ved Stillingen v, h, d . Her maa den variable formørkes ved Kontrasten, og dens objektive Lysning (Klarheden) maa altsaa være forholdsvis stor, inden den subjektivt skønnes at ligge midt imellem d og h . Endelig maa man vente ved Stillingen d, v, h at finde middelstore Værdier, da Kontrasten mod d og h her gaar i modsatte Retninger og altsaa rimeligvis vil eliminere sig selv. Forsøgene vise nu imidlertid, at disse teoretiske Betragtninger kun tildels holde Stik. Medens nemlig Stillingen v, d, h i begge Forsøgsrækker giver afgjort lavere Værdier end Stillingen d, v, h — hvilket stemmer med Teorien — saa er det saa langt fra, at v, h, d giver højere Værdier end d, v, h , at den tværtimod har en Tendens til at give lavere Tal. Det er altsaa utvivlsomt, at der har været andre Faktorer medvirkende end selve Kontrasten mellem Skiverne.

Aarsagen til Uoverensstemmelserne er da heller ikke vanskelig at paavise. De tre Skiver bleve nemlig set mod Værelsets sortmalede Væg som Baggrund. Ved Kontrasten mod denne maa de da alle være blevne paavirkede i højere eller ringere Grad, uden at vi dog med Sikkerhed kunne afgøre hvormeget. Dette har imidlertid heller ingen væsentlig Betydning; Hovedsagen er, at vi ved denne Kontrast, som utvivlsomt maa have fundet Sted, kunne forklare Afvigelserne mellem Forsøgene og Teorien. Ved Stillingen v, h, d maa v 's Kontrast mod den lyse Skive (h) og den mørke Baggrund modvirke hinanden, saa at Resultatet vil være afhængig af, hvilken af disse Paavirkninger der har Overvægten, men i ethvert Fald maa Kontrasten mod den mørke Baggrund bevirke, at man finder et mindre Gradantal, end Tilfældet vilde være, naar Baggrunden ingen Indflydelse havde. Vi forstaa saaledes i det mindste tildels, hvorfor Værdierne for Stillingen v, h, d i første Række af Tab. II nærmer sig mest til dem, der ere fundne for v, d, h , i anden Række derimod til dem for d, v, h ; det er Baggrundens ulige Indflydelse i de to Tilfælde, der fremkalder de forskellige Resultater. Paa den anden Side maa ved Stillingen v, d, h v 's Kontrast mod den mørke Skive og Baggrund gensidig støtte hinanden, derfor blive Værdierne her saa betydelig formindskede. — Disse to Forsøgsrækker lære os altsaa, at hvis Metoden overhovedet skal kunne give Oplysning om den Weberske Lovs Gyldighed, saa maa Kontrasten mod Baggrunden enten kunne hæves ved en passende Forsøgsanordning, eller dens Indflydelse maa kunne elimineres af Resultaterne. Men det første vil som nødvendig Betingelse

kræve, at alle tre Skiver ses mod en Baggrund af samme Lysning som deres egen. For Skiverne d og h lader dette sig naturligvis let opnaa, da de ere konstante i hver Forsøgsrække; for den variable Skives Vedkommende vilde det derimod sikkert være forbunden med store praktiske Vanskeligheder, da man stadig maatte variere Baggrunden ligesom Skiven. For at undgaa denne Ulempe slog jeg ind paa en anden Vej, som jeg antog maatte give os Midler i Hænde til at eliminere Baggrundens Kontrastvirkning af Resultaterne. Naar nemlig Skiverne d og h hver især ses mod en Baggrund af samme Lysning som deres egen, saa er Kontrasten for deres Vedkommende ophævet. Og naar nu den variable Skive i én Forsøgsrække har Baggrund fælles med d , i en anden med h , saa er der Grund til at formode, at den i sidste Tilfælde vil ses lige saa meget for mørk, som den i første Tilfælde maa synes for lys. I Middeltallet af to saadanne Forsøgsrækker skulde Baggrundens Kontrastvirkning altsaa være fuldstændig ophævet.

Denne Forsøgsanordning vilde blandt andre ogsaa have den Fordel, at en Undersøgelse af de tre forskellige Stillinger af Skiverne blev overflødig; det vilde være tilstrækkeligt at betragte Kombinationen d, v, h . Ti Muligheden for en Elimination af Kontrasten paa den angivne Maade hviler jo paa den Forudsætning, at den variable Skive vil danne lige stærk Kontrast med de to Baggrunde, mod hvilke den successiv ses. Hvorvidt denne Forudsætning er rigtig, vide vi naturligvis apriori intet om; det kan først en nærmere Undersøgelse afgøre, men gaa vi ud fra, at den er berettiget, saa vil den variable Skive jo ogsaa danne lige stærk Kontrast med Skiverne d og h , da disse netop have samme Lysning som Baggrundene. Ved Kombinationen d, v, h kan Kontrasten altsaa betragtes som ophævet, og der vil da ikke være nogen Grund til ogsaa at undersøge de to andre Stillinger, hvor Forholdene kun kunne være mere komplicerede.

Paa Basis af denne Betragtning blev der nu anstillet flere Forsøg. Som Baggrunde anvendtes forskellige forhaanden værende mørke og lyse Papirer, der anbragtes bag Skiverne i saadanne Afstande fra Lamperne, at de paa Grund af deres ringere Belysning fik samme Lysning som Skiverne. Herved viste sig den Ulempe, at Skiverne kastede meget tydelige og generende Skygger over Baggrundene. Denne blev dog undgaaet derved, at Lamperne hævedes et passende Stykke, idet de anbragtes ovenpaa en stor Kasse, der blev lagt tværs over Bordet. Skyggerne faldt nu noget lavere end Skivernes Overkant, og naar Iagttageren blot bøjede sig saa meget bag Kassen, at dennes Kant skjulte Skivernes nederste Halvdel for ham, vare Skyggerne fuldstændig usynlige. — Jeg giver her de fire Forsøgsrækker, som udførtes paa denne Maade.

TABEL III.

d	h	v mod d .						v mod h .					
		N .			L .			N .			L .		
		↑	↓	M	↑	↓	M	↑	↓	M	↑	↓	M
$0^\circ H$	$90^\circ H$	13	14	13,25	12	12	12,5	20	22	21,25	19	21	21
$+360^\circ S$	$+270^\circ S$	12	14	13,25	12	14	12,5	21	22	21,25	22	22	21
$0^\circ H$	$180^\circ H$	23	25	22,5	22	25	22,5	31	32	32,75	29	33	33
$+360^\circ S$	$+180^\circ S$	20	22	22,5	21	22	22,5	34	34	32,75	35	35	33
$90^\circ H$	$180^\circ H$	127	126	126,25	127	127	126,5	136	135	133,25	134	132	132,25
$+270^\circ S$	$+180^\circ S$	125	127	126,25	125	127	126,5	130	132	133,25	130	133	132,25
$180^\circ H$	$360^\circ H$	233	238	236,75	232	236	235,25	286	285	285,75	285	285	285,25
$+180^\circ S$	$+0^\circ S$	237	239	236,75	237	236	235,25	286	286	285,75	285	286	285,25

Denne Tabel behøver neppe nogen udførlig Forklaring. Under d og h er angivet den mørke og den lyse Skives Sammensætning, og Tavlen falder saa iøvrigt i to Hoveddele, efter som v ses mod en Baggrund af samme Lysning som den mørke (v mod d) eller som den lyse Skive (v mod h). For enhver Værdi af d og h er angivet Resultaterne af fire Forsøgsrækker for hver Iagttagelse, og ved Siden af, under Overskriften M , Middeltallet af disse fire Værdier. Som man ser, bekræfte Tabellerne tydelig vore Forventninger angaaende Kontrastens Indflydelse: overalt, hvor v ses mod mørk Baggrund, ere Værdierne betydelig lavere end de tilsvarende ved lys Baggrund. Spørgsmaalet bliver altsaa kun, om vi, ved at tage Middeltallet af de sammenhørende Værdier for v , set mod mørk og mod lys Baggrund, ogsaa fuldstændig eliminere Kontrastens Indflydelse. Nogen egenlig Garanti herfor have vi, som ovenfor omtalt, slet ikke. Men hvis de saaledes fundne Middeltal skulde vise sig at falde meget nær sammen med de Værdier, som lade sig beregne under Forudsætning af den Weberske Lovs fuldstændige Gyldighed, saa er der dog Sandsynlighed for, at Kontrastens Indflydelse virkelig er elimineret, og de mulige Afvigelser mellem de ad teoretisk og experimental Vej fundne Tal ville da bevise, at den Weberske Lov ikke er uindskrænket gyldig. Naturligvis staar hele dette Ræsonnement paa temmelig svage Fødder, da en eventuel Overensstemmelse eller Uoverensstemmelse mellem Teori og Erfaring ogsaa lader sig forklare paa mange andre Maader, men inden vi gaa ind paa en nærmere Drøftelse af disse, vil det være hensigtsmæssig at sammenligne de allerede vundne Resultater med Teorien.

