

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

SCHMIDT
Oversigt over
Kystets Farveadspreddelse
ved Brydning

INDUSTRI-
FORENINGEN.

~~1880~~

~~1880~~

~~27~~

535 3

~~5353~~

~~604~~

I.

Oversigt

over

de vigtigste baade experimentale og theoretiske

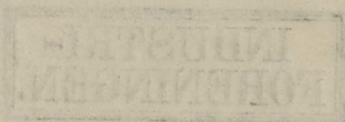
Undersøgelser af

Lysets Farveadspredelse ved Brydning

af

Karl Schmidt.**INDUSTRI-
FORENINGEN.**

I den følgende Afhandling er af Hensyn til Pladsen den sædvanlige Kildeangivelse under Texten udeladt; maatte nogen ønske at opsøge Originalerne, ville de let kunne findes ved at slaa op paa vedkommende Forfatteres Navne i Poggendorffs Physikalisch-Bibliographisches Handwörterbuch.



I.

Experimentale Undersøgelser.

Holder man et kantet Glas op for Øjet, vil man som bekendt faa Farver at se, altid de samme, altid i samme Rækkefølge. Det er de til dem sig knyttende Maalninger og theoretiske Betragtninger, de efterfølgende Blade skulle give en Oversigt over.

1. Antonius de Dominis (Biskop i Spalatro † 1624) støtter sig til den ældgamle, aristoteliske Anskuelse, at Farverne fremkomme ved Blanding af Lys og Mørke. Lyset selv er hvidt; blandes kun lidt Mørke til, saa bliver det rødt, „thi den røde er den mest intensive af alle Mellemparverne mellem sort og hvidt“, og af dem skjælnes han kun mellem de 3: rødt, grønt og blaåt. Blandes mere Mørke til, bliver Lyset grønt; endnu mere giver blaåt. Fuldkommen sort fremkommer af det blaa, naar til dette kommer endnu mere Mørke; dog vil han hellere kalde det sorte Mangel paa Lys, end en positiv Farve. Alle Nuancerne fremkomme ved Blanding af de nævnte. — Med denne Anskuelse som Grundlag volder det ham

nu ingen Vanskelighed at gjøre Regnskab for de prismatiske Farver; thi den Lysstraale, der er gaaet gennem Prismet nærmest ved den brydende Kant, hvor Glas-tykkelsen er mindst, og hvor der følgelig er mindst Mørke, den er af denne Grund rød; saa følger det grønne Lys, som har passeret en større Tykkelse, endelig det blaa ved den aller største. Paa lignende Maade forklarer han Regnbuens Farver; han tænker sig, at Solstraalerne brydes i Regndraaberne, og for da at se, hvorledes det gaar med dem, anstiller han Forsøg med en med Vand fyldt Glas-kugle, som træffes af dem. Derved bemærker han, at nogle Straaler efter Brydning gennem Forfladen kastes tilbage fra Bagfladen og lide en Brydning ud til Siden, og at disse udtrædende Straaler fortrinsvis samle sig i to farvede, kredsformige Bælter omkring Kuglen. Farverne i det yderste Bælte forklares nu som før ved den større eller mindre Tykkelse, Straalerne have haft at gennemløbe; om det indre Bælte derimod siger han, at de Straaler, der ligge den oprindelige Indfaldsretning nærmest, ere røde, netop fordi de ligge den nærmest; de fjernere blive da af lignende Grund grønne og blaa.

Descartes (1596—1650) betvivlede først Identiteten af Farverne i Prismet og i Regndraaberne, thi han kunde ved de sidste ikke finde mørke Steder, der begrænsede dem, og saadanne forekom ham nødvendige for Frembringelsen af de prismatiske Farver. Men senere gav han sig til at beregne, under hvilke Vinkler de Solstraaler, der falde paa Regndraaberne og deri enten brydes to Gange og kastes tilbage en Gang, eller baade brydes og tilbagekastes to Gange, maa komme til Øjet, og han fandt da, at der i første Tilfælde komme langt flere Straaler