Saaframt den Weberske Lov gælder, skulde man med de her brugte Betegnelser have:

$$\frac{d}{v} = \frac{v}{h} \text{ altsaa } v^2 = dh.$$

Her kende vi h og d , altsaa lader v sig beregne. Dog støde vi derved paa den Vanskelighed, at vore sorte Sektorer ikke ere absolut mørke; vi kunne altsaa for h og d ikke uden videre sætte de hvide Sektors Gradantal. Men antage vi, at det hvide Papir reflekterer k Gange saa meget Lys som det sorte, saa vil en Skive sammensat af a° hvidt og $360^\circ - a^\circ$ sort have Lysningen:

$$L = \frac{ak + 360 - a}{360} \dots \dots \dots \text{ Lig. 1.}$$

Sætte vi altsaa:

$$d = \frac{ak + 360 - a}{360} \text{ og } h = \frac{bk + 360 - b}{360}$$

hvor a og b ere de hvide Sektors Gradantal, og kalde vi den ubekendte Størrelse af v 's hvide Sektor for x , saa skal ifølge den Weberske Lov:

$$\left[\frac{xk + 360 - x}{360} \right]^2 = \frac{ak + 360 - a}{360} \cdot \frac{bk + 360 - b}{360}.$$

Løses denne Ligning med Hensyn til x , faas:

$$x^2 + \frac{2 \cdot 360}{k-1} x - \frac{360(a+b)}{k-1} - ab = 0,$$

altsaa:
$$x = \frac{-360 \sqrt{(-)360^2 + 360(a+b)(k-1) + ab(k-1)^2}}{k-1} \dots \dots \dots \text{ Lig. 2.}$$

Skal denne Ligning benyttes til at bestemme x for forskellige Værdier af a og b , saa gælder det først om at finde k , Forholdet mellem Klarheden af det anvendte hvidt og sort. Som Middeltal af 16 Forsøg efter den af Aubert angivne Metode¹⁾ fandt vi $k = 68$. Indsættes altsaa denne Størrelse tillige med de sammenhørende Værdier for h og d (Tab. III), saa finder man det Antal (x) Grader hvidt, som den variable Skive i hvert enkelt Tilfælde skulde have, hvis den Weberske Lov var strængt gyldig. I nedenstaaende Tabel giver jeg de saaledes beregnede Værdier sammenstillede med Middeltallene af de i Tab. III givne Værdier. Under Overskriften f er desuden givet de fundne Værdiers Afgivelse fra de beregnede.

TABEL IV.

d	h	ber. v .	N .		L .	
			v .	f .	v .	f .
$0^\circ H + 360^\circ S$	$90^\circ H + 270^\circ S$	16,7	17,25	+ 0,55	16,75	+ 0,05
$0^\circ H + 360^\circ S$	$180^\circ H + 180^\circ S$	26,2	27,6	+ 1,4	27,75	+ 1,55
$90^\circ H + 270^\circ S$	$180^\circ H + 180^\circ S$	127,5	129,75	+ 2,25	129,4	+ 1,9
$180^\circ H + 180^\circ S$	$360^\circ H + 0^\circ S$	254,7	261,3	+ 6,6	260,3	+ 5,6

¹⁾ Physiologie der Netzhaut pag. 72.

De under Overskriften v givne Tal ere, som ovenfor omtalt, Middeltallene af de i Tab. III angivne sammenhørende Værdier for v set mod mørk og mod lys Baggrund. Som det ses, afvige disse alle i én Retning fra de beregnede; de ere alle for store. Der kan da ikke godt være Tale om, at denne Afvigelse skulde være en Tilfældighed. Fastholde vi nu foreløbig den Antagelse, at det er lykkedes os at eliminere Kontrasten ved den anvendte Metode, saa betegne altsaa de fundne Afvigelser, at den Weberske Lov ikke er strængt gyldig, og tilmed vise de, i Samklang med Auberts Forsøg, at Forskelsmodtageligheden voxer med stigende Intensitet. Ti efter Webers Lov er: $v^2 = d \cdot h$. Vi have derimod funden $v^2 > dh$, hvorefter følger:

$$\frac{v}{d} > \frac{h}{v} \text{ eller } \frac{v}{d} - 1 > \frac{h}{v} - 1 \text{ altsaa } \frac{v-d}{d} > \frac{h-v}{v}$$

hvilket var det, der skulde bevises, ti $v > d$ og Forskelsmodtageligheden maales ved de angivne Brøkers reciproke Værdi.

Saa sandsynligt nu end dette Resultat tager sig ud ved sin smukke Overensstemmelse med Auberts Resultater, saa lide vore Forsøg dog af den Ulempe, at de ogsaa kunne tillade en ganske anden Tydning. Man behøver nemlig blot at antage, at den variable Skive forandres mere ved Kontrasten mod den lyse end mod den mørke Baggrund. Hvis dette er Tilfældet, ville altsaa de lave Værdier, der faas ved Kontrasten mod mørk Grund, ikke fuldstændig kunne kompensere de høje Værdier, som den anden Kontrast foraarsager. Middeltallene af begge Forsøg blive da noget for høje, eller med andre Ord: den Weberske Lov kan have den strængeste Gyldighed, og dog vil man, paa Grund af Forsøgsomstændighederne, netop faa de Afvigelser, som vi her have fundet. At afgøre, hvilken af disse to Opfattelser der er den rette, er aabenbart kun muligt paa Grundlag af bestemte Forsøg over Lyskontrasten, men saadanne foreligge, saa vidt mig bekendt, endnu ikke. Hvis vi altsaa ikke ville blive staaende ved denne dobbelte Mulighed, maa vi underkaste Lyskontrasten en kvantitativ Bestemmelse. — Denne Undersøgelse vil udgøre Indholdet af det følgende Afsnit.

Inden vi gaa over dertil skal jeg kun omtale, at de i Tab. III & IV behandlede Forsøg rimeligvis ikke ere ganske nøjagtige, idet de Baggrunde, mod hvilke Skiverne bleve set, næppe altid have haft ganske den samme Lysning som de tilsvarende Skiver. Jeg gik nemlig oprindelig ud fra, at smaa Differenser, som paa Grund af Forholdene vare vanskelige at undgaa, ikke vilde have nogen væsentlig Indflydelse. Der var altsaa dog en Mulighed for, at de i Tab. IV givne Uoverensstemmelser mellem Teori og Erfaring ligefrem kunde hidrøre fra Unøjagtigheder. For at prøve denne Mulighed blev den tredje af disse Forsøgsrækker gjort om med den størst mulige Nøjagtighed, og Resultatet blev da ogsaa et andet, men faldt just ikke ud til Fordel for den Weberske Lov. Vi fandt nemlig:

TABEL V.

d	h	ber. v .	N .		L .	
			v .	f .	v .	f .
$90^\circ H + 270^\circ S$	$180^\circ H + 180^\circ S$	127,5	133,75	+ 6,25	133,6	+ 6,1

Afvigelserne ere altsaa blevne omtrent tre Gange saa store som før, og der er da, som vore senere Undersøgelser ogsaa ville vise, ingen Grund til at antage, at Uoverensstemmelserne mellem Teori og Erfaring alene skulde hidrøre fra de smaa Unøjagtigheder, som kunne have indsneget sig. En nærmere Betragtning af de Delboeufske Resultater giver et yderligere Bevis herfor. Kontrastvirkningen maa nemlig blive den samme, hvad enten man anvender den Forsøgsanordning, som vi have brugt, eller man betragter tre koncentriske Ringe, af hvilke den yderste er den mørkeste, den inderste den lyseste, naturligvis kun med den Forskel, at den førstnævnte Ordning udelukker Grænsekontrasten og den dermed følgende Usikkerhed i Bedømmelsen. Ti den midterste Ring paavirkes stadig i modsatte Retninger af de to andre, og i Middeltallet af en større Række Forsøg maa derfor den simultane Kontrasts Virkning antages at være ophævet i samme Udstrækning som ved vore Resultater, idet snart den ene snart den anden Kontrast har været fremherskende alt efter Opmærksomhedens Retning. De overordenlig store Afvigelser mellem de enkelte Bestemmelser, som Delboeufs Forsøg udvise, tyde ogsaa hen paa, at snart Kontrasten mod den lyse, snart Kontrasten mod den mørke Ring har været fremherskende; de ville nemlig neppe kunne forklares paa nogen anden Maade, forudsat at Belysningen har været nogenlunde konstant under den enkelte Forsøgsrække. Vi maa derfor paa Forhaand vente, at Delboeufs Forsøg giver det samme Resultat som vore, nemlig at Værdierne for den midterste Ring ere større, end de ifølge den Weberske Lov skulde være. Erfaringen bekræfter da ogsaa Rigtigheden af denne Forventning. I nedenstaaende Tabel have vi gengivet Resultaterne af Delboeufs første og tredje Forsøgsrække, sammenstillede med de efter den Weberske Lov beregnede Værdier. Herved er imidlertid at bemærke, at medens vi stadig have holdt de to Grænser konstante og søgt at fremstille den Lysning, der for det subjektive Skøn laa midt mellem de to andre, har Delboeuf ladet den mørke og den midterste være konstante og varieret den lyse. Det er altsaa vort h , der ved de Delboeufske Forsøg har været den variable Størrelse. Da vi nu have fundet:

$$v^2 > dh \text{ hvoraf følger } h < \frac{v^2}{d}$$

saa maa altsaa Delboeufs Forsøg, saafremt de stemme overens med vore, vise $h < \frac{v^2}{d}$, eller med andre Ord, det fundne h skal være mindre end det efter den Weberske Lov beregnede. Dette er ogsaa Tilfældet.

TABEL VI.

d	v	ber. $h = \frac{v^2}{d}$	Delboeufs Tab. I.			Delboeufs Tab. III.		
			fund. h	Middel- fejlen.	$\frac{v^2}{d} - h$	fund. h	Middel- fejlen.	$\frac{v^2}{d} - h$
9	47	245,4	237,6	37,3	+ 7,8	243,4	14,3	+ 2,0
13	27	56,1	54,4	0,9	+ 1,7	55,2	3,4	+ 0,9
13	36	99,7	98,8	6,6	+ 0,9	94,8	1,4	+ 4,9
13	41	129,3	129,2	13,4	+ 0,1	123,4	5,3	+ 5,9
13	56	241,2	247,8	27,2	- 6,6	235,8	13,1	+ 5,4
21	60	171,4	169,4	7,3	+ 2,0	157	6,8	+ 14,4
21	64	195,0	200	8	- 5,0	175,8	17,9	+ 19,2
22	36	58,9	57,6	2,1	+ 1,3	56,8	1,8	+ 2,1
22	51	118,2	119,8	11,8	- 1,6	107,4	7,4	+ 10,8
22	58	152,9	153,2	5	- 0,3	139,2	15,9	+ 13,7
22	66	198,0	194,8	27	+ 3,2	183,2	9,4	+ 14,8
43	64	95,3	97,4	3,9	- 2,1	94	5,2	+ 1,3
43	72	120,5	130	12,4	- 9,5	119,8	4,6	+ 0,7
43	87	176,0	176,8	16,6	- 0,8	168,8	9,3	+ 7,2

I de tre første Søjler er angivet Værdierne af d og v og de deraf, under Forudsætning af den Weberske Lovs Gyldighed, beregnede Værdier for $h = \frac{v^2}{d}$. Tabellen falder saa iøvrigt i to Hovedgrupper, svarende til de to Delboeufske Forsøgsrækker I & III. Forskellen mellem disse er kun den, at I er udført ved Dagslys, medens III er udført ved Belysning af et Stearinlys, opstillet i en Afstand af 25 cm. fra Apparatet; Iagttageren har været den samme i begge Forsøgsrækker. For hver af disse er angivet Middeltallene af de experimentalt fundne Værdier for h ; disse Middeltal ere dog ikke de i Delboeufs Originaltabeller anførte, men de for Regnefejl korrigerede Tal, som Müller har givet¹⁾. For disse Værdier af h er i hver Gruppe anført Middelfejlene, d. v. s. Middeltallene af Differenserne mellem de ved Forsøgene fundne enkelte Bestemmelser og de i Tabellen angivne Værdier af h . Endelig er der i den tredje Søjle af hver Gruppe angivet Størrelsen $\frac{v^2}{d} - h$, d. v. s. Differensen mellem de beregnede og de fundne Værdier af h . Betragt vi nu disse Differenser, saa viser det sig, at disse i den anden Gruppe alle ere positive, hvilket altsaa vil sige, at de beregnede Værdier for h alle ere større end de fundne — ganske i Overensmelse med, hvad vi havde ventet. I den første Gruppe er der derimod lige saa ofte nega-

¹⁾ Grundlegung der Psychophysik pag. 96.

tive som positive Differenser, saa at vore teoretiske Betragtninger her ikke synes at slaa til. Nu er imidlertid den første Gruppens Værdier gennemgaaende unøjagtigere end den andens, hvilket ses af, at Middelfejlene for hin ere større end for denne, og tilmed har Belysningen i første Tilfælde (Daglys) rimeligvis afveget betydelig fra den i sidste Tilfælde anvendte. Den større Unøjagtighed medfører naturligvis, at der ikke kan lægges saa megen Vægt paa Resultaterne af den første som af den sidste Forsøgsrække, og hvad Belysningens Styrke angaar, saa har Delboeuf selv godtgjort, at den har en stor Indflydelse paa Resultaterne. Da nu den af Delboeuf ved den her anførte Forsøgsrække benyttede kunstige Belysning meget nær har havt samme Styrke som den ved vore Forsøg anvendte, saa bliver det altsaa utvivlsomt, at de Delboeufske Forsøg vise ganske den samme Afvigelse fra Webers Lov som vore, for saa vidt som de ere udførte under omtrent de samme Forhold. Heraf følger da fremdeles, at de samme Aarsager, som ved vore Forsøg have fremkaldt Afvigelserne, ogsaa maa antages at have været virkende ved Delboeufs. Idet det nu i det følgende vil vise sig, at de omtalte Afvigelser for største Delen, om end ikke fuldstændig, skyldes Kontrasten mellem de tre Flader, som sammenlignes, saa synes hermed hele den Teori at maatte opgives, som Delboeuf støtter paa sine Forsøg.

Kvantitativ Bestemmelse af Lyskontrasten.

Muligheden for at opnaa en kvantitativ Bestemmelse af Lyskontrasten viste sig ganske tilfældig ved nogle af de foregaaende Forsøg. Vi iagttøge nemlig undertiden, at den variable Skive ved Kontrast mod den lyse Baggrund saa mørkere ud end den mørke Skive, tiltrods for, at dens Klarhed (objektive Lysning) var betydelig større end dennes. Og idet den variable Skives hvide Sektor voxede langsomt, naaede man et Punkt, hvor de to Skiver syntes at have samme Lysning, medens de objektivt afveg betydelig fra hinanden. Da nu denne objektive Differens, som Skiverne frembyde, idet de subjektivt ere lige lyse, maa give et Maal for Kontrastens Størrelse, saa er man altsaa i Stand til ved systematisk gennemførte Forsøg at finde Kontrastens Afhængighed af Forholdet mellem den inducerende og den reagerende Lysning. En saadan Undersøgelse foreligger hidtil ikke, og da den utvivlsomt vilde være af Betydning ogsaa for andre Tilfælde end det specielle, der førte os til den, saa besluttede vi at gennemføre den saa fuldstændig som mulig.

Selve Forsøgsanordningen er givet ved det allerede udviklede. En Skive, hvis Lysning vi ville kalde i , ses mod en Baggrund, med hvilken den smelter fuldstændig sammen. Mod en anden Baggrund af Lysning I kontrasterer en Skive, der varieres saa længe, indtil man har fundet den Klarhed r , ved hvilken Skiven paa Grund af Kontrasten har samme Lysning som i . Baggrunden I er altsaa den inducerende, Skiven r den reagerende og Skiven i den inducerede, d. v. s. den ved Kontrasten fremkaldte, Lysning.