til Øjet under en Vinkel 41—42 Grader med Indfaldsretningen, i sidste under en Vinkel 51—52 Grader, end under alle andre; han maatte da under disse Vinkler se to lyse Striber paa mørk Himmelgrund, og i denne mørke Himmelgrund fandt han altsaa den søgte mørke Begrænsning af Farverne, saa at han fra dette Øjeblik ikke længere nærrede Tvivl om de to Fænomeners Identitet. Hans Anskuelse om Farvernes Oprindelse er den, at de Lyskugler, af hvilke den yderst fine Materie bestaar, ved hvis Bevægelse Lyset fremkommer, — at de foruden en retliniet Bevægelse, som sker med en vis Hastighed, ogsaa kunne faa en mer eller mindre hurtig Omdrejningsbevægelse; naar da Omdrejningshastigheden kommer til at staa i et vist Forhold til den retliniede Forplantningshastighed, saa opstaar Fornemmelsen af gult; en hurtigere Omdrejning frembringer rødt, en langsommere blaat. Støde nu Lyskuglerne i deres retliniede Bevægelse paa et brydende Legeme (Regndraaben), saa drejes de 1) saa stærkt ud af deres Bane, at de komme til at beskrive en anden ret Linie; deraf kommer Brydningen; men 2) faa de ogsaa den omtalte roterende Bevægelse, og det i ulige Grad, saa at nogle komme til at rotere hurtigere, andre langsommere, og derved frembringe de da de forskjellige Farver. Hvorfor derimod de to farvede Striber i Regnbuen have en bestemt Bredde, og hvorfor Farvefølgen i dem er omvendt, det kan han ikke forklare; det blev det forbeholdt Newton at oplyse, ligesom det ogsaa blev ham, der først tydelig fremstillede den indre Sammenhæng mellem Farve og Brydning, som Descartes kun uklart havde kunnet antyde.

2. Newton lod igjennem en snæver Aabning i

Vinduesskodden Solstraalerne falde ind paa et Prisme, hvis brydende Kant var vandret og vendt nedad; de brødes da igjennem dette og gave paa den modsatte Væg et Billede, som var lodret, aflangt og farvet. Naar han nu drejede Prismet langsomt om dets brydende Kant, saa han, at dette Billede løb op og ned ad Væggen; det holdt sig hele Tiden aflangt, men ophørte han med Drejningen, naar det netop var i Begreb med at gaa over fra den nedadgaaende Bevægelse til den opadgaaende, o: naar Prismet var i sin Hovedstilling, saa var det ved denne Stilling af Prismet kortere end ved enhver anden, skjønt dog endnu altid omtrent 5 Gange saa langt som bredt, og stedse saaledes farvet, at det forneden var rødt, derpaa i Retning opad orange, gult, grønt, blaåt, indigoblaåt og aller øverst violet. Bredden var derimod lige saa stor som før. Efter alle de bekjendte Brydningslove burde det i denne Stilling af Prismet, hvor Brydningen er lige stor ved begge de brydende Flader, have vist sig rundt og hvidt, og netop i den Formening, at dette vilde ske, havde han strax stillet Prismet saaledes; da det nu til hans Forundring ikke viste sig, maatte der altsaa være en eller anden Grund til denne Anomali, og den gjaldt det da at udfinde. At Grunden til den aflange Figur ikke laa deri, at Lyset kom fra forskjellige Punkter af Solen, og Brydningen altsaa ikke for alle Straaler var nøjagtig lige stor ved begge de brydende Flader, det lærte Beregning ham snart; den Afvigelse fra Kredsformen, som dette vilde medføre, fandt han nemlig saa ringe, at Øjet ikke kunde bemærke den. Han tænkte sig da en af følgende tre Muligheder som virkende Aarsag: enten en ren Tilfældighed i Glassets Beskaffenhed, eller det, at

enhver Straale ved Brydningen splittedes ad i mangfoldige divergerende, eller endelig det, at nogle af de indfaldende Straaler vare mere brydbare end andre. At Grunden ikke laa i en Tilfældighed hos Glasset, f. Ex. Ridser deri, Aarer, eller at Siderne ikke vare nøjagtig plane, det saa han saaledes. Han havde bemærket, at baade det direkte Solbillede, som han fik, naar Straalerne faldt ind uden at gaa igjennem noget Prisme, og det prismatiske Farvebillede (Solspektrum) begge vare omgivne af en Halvskygge; men satte han umiddelbart bag Aabningen en Samlelindse, saa fik han i begge Tilfælde et aldeles skarpt begrænset Billede, og det vilde, siger han med Rette, ikke kunne finde Sted under nogen af de nævnte Forudsætninger. At den anden Aarsag heller ikke var den virkende, lærte følgende Forsøg ham. Han lod som før Solstraalerne gjennem en snæver Aabning falde paa et Prisme i Hovedstillingen med den brydende Kant vandret nedad; efter Udtrædelsen af dette traf de et andet, der ligeledes stod i Hovedstillingen, men hvis brydende Kant var lodret; Billedet viste sig da som før aflangt og farvet, men dets Stilling var skjæv: den røde Ende var nærmest ved den lodrette Stilling, det havde, naar Straalerne kun brødes gjennem det første Prisme; den violette Ende fjernere derfra. Hvis nu hver enkelt Straale af det første Prisme var bleven splittet ad i mangfoldige andre, som havde udbredt sig over hele Billedet fra den ene Ende til den anden, saa maatte det andet Prisme have øvet en lignende Indvirkning paa dem, med andre Ord, saa maatte det nye Billede have vist sig kvadratisk; men det var, som anført, ikke Tilfælde. Der var da kun den tredie Aarsag tilbage, og den blev han saa staaende ved, saa