Differensen $i-r$ giver altsaa den ved Kontrasten fremkaldte absolute Forandring, og den relative Forandring vil altsaa maales ved $i-r$ divideret med den Størrelse, der har lidt Forandringen. I Brøken $\frac{i-r}{r}$ have vi saaledes Maalet for Kontrastens subjektive Størrelse. Er nu Baggrunden I konstant, medens i varierer i det størst mulige Omfang, saa vil man til enhver ny Værdi af i finde en tilsvarende for r , og i de heraf beregnede Brøker $\frac{i-r}{r}$ har man da et Udtryk for Kontrastens Variationer med r , idet I er konstant. Og gentages nu hele denne Forsøgsrække for forskellige Værdier af I , faar man altsaa et Maal for Kontrastens Størrelse for hvilket som helst givne Værdier af I og r .

Til den praktiske Gennemførelse af disse Forsøg gælder det da først og fremmest om at skaffe sig det størst mulige Antal forskellige Baggrunde. Da de farvede Papirer, der gaa i Handelen, kun frembyde meget faa Afskygninger af graat, saa fremstillede jeg selv 10 saadanne ved Hjælp af det tidligere omtalte Farvestof. En saadan Maling med meget tynde Farver er som bekendt ikke let, og det lykkedes mig naturligvis heller ikke fuldstændig at undgaa Penselstriberne, men i den Afstand, c. 2 m., i hvilken Papirerne bleve betragtede, syntes de ganske jævne. Disse 10 Afskygninger af graat i Forbindelse med sort og hvidt gav os altsaa en Række af 12 Baggrunde, der viste sig tilstrækkelig til at skaffe os en tydelig Oversigt over Kontrastens Variationer under de forskellige Forhold. For at tilvejebringe fuldstændig Ensartethed ved alle Forsøgene, blev der for Enden af det Bord, paa hvilket Rotationsapparaterne med Skiverne vare opstillede, anbragt en firkantet Ramme, hvori de malede Baggrunde kunde ophænges. Skiverne bleve stillede foran disse, saa at de roterede i omtrent 1 cm. Afstand fra Baggrundene. Afstanden mellem de to Skivers Centrum blev taget = 32 cm., hvorved Afstanden mellem deres Rande altsaa blev 12 cm.; paa Grund af Iagttagernes store Afstand var det endnu let at sammenligne Skiverne i denne Stilling, og en Kontrast mellem dem, som kun vilde have forvirret Forholdene, var da udelukket. De to Baggrunde stødte op til hinanden i en ret Linje midt mellem Skiverne, og de omgav iøvrigt disse i en betydelig Brede paa alle Sider. Kun forneden strakte de sig ikke længere end lidt nedenfor Centrum, men da Iagttagerne stadig indtog den tidligere omtalte Stilling, ved hvilken den nederste Halvdel af Skiverne ikke kunde ses, saa har fremmede Kontrastforhold neppe kunnet have nogen Indflydelse. Endelig er der endnu at omtale, at Lamperne ved disse Forsøg, hvor der kun var to Skiver at belyse, stod lige over for disse, saa at de blev belyste ved vinkelret indfaldende Lys. Derved forsvandt ethvert Spor af Skivernes Slagskygger paa Baggrundene. Iagttageren havde naturligvis her som tidligere sin Plads umiddelbart bag Lamperne.

Vore første Forsøg gik nu ud paa at bestemme de forskellige Baggrundes Lysning. Naar en enkelt af disse blev anbragt paa sin Plads i Rammen med en Skive foran, saa

kunde man altsaa ved Forsøg finde Størrelsen af den hvide Sektor, ved hvilken Skive og Baggrund smæltede sammen. For at udelukke alle Kilder til Fejl udførtes dette systematisk, ved op- og nedadgaende Rækker, og Middeltallet af de saaledes fundne Værdier blev taget som det rette. Nedenstaaende anfører jeg disse Middeltal tillige med de deraf beregnede Lysninger med sort som Enhed. Da vi nemlig ikke direkte kunne operere med de fundne Gradstørrelser, fordi der maa tages Hensyn til, at sort ogsaa reflekterer noget Lys, saa vil jeg her og i det følgende strax angive de af Lig. 1 beregnede Lysninger. Hvor der altsaa ikke udtrykkelig er Tale om Gradantal, men kun angivet rene Tal, der betegne disse Lysningen bestemt som:

$$L = \frac{68a + 360 - a}{360}$$

hvor a er den hvide Sektors Gradantal. For de 12 Baggrunde have vi fundet følgende Værdier:

TABEL VII.

I. $0^\circ H + 360^\circ S = 1,00.$	VII. $130^\circ H + 230^\circ S = 25,19.$
II. $11,5^\circ H + 348,5^\circ S = 3,14.$	VIII. $166^\circ H + 194^\circ S = 31,89.$
III. $27^\circ H + 333^\circ S = 6,03.$	IX. $204^\circ H + 156^\circ S = 38,97.$
IV. $40^\circ H + 320^\circ S = 8,44.$	X. $253^\circ H + 107^\circ S = 48,09.$
V. $76^\circ H + 284^\circ S = 15,14.$	XI. $300^\circ H + 60^\circ S = 56,83.$
VI. $106^\circ H + 254^\circ S = 20,73.$	XII. $360^\circ H + 0^\circ S = 68,00.$

Vende vi os nu til selve Kontrastforsøgene, saa bliver her endnu blot nogle Enkeltheder at omtale, da vi ovenfor have gjort Rede for Forsøgsanordningen. Naturligvis maatte vi her gaa systematisk til Værks, da den fuldstændige Lighed mellem de to Skiver, der skulle sammenlignes, ikke indtræffer ved et enkelt bestemt Gradantal, men paa Grund af det subjektive Skøns Usikkerhed altid falder indenfor visse Grænser, som kunne variere lidt i de forskellige Forsøg. Desværre tillod den korte Tid os ikke at anstille saa mange Forsøgsrækker til Bestemmelsen af hver enkelt Størrelse, som en Elimination af alle Fejl gjorde strengt nødvendig. Det er utvivlsomt, at et større Antal Forsøg paa enkelte Steder havde givet mere overensstemmende Værdier. Men det var fra Begyndelsen kun vor Hensigt at undersøge Kontrastens Størrelse i saa mange Tilfælde som muligt, for at skaffe os et Overblik over dens almindelige Love, og denne Opgave lod sig naturligvis løse uden absolut nøjagtige Værdier. Først senere viste det sig af andre Grunde ønskeligt at faa nøjagtigere Bestemmelser, men da var Tiden allerede saa fremrykket, at det ikke kunde opnaas. De følgende Udviklinger ville imidlertid vise, at der ikke ligger særlig Vægt herpaa.

Det mærkeligste Resultat, som vore Kontrastforsøg have givet, forekommer mig at være dette, at der mellem Hr. Neiglick og mig ikke viste sig det mindste Spor af individuelle Differenser. I Begyndelsen, da vi endnu vare noget uøvede i Vurderingen af Lighed og

Ulighed mellem de to Skiver, kom smaa Afvigelser lejlighedsvis for; senere have de derimod saa godt som aldrig vist sig. Dette synes mig kun at kunne forklares ved den Antagelse, at Kontrastfænomenerne under givne Omstændigheder viser sig ens for alle, i det mindste alle normale, Øjne. Ti den modsatte Antagelse, at disse Fænomener gennemgaaende skulde være individuelt forskellige, men at Skæbnen fra forskellige Verdenshjørner havde ført to Mennesker sammen, der ganske tilfældig opfattede Forholdene ens indtil de fineste kvantitative Detailler, denne forekommer mig a priori at have saa ringe Sandsynlighed, at den maa forkastes. Imidlertid er det dog langt fra, at alle Erfaringer tale for en saadan Uafhængighed af Individualiteten. Ved kvalitative Kontrastforsøg, som jeg tidligere har anstillet i stor Udstrækning i København, viste det sig jævnlig, at tilfældige Tilstedeværende ikke kunde opdage Spor af Kontrast der, hvor den for mig traadte tydelig frem, og deres Farvesans var dog, som en nærmere Prøve viste, ganske normal. Paa lignende Maade er det gaaet ved de her omtalte kvantitative Bestemmelser. Enkelte tilfældige Iagttagere have opfattet Kontrasten saa svagt, selv under Forhold hvor den traadte yderst kraftig frem, at dens Størrelse for deres Vedkommende neppe var maalelig. Paa den anden Side have dog andre lejlighedsvis Tilstedeværende opfattet den ligesom Hr. N. og jeg. Nu har det rigtig nok stadig vist sig, at de Personer, for hvem Kontrasten traadte tydelig frem, vare øvede Iagttagere af den Art subjektive Fænomener, medens de andre altid vare uøvede, men dog synes Øvelsen her ikke at kunne forklare Forholdene. Ti hverken hos Hr. N. eller hos min Broder, cand. jur. O. L., der stadig assisterede mig ved Farvekontrastforsøgene, har der kunnet paavises nogen gradvis Tiltagen af Fænomenernes Styrke. Hr. N. var, da vi begyndte at arbejde sammen, ganske uøvet, og dog vurderede han strax fra Begyndelsen ligesom jeg. Disse Forhold turde rimeligvis fortjene en nærmere Undersøgelse, som da ogsaa let vil kunne gennemføres ved Hjælp af den kvantitative Metode. Skulde jeg, paa Basis af mine faa og ufuldstændige Iagttagelser, fremsætte den Forklaring, som forekommer mig den sandsynligste, da vilde det blive følgende. Man har som bekendt Afbildninger af Træer, hvis Stammer eller Grene i sine Linjer giver Portraiter af historiske Personligheder, Dyreskikkelser ell. lig. At faa Øje paa disse skjulte Billeder er ikke let, men har man først engang opdaget dem, saa træde de ved en senere Betragtning strax frem. Paa samme Maade synes det at gaa med Kontrastfænomenerne. Den, der har faaet Øje for dem, ser dem, hvor de forekomme og tilmed rimeligvis med en Styrke, der er uafhængig af individuelle Tilfældigheder; men den, der ikke har «opdaget» dem, synes neppe at ane deres Tilstedeværelse. Denne Hypotese, andet kan den vel foreløbig ikke kaldes, er maaske ogsaa i Stand til at forklare, hvorledes Delbœufs Iagttagere har kunnet vurdere Forholdet mellem de tre Ringes Lysning under Omstændigheder, hvor øvede Iagttagere neppe havde kunnet afgive et paalideligt Skøn.

Ifølge det ovenstaaende bliver der altsaa kun en enkelt, for begge Iagttagere fælles

Række Værdier at angive. Disse Værdier falde naturligt i 12 Grupper, svarende til de 12 forskellige Baggrunde, der have fremkaldt Kontrasten, og i hver Gruppe er der udført saa mange Forsøg, som Tiden tillod, eller som det forekom os nødvendigt, forat de forskellige Love kunde træde tydelig frem. Over hver Gruppe er den inducerende Baggrunds Lysning I angivet. For Nøjagtigheds Skyld er endvidere under Overskriften r angivet det ved Forsøgene fundne Gradantal af den hvide Sektor foruden den deraf beregnede Lysning, men for ikke at overfylde Tabellerne med Tal, er overalt det explementære Antal Grader sort udeladt. Naar der saaledes strax i første Gruppens første Række staar $0^\circ H = 1,00$, saa giver dette aabenbart først Mening, naar man til de $0^\circ H$ føjer Explementet og læser $0^\circ H + 360^\circ S = 1,00$ o. s. fr.

TABEL VIII.

$I = 1,00$				$I = 3,14$			
r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$	r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$0^\circ H = 1,00$	1,00	0	0	$11,5^\circ H = 3,14$	3,14	0	0
$10,5^\circ = 2,95$	3,14	+ 0,19	+ 0,064	$23^\circ = 5,28$	6,03	+ 0,75	+ 0,142
$21,25^\circ = 4,95$	6,03	1,08	0,218	$34^\circ = 7,33$	8,44	1,11	0,151
$32^\circ = 6,96$	8,44	1,48	0,213	$62,5^\circ = 12,63$	15,14	2,51	0,200
$62^\circ = 12,54$	15,14	2,60	0,208	$87^\circ = 17,19$	20,73	3,54	0,206
$87^\circ = 17,19$	20,73	3,54	0,206	$107^\circ = 20,91$	25,19	4,28	0,204
$107^\circ = 20,91$	25,19	4,28	0,204	$137^\circ = 26,50$	31,89	5,58	0,203
$138^\circ = 26,68$	31,89	5,21	0,195	$170^\circ = 32,64$	38,97	6,33	0,194
$170^\circ = 32,64$	38,97	6,33	0,194	$215^\circ = 41,01$	48,09	7,08	0,172
$215^\circ = 41,01$	48,09	7,08	0,172	$259^\circ = 49,20$	56,83	7,63	0,155
$259^\circ = 49,20$	56,83	7,63	0,155	$312^\circ = 59,07$	68,00	+ 8,93	+ 0,151
$312^\circ = 59,07$	68,00	+ 8,93	+ 0,151				

$I = 6,03$				$I = 8,44$			
r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$	r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$27^\circ H = 6,03$	6,03	0	0	$14,5^\circ H = 3,70$	3,14	- 0,56	- 0,178
$37^\circ = 7,89$	8,44	+ 0,55	+ 0,070	$29^\circ = 6,40$	6,03	- 0,37	- 0,058
$70^\circ = 14,03$	15,14	1,11	0,080	$40^\circ = 8,44$	8,44	0	0
$93^\circ = 17,57$	20,73	3,16	0,180	$70,5^\circ = 14,12$	15,14	+ 1,02	+ 0,067
$108^\circ = 21,10$	25,19	4,09	0,194	$93^\circ = 17,57$	20,73	3,16	0,180
$137^\circ = 26,50$	31,89	5,39	0,203	$109^\circ = 21,29$	25,19	3,90	0,183
$169^\circ = 32,45$	38,97	6,52	0,201	$138^\circ = 26,68$	31,89	5,21	0,195
$218^\circ = 41,57$	48,09	6,52	0,157	$169^\circ = 32,45$	38,97	6,52	0,201
$260^\circ = 49,39$	56,83	7,44	0,151	$218^\circ = 41,57$	48,09	6,52	0,157
$314^\circ = 59,44$	68,00	+ 8,56	+ 0,144	$260^\circ = 49,39$	56,83	7,44	0,151
				$314^\circ = 59,44$	68,00	+ 8,56	+ 0,144

TABEL VIII (fortsat).

 $I = 15,14$

r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$17^\circ H = 4,16$	3,14	-1,02	-0,245
$33^\circ = 7,14$	6,03	1,11	0,156
$46,5^\circ = 9,65$	8,44	-1,21	-0,125
$76^\circ = 15,14$	15,14	0	0
$99,5^\circ = 19,52$	20,73	+1,21	+0,062
$120^\circ = 23,33$	25,19	1,86	0,080
$153^\circ = 29,48$	31,89	2,41	0,082
$184^\circ = 35,24$	38,97	3,73	0,106
$228^\circ = 43,43$	48,09	4,66	0,107
$267^\circ = 50,69$	56,83	6,14	0,121
$317^\circ = 60,00$	68,00	+8,00	+0,133

 $I = 20,73$

r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$106^\circ H = 20,73$	20,73	0	0
$121^\circ = 23,52$	25,19	+1,67	+0,071
$152^\circ = 29,29$	31,89	+2,60	+0,088

 $I = 25,19$

r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$17,5^\circ H = 4,26$	3,14	-1,12	-0,263
$37,5^\circ = 7,98$	6,03	1,95	0,244
$53,5^\circ = 10,96$	8,44	2,52	0,290
$98^\circ = 19,24$	15,14	4,10	0,213
$115^\circ = 22,40$	20,73	-1,67	-0,075
$130^\circ = 25,19$	25,19	0	0
$161^\circ = 30,96$	31,89	+0,93	+0,030
$189^\circ = 36,17$	38,97	2,80	0,077
$234^\circ = 44,55$	48,09	3,54	0,080
$277^\circ = 52,56$	56,83	4,27	0,081
$321^\circ = 60,74$	68,00	+7,26	+0,120

 $I = 31,89$

r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$18^\circ H = 4,35$	3,14	-1,21	-0,278
$39,5^\circ = 8,35$	6,03	2,32	0,278
$56,5^\circ = 11,51$	8,44	3,07	0,267
$98^\circ = 19,24$	15,14	4,10	0,213
$123^\circ = 23,89$	20,73	3,16	0,132
$140^\circ = 27,06$	25,19	-1,87	-0,069
$166^\circ = 31,89$	31,89	0	0
$195^\circ = 37,29$	38,97	+1,68	+0,045
$237^\circ = 45,11$	48,09	2,98	0,066
$278^\circ = 52,74$	56,83	4,09	0,077
$322^\circ = 60,98$	68,00	+7,02	+0,115

 $I = 38,97$

r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$18^\circ H = 4,35$	3,14	-1,21	-0,278
$40^\circ = 8,44$	6,03	2,41	0,286
$58^\circ = 11,80$	8,44	3,36	0,284
$98^\circ = 19,24$	15,14	4,10	0,213
$130^\circ = 25,20$	20,73	4,47	0,177
$151^\circ = 29,10$	25,19	3,91	0,134
$184^\circ = 35,24$	31,89	-3,35	-0,095
$204^\circ = 38,97$	38,97	0	0

 $I = 48,09$

r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$18^\circ H = 4,35$	3,14	-1,21	-0,278
$42^\circ = 8,82$	6,03	2,79	0,316
$61^\circ = 12,36$	8,44	3,92	0,317
$98^\circ = 19,24$	15,14	4,10	0,213
$133^\circ = 25,75$	20,73	5,02	0,195
$155^\circ = 29,85$	25,19	4,66	0,156
$197^\circ = 37,66$	31,89	5,77	0,153
$222^\circ = 42,32$	38,97	3,35	-0,079
$253^\circ = 48,09$	48,09	0	0

TABEL VIII (fortsat).

$I = 56,83$				$I = 68,00$			
r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$	r	i	$i-r$	$\frac{i-r}{r}$
$18,5^\circ H = 4,44$	3,14	-1,30	-0,293	$18,5^\circ H = 4,44$	3,14	-1,30	-0,293
$45,5^\circ = 9,47$	6,03	3,44	0,362	$46^\circ = 9,56$	6,03	3,53	0,379
$64^\circ = 12,91$	8,44	4,47	0,346	$69,5^\circ = 13,93$	8,44	5,49	0,394
$103^\circ = 20,17$	15,14	5,03	0,249	$111^\circ = 21,66$	15,14	6,52	0,301
$135^\circ = 26,12$	20,73	5,39	0,206	$152^\circ = 29,29$	20,73	8,56	0,292
$159^\circ = 30,59$	25,19	5,40	0,176	$180^\circ = 34,51$	25,19	9,32	0,270
$200^\circ = 38,22$	31,89	6,33	0,166	$223^\circ = 42,50$	31,89	10,61	0,250
$234^\circ = 44,55$	38,97	5,58	0,125	$270^\circ = 51,25$	38,97	12,28	0,240
$265^\circ = 50,32$	48,09	-2,23	-0,044	$299^\circ = 56,64$	48,09	8,55	0,151
$300^\circ = 56,83$	56,83	0	0	$342^\circ = 64,65$	56,83	-7,82	-0,121
				$360^\circ = 68,00$	68,00	0	0

Da al Kontrast beror paa en Sammenligning af forskellige Størrelser, saa maa Kontrastens Styrke nødvendigvis blive = 0, naar den inducerende og reagerende Flade har samme Lysning; dette fremgaar ogsaa tydelig af Tabellerne, idet $\frac{i-r}{r} = 0$ for $r = I$. Det er fremdeles en bekendt Sag, at en lys Flade ved Kontrast mod en mørk selv bliver mørkere. Naar altsaa $r > I$, saa bliver $i > r$, altsaa $i-r$ positiv, hvoraf da atter følger, at Brøken $\frac{i-r}{r}$ bliver positiv. Paa den anden Side bliver en mørk Flade ved Kontrast mod en lys selv mørkere d. v. s. for $r < I$ bliver $i < r$, altsaa $i-r$ negativ og følgelig ogsaa $\frac{i-r}{r}$ negativ. Herved forstaas Betydningen af de i Tabellen forekommende + og -. Og da, ifølge det udviklede, Kontrasten paa en Flade, der bliver lysere, maales ved en positiv Størrelse, medens Kontrasten paa en Flade, der formørkes, maales ved en negativ Størrelse, saa kunne vi altsaa i det følgende bruge Udtrykene positiv og negativ Kontrast om disse to Forhold.

For at give et tydeligt Overblik over Forsøgene har jeg fremstillet disse grafisk. Tager man som Abscisse de fundne Værdier af r , som Ordinator de tilsvarende Værdier af $\frac{i-r}{r}$, saa kan man for hver Værdi af I tegne en Kurve, der giver Kontrastens Variationer med r for den bestemte inducerende Grund. Paa denne Maade ere de 12 Kurver paa vedføjede Tavle konstruerede. Som allerede tidligere bemærket, ere Kurverne ikke fuldstændige, da vi paa Grund af Tidens Korthed kun have udført de nødvendigste Bestemmelser. — Vi gaa nu over til at udvikle de forskellige Love, der vise sig ved en Betragtning af Kurverne, og som nærmere lade sig konstatere ved Hjælp af de fundne Tal. Det er iøvrigt ikke min Hensigt i det følgende at søge alle de Love, som muligvis lade sig udlede af Forsøgene;

jeg medtager kun dels saadanne, der ligesom af sig selv falde i Øjnene, dels saadanne, der ere af Betydning for vort Hovedproblem: Anvendelsen af Middelgradationernes Metode.

1. Kontrasten mod en given Grund er ikke lige stærk for alle reagerende Lysninger. Den er $= 0$, naar den inducerende og reagerende Flade have samme Lysning ($r = I$) og voxer derfra, som Kurverne vise, til et vist Maximum for atter at aftage. Dette gælder saavel for positiv som negativ Kontrast. Vi maa endvidere antage, at de Kurver, som angive Kontrastens Variationer med r , forløbe regelmæssig. Ti vel vise vore Kurver Uregelmæssigheder i Mængde, men da Forsøgene, som alt tidligere bemærket, ikke have kunnet udføres i en saadan Udstrækning, at alle Tilfældigheder kunde elimineres, saa er det sandsynligt, at større Nøjagtighed ogsaa vilde føre til regelmæssigere Kurver.

2. Saavel den positive som den negative Kontrasts Maximum synes at indtræde ved et konstant Forhold mellem I og r . Direkte bevise dette kunne vi naturligvis ikke, da vi for en given Værdi af I kun kende Kontrastens Størrelse for enkelte, vilkaarlig valgte Værdier af r . Det er altsaa højst usandsynligt, at de Værdier af r , paa hvilke Forsøgene have givet Maximum af Kontrast, virkelig ere de rette; vi maa tværtimod antage, at de egenlige Kontrastmaxima ville ligge etsteds mellem de fundne Maxima og de to nærmest lavere Værdier. Men gaa vi ud herfra, saa viser det sig netop meget sandsynligt, at de rette Kontrastmaxima ville falde paa Værdier af r , for hvilke $\frac{r}{I} = \text{konst.}$ Dette fremgaar af nedenstaaende Tabel.

TABEL IX.

$I =$	1,00	3,14	6,03	8,44	15,14	25,19	31,89	38,97	48,09	56,83	68,00
$r_m =$	4,95	17,19	26,50	32,45				8,44	12,36	9,47	13,93
$r_m : I =$	4,95	5,48	4,40	3,84				4,62	3,90	6,00	4,90
ber. $r_m =$	4,76	14,95	28,70	40,17	3,18	5,29	6,70	8,19	10,10	11,94	14,29

Rækken I angiver her som tidligere de forskellige inducerende Grundes Lysning; Rækken r_m giver den til enhver ovenstaaende Værdi af I svarende Værdi af r , paa hvilken Forsøgene have givet Maximum af Kontrast. I denne Række kan der naturligvis ikke ligefrem indføres alle de Værdier af r , paa hvilke Forsøgene tilfældigvis have givet de største Værdier for Kontrasten. Vore Kurver frembyde talrige, dels positive dels negative Grene, som stanse saa tidlig, at vi slet ikke kunne vide, hvor deres Maxima ligge; altsaa kende vi for disse Grene ikke Størrelsen r_m . Kun hvor Kurven ved en Bøjning tilbage mod Abscisseaxen viser, at et Maximum er passeret, kunne vi vente, at det fundne r_m ligger i Nærheden af et virkeligt Kontrastmaximum, og kun for disse Tilfælde ere Værdierne opførte. — Den tredje Række indeholder Forholdene mellem de sammenhørende r_m og I . Disse Kvotienter ere beregnede

saaledes, at de i alle Tilfælde blive uægte Brøker; for $r_m > I$ er altsaa beregnet $\frac{r_m}{I}$, og for $r_m < I$ er beregnet $\frac{I}{r_m}$. — Fæste vi Opmærksomheden paa disse Størrelser, saa viser det sig, at de ganske vist afvige en Del fra hinanden, men dog neppe mere, end man af de ovenfor anførte Grunde maatte vente. Middeltallet af dem giver os altsaa den sandsynligste Værdi for Forholdet mellem r_m og I ; denne Størrelse er 4,76. Beregne vi nu henholdsvis $4,76 I$ og $\frac{I}{4,76}$, saa faa vi de i Rækken ber. r_m angivne Tal, der altsaa betegne Beliggenheden af de forskellige Kontrastmaxima under Forudsætning af det konstante Forhold 4,76 mellem r_m og I . Spørgsmaalet er altsaa nu blot, om denne Beliggenhed er sandsynlig. For at vi kunne afgøre dette, er de beregnede Maximas Beliggenhed indført paa Kurverne ved en vertikal Streg, og man ser, at denne med en eneste Undtagelse ($I = 8,44$) falder overordenlig nær ved de fundne Maxima. Og selv i det omtalte ugunstige Tilfælde er Beliggenheden ikke umulig, da den falder imellem det fundne Maximum og en af de nærmest lavere Værdier.

Resultatet af denne Betragtning bliver altsaa, at det er overordenlig sandsynligt, at saavel den positive som den negative Kontrasts Maximum indtræder ved et og samme konstante Forhold mellem den inducerende og den reagerende Flades Lysning. Og dette Forhold er meget nær = 4,76, idet man for $r < I$ tager $\frac{I}{r}$, for $r > I$ derimod $\frac{r}{I}$.

3. Forsøgene vise, at Kontrastens Maximalværdier, altsaa $\text{Max.} \frac{i-r}{r}$, variere med I efter følgende Lov. For den positive Kontrast aftager $\text{Max.} \frac{i-r}{r}$ med voxende I , for den negative Kontrast voxer $\text{Max.} \frac{i-r}{r}$ med voxende I . Til lettere Oversigt ere de fundne Maximalværdier her sammenstillede med de tilsvarende Værdier af I .

TABEL X.

$I =$	1,00	3,14	6,03	8,44	15,14	25,19	31,89	38,97	48,09	56,83	68,00
$\text{Max.} \frac{i-r}{r}$	+ 0,218	+ 0,206	+ 0,203	+ 0,201	- 0,245	- 0,263	- 0,278	- 0,286	- 0,317	- 0,362	- 0,394

Vel er Loven her kun paavist for de fundne Maximalværdier, men da de sande Maxima, svarende til det konstante Forhold $\frac{r}{I} = 4,76$ ifølge Kurvernes almindelige Form ikke vel kunne tænkes at have Værdier, der afvige meget fra de her givne, saa tør Loven betragtes som godtgjort for deres Vedkommende.

4. Af Forsøgene fremgaar det, at den negative Kontrast ved den anvendte Belysning gennemgaaende er langt stærkere end den positive. Maximalværdierne for den første er ifølge Tab. X betydelig større end den sidstnævntes, og dermed følger da, at ogsaa alle de andre maa være forholdsvis højere. Men dette Forhold kan ikke finde Sted i alle Tilfælde; ti vi have netop ovenfor godtgjort, at den positive Kontrasts Maximalværdier voxer, og den negative Kontrasts Maximalværdier aftager, naar I , den inducerende Grunds Lysning, aftager. Altsaa have de her fundne Værdier kun Gyldighed for den anvendte Belysning, ti idet Belysningen varierer, forandres ogsaa I 's Størrelse, medens alle Forhold forblive konstante. Ved lavere Belysning vilde den positive og negative Kontrasts Maximalværdier, og dermed ogsaa de øvrige Værdier, have nærmet sig mere til hinanden, ved højere Belysning vilde de have fjærnet sig mere fra hinanden. Vi lære altsaa heraf, at der ikke tør tillægges de absolute Værdier for Kontrasten — maalt ved $\frac{i-r}{r}$ — nogen særlig Betydning, da disse Størrelser ere afhængige af den tilfældig valgte Belysning; derimod kunne de ovenfor fremsatte Love godt have almindelig Gyldighed, da de ikke angaa den absolute Størrelse af $\frac{i-r}{r}$ men kun dennes Variationer med r og I .

Vi ville nu ikke opholde os længere ved disse Kontrastlove, da de staa i et temmelig fjærnt Forhold til vor egenlige Opgave og desuden ikke kunne underkastes en udtømmende Behandling paa Grundlag af de her foreliggende Undersøgelser. Men da vi nu have faaet Midler i Hænde til at besvare det Spørgsmaal, ved hvilket vi tidligere stansede, optage vi den afbrudte Undersøgelses Traad.

Kontrastens Elimination.

Forsøgene over Middelgradationernes Metode havde givet os visse Afvigelser fra den Weberske Lov, og vi vare stansede ved det Spørgsmaal, om disse Afvigelser tydede paa, at Webers Lov ikke var strængt gyldig, eller om de muligvis kunde være begrundede i Forsøgsanordningen. Saafremt nemlig den positive og negative Kontrast under de givne Forhold ikke var lige stærk, saa maatte der nødvendigvis fremkomme Afvigelser fra Webers Lov, selv under Forudsætning af dennes fuldstændige Gyldighed; og hvis specielt den negative Kontrast var den stærkeste, maatte man netop finde for høje Tal, saaledes som Forsøgene have givet dem. Kontrastforsøgene vise nu, at denne sidste Forklaring i høj Grad har Sandsynligheden for sig. Ti da Belysningen ved Undersøgelserne over Middelgradationernes Metode netop var den samme som ved Kontrastforsøgene, og da disse vise, at den negative Kontrast under de givne Forhold gennemgaaende er stærkere end den positive, saa kunne de fundne Afvigelser forklares herved. Men deraf følger, at hine Forsøg ikke direkte kunne give os nogen Oplysning om den Weberske Lovs Gyldighed. Ti

selv om Afvigelserne ogsaa kunne forklares ved den negative Kontrasts Overvægt, saa er dermed jo ikke givet, at denne har været den eneste virkende Aarsag. Først naar det paa en eller anden Maade lykkes os fuldstændig at eliminere Kontrasten, vil det vise sig, om de omtalte Afvigelser alene hidrøre fra denne, eller om der ikke muligvis endnu bliver en Rest tilovers, der viser, at Webers Lov ikke har nogen stræng Gyldighed.

En Elimination af Kontrasten maa nu, ved Hjælp af vore Bestemmelser af dens Størrelse, kunne udføres paa følgende Maade. Kalde vi som tidligere den mørke og lyse Skives Lysning henholdsvis d og h , og de fundne Værdier for den variable Skive v_1 , naar denne ses mod mørk Grund, v_2 , naar den ses mod lys Grund, saa stiller Sagen sig saaledes. Det fundne v_1 vil, da det kontrasterer mod den mørke Grund, synes lysere, end det objektivt er, men hvilken Lysning det derved faar, vide vi ikke. Imidlertid gælder det netop om at finde denne ubekendte Lysning x , da det maa være den, der vurderes som Midten mellem d og h . Ti v_1 er jo nemlig den reagerende og x den inducerede Lysning, men heraf følger: $\frac{x-v_1}{v_1} = k_1$, hvor k_1 betegner Størrelsen af v_1 's Kontrast mod d , hvilken er positiv, da $v_1 > d$. Hvis man altsaa ved specielle Kontrastforsøg har bestemt k_1 , saa kan x findes af Ligningen:

$$x - v_1 = v_1 k_1; \quad x = v_1 (1 + k_1) \dots \dots \dots \text{Lig. 3.}$$

Paa aldeles tilsvarende Maade kunne vi af v_2 , Klarheden af den variable Skive, naar denne ses mod lys Grund, udlede en ny Bestemmelse for Midten. Da v_2 formørkes, lider negativ Kontrast, maa man sætte:

$$\frac{x - v_2}{v_2} = -k_2, \text{ altsaa } x - v_2 = -k_2 v_2; \quad x = v_2 (1 - k_2) \dots \dots \dots \text{Lig. 4.}$$

Her betegner k_2 Størrelsen af v_2 's Kontrast mod h taget uden Fortegn. Ved disse to Bestemmelser af x skulde man naturligvis komme til samme Værdi, men da den experimentale Bestemmelse af v_1 , v_2 , k_1 og k_2 i Almindelighed vil give Anledning til mindre Fejl, vil man rimeligvis komme til forskellige Værdier, hvis Middeltal M da kan tages som den rette. Saafremt nu Webers Lov er strængt gyldig, saa skal:

$$M = \sqrt{dh}.$$

Gaa vi nu over til at eliminere Kontrasten ved denne Metode, saa vise vore tidligere Forsøg sig desværre ikke ret anvendelige. For det første ere de, som tidligere omtalt, ikke ubetinget paalidelige, og for det andet kende vi ikke Størrelsen af Kontrasten mod de Baggrunde, som der have fundet Anvendelse. Denne Ulempe lod sig vel overvinde, idet vi paa Grundlag af de i Tab. VIII givne Værdier ved Konstruktion eller Beregning kunne finde Kontrastens Størrelse ogsaa for andre Værdier af I , men rigtignok kun under den Forudsætning, at Kontrasten for et givet r varierer proportionalt med I . Da denne Forudsætning neppe er rigtig, saa vil der derved indføres en Fejl, som kan faa en betydelig Ind-

flydelse paa Resultaterne. Vi foretrak derfor at udføre en ny Forsøgsrække med Anvendelse af netop de Baggrunde, der havde tjent til Bestemmelse af Kontrasten. Derved blev vi altsaa i Stand til at eliminere den saa fuldstændig, som selve vore Kontrastbestemmers Nøjagtighed tillade det.

Denne nye Række Forsøg blev udført ganske ligesom den forrige, hvis Resultater er givet i Tab. III og IV, kun med den Forskel, at Baggrundene nu anbragtes i den Ramme, der var anvendt i samme Øjemed ved Kontrastforsøgene, saa at Skiverne altsaa roterede umiddelbart foran Grundene. Tiden tillod os desværre kun at anstille tre Forsøgsrækker, men disse ere dog tilstrækkelige til at godtgøre, at man overhovedet ikke kan naa noget paalideligt Resultat ad denne Vej. De fundne Tal ere givne i Tabel XI, der er ordnet paa samme Maade som Tabel III, men medens denne indeholder d og h angivne i Grader, ere de i Tabel XI angivne som relative Lysninger. Alle de øvrige Tal give derimod den hvide Sektors Gradantal. Her er endvidere Middeltallene af de sammenhørende Forsøg givne under Overskrifterne v_1 og v_2 i Overensstemmelse med de Betegnelser, som ere indførte i den ovenstaaende matematiske Udvikling angaaende Kontrastens Elimination.

TABEL XI.

d	h	v mod d .						v mod h .					
		N.			L.			N.			L.		
		↑	↓	v_1	↑	↓	v_1	↑	↓	v_2	↑	↓	v_2
1,00	25,19	20	21	21	20	21	21	32	32	32	32	32	32,25
		21	22		21	22		32	32		32	33	
15,14	38,97	109	111	110,25	110	110	110,25	150	151	151,25	150	151	151,25
		110	111		110	111		152	152		152	152	
31,89	68,00	226	228	227,5	226	227	227,25	301	302	301,25	301	303	301,5
		228	228		228	228		301	301		301	301	

Værdierne for de to Iagttagere afvige her, som det ses, kun lidt fra hinanden. Der er altsaa ikke nogen særlig Grund til at gennemføre Beregningerne for bægges Vedkommende. I nedenstaaende Tabel holder jeg mig derfor til de for Iagttageren L fundne Tal.

TABEL XII.

d	h	\sqrt{dh}	v_1	k_1	x	v_2	k_2	x	M	f
1,00	25,19	5,01	$21^\circ = 4,91$	+ 0,215	5,97	$32,25^\circ = 7,00$	- 0,25	5,25	5,61	+ 0,60
15,14	38,97	24,29	$110,25^\circ = 21,52$	+ 0,07	23,03	$151,25^\circ = 29,15$	- 0,134	25,24	24,14	- 0,15
31,89	68,00	46,56	$227,25^\circ = 43,29$	+ 0,061	45,93	$301,5^\circ = 57,11$	- 0,15	48,54	47,24	+ 0,68

Under d og h er her, som tidligere, angivet den mørke og lyse Skives Lysning; $\sqrt{d \cdot h}$ er Midten under Forudsætning af den Weberske Lovs Gyldighed. I Spalterne v_1 og v_2 er der, foruden det fundne Gradantal af den hvide Sektor, tillige angivet de deraf beregnede relative Lysninger; k_1 og k_2 indeholder v_1 og v_2 's Kontrast henholdsvis mod d og h , hvilke Størrelser kunne aflæses af Kurverne. I de to med x betegnede Søjler findes de af Lig. 3 og 4 beregnede Lysninger, der subjektivt ere opfattede som Midten; M er Middeltallet af disse to Størrelser, og endelig er $f = M - \sqrt{d \cdot h}$, altsaa de fundne Værdiers Afvigelse fra de beregnede. — Hvad nu disse Fejl angaar, saa ses de at være dels positive dels negative, og synes saaledes nærmest at være tilfældige, eller med andre Ord, Forsøgene tyde ikke paa nogen bestemt Afvigelse fra Webers Lov. Rigtignok ere Afvigelserne i positiv Retning betydelig større end i negativ, men Forsøgene ere ikke saa talrige, at man tør drage nogen bestemt Slutning deraf. Dette har dog heller ingen Betydning, ti gaa vi nu over til at betragte de enkelte sammenhørende Værdier for x , saa viser det sig, at den hele tilsyneladende Overensstemmelse mellem Teori og Erfaring er ganske tilfældig og illusorisk. De to Værdier, som faas for x beregnet henholdsvis af Lig. 3 og 4, skulde nemlig være lige store, men Tabellen viser, at de afvige temmelig betydelig fra hinanden, idet de af v_1 beregnede med en enkelt Undtagelse ere for smaa, de af v_2 beregnede alle for store. Dette tyder paa, at det ikke er lykkedes os fuldstændig at eliminere Kontrasten, som ved disse Forsøg synes at have været stærkere, end Størrelserne k_1 og k_2 angive. Hvis disse nemlig gennemgaaende havde haft en større numerisk Værdi, saa vilde de sammenhørende Værdier for x ogsaa have nærmet sig mere til hinanden. Det tør altsaa anses for utvivlsomt, at Kontrasten ved disse Forsøg har haft en anden, og tilmed gennemgaaende større Styrke, end den, der blev maalt ved de egenlige Kontrastforsøg. Hvorfor den her har været større, er mig ikke ganske klart — der lod sig rimeligvis opstille forskellige Hypoteser desangaaende. Men at dens Styrke maa afvige fra den, der maalt ved Kontrastforsøgene, er ganske naturligt begrundet i de saa overordenlig forskellige Forsøgsomstændigheder. I det ene Tilfælde sammenlignes den variable Skive kun med en saadan, der har næsten samme Lysning som den selv, i det andet Tilfælde sammenlignes den med to af meget forskellige Lysninger. Man kan altsaa ikke forundre sig over, at Kontrasten i de to Tilfælde faar forskellig Styrke, selv om ogsaa alle andre Forhold ere ens. Men heraf følger, at den Vej, ad hvilken vi her have søgt at eliminere Kontrasten, ikke fører til Maalet. Ti for at man skal kunne udføre denne Elimination ved Lig. 3 og 4, maa Kontrastens Størrelse, k_1 og k_2 , kendes nøjagtig. Men disse Værdier lade sig, som alt sagt, ikke finde uden med Tilnærmelse, fordi den Forsøgsanordning, der kommer til Anvendelse ved Middelgradationernes Metode, ikke uforandret kan anvendes til Bestemmelse af Kontrastens Størrelse, og foretager man de nødvendige Forandringer, saa varierer ogsaa Kontrasten.

Vort Resultat angaaende Anvendelsen af Middelgradationernes Metode er altsaa et

rent negativt. Vi have paavist, at Kontrasten ved denne Metode har en meget væsenlig Indflydelse, og at den ikke paa nogen Maade lader sig eliminere af Forsøgsresultaterne, hvoraf følger, at disse ikke med Sikkerhed kunne give Oplysninger om den Weberske Lovs Gyldighed. Der bliver da tilbage kun den ene Udvej, som vi allerede have berørt, ved selve Forsøgsanordningen at udelukke Kontrasten, idet ogsaa den variable Skive ses mod en Baggrund, der stadig har den samme Lysning som den selv. Og tillige maa de tre Skiver da have en saadan Afstand fra hinanden, at en Kontrast mellem dem selv indbyrdes er udelukket. Hvorvidt man ad denne Vej kan naa Maalet, eller om man ikke ogsaa her støder paa uforudsete Vanskeligheder, det kan kun en senere Undersøgelse vise.