meget mere som hverken Indførelsen af et tredie eller fjerde Prisme paa nogen Maade forandrede Billedets Bredde, men kun gav det en endnu mere skjæv Stilling. Han siger derfor om de Straaler, der ligge længst borte fra Prismets brydende Kant: „jeg siger med Rette, at de ere mere brydbare end de andre“.

For nu end yderligere at godtgjøre Rigtigheden heraf anstillede han en Mængde Forsøg, af hvilke følgende skulle omtales. En Strimmel Papir af rektangulær Form afdelte han ved en Streg parallel med de korte Kanter i to lige store Stykker; den ene Halvdel overstrøg han med en stærk blaa Farve, den anden med en stærk rød. Han lagde det saaledes malede Papir i Vindueskarmen, tildækkede den Del af Væggen, der var Vinduet nærmest, med et sort Klæde for at holde fremmed Lys borte, og saa da paa Strimlen gennem et Prisme. Hvis nu hans Anskuelse om Straalernes forskellige Brydbarhed var rigtig, saa maatte den blaa Ende, saafremt Prismets brydende Kant vendte opad, synes løftet højere op end den røde; netop dette viste Forsøget. I et andet Forsøg lod han Billedet falde paa en Skjærm med en lille rund Aabning; en Del af de farvede Straaler gik da igjennem denne og opfangedes derefter paa en anden, der ligeledes havde en lille rund Aabning; bag denne sidste stod et Prisme, som brød de gennemgaaende Straaler hen paa Væggen, hvor der viste sig et kreds rundt farvet Billede. Drejedes nu det første Prisme langsomt om dets brydende Kant, saa kom øjensynlig alle Slags Farvestraaler, den ene efter den anden, til det bageste Prisme. Han noterede da paa Væggen det Sted, hvor hver Farve viste sig, og det fremgik atter, at de røde vare de mindst brydbare.

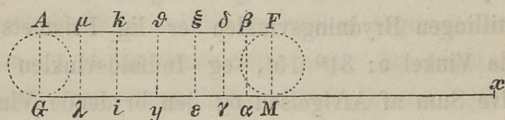
Men endnu en anden Ting læres af dette Forsøg, som han selv anser for særdeles afgjørende, og det er den, at de Straaler, der ved Brydning have faaet en bestemt Farve, ved en ny Brydning hverken forandre Farve, ejheller udbrede sig til et langagtigt Billede, saaledes som Straalerne i det direkte Sollys.

3. Er det hvide Sollys kun en Blanding af det forskjelligtfarvede, saa maa man ved at iværksætte en saadan Blanding kunne fremstille det igjen; ogsaa det viste han ved Forsøg. Han stillede bag et Prisme, gennem hvilket Lyset brødes, en bred Samlelindse; da de violette Straaler ere mere brydbare end de røde, saa ligger de sidstes Foreningspunkt længere fra Lindsen end de førstes, og der er altsaa kun et Sted mellem disse Foreningspunkter, hvor det farvede Lys fuldstændig kan blandes. Det viste Forsøget ogsaa; thi opfangedes Straalerne paa en Skjærm nær ved Lindsen, saa var den ene Rand af Billedet rød, den anden violet; rykkedes Skjærmen længere bort, kom der et Sted, hvor de farvede Rande forsvandt; der viste sig kun en lille hvid Kreds; rykkedes den endnu længere bort, saa vare Randene atter farvede, men den, som før var rød, var nu violet og omvendt.

4. Da nu først de forskjellige Farvestraalers forskjellige Brydbarhed var bevist, foresatte han sig at finde Brydningsforholdet for hver enkelt Farve; men han indsaa snart, at en saadan Bestemmelse dog kun kunde give tilnærmelsesvis rigtige Værdier. Thi hvis Sollyset kun havde en eneste Farve, f. Ex. var grønt, saa vilde Følgen deraf være, at man, naar det brødes gennem et Prisme, vilde faa et kredsrundt, grønt Billede at se, hvis Diameter var lig Solens apparente Diameter; var det rødt, vilde

man, forudsat at Prismets brydende Kant var vandret nedad, se et rundt rødt Billede, hvis Centrum laa noget neden under det tidligere grønnes; havde endelig Sollyset paa en Gang alle 7 Hovedfarver og kun disse, saa vilde man se 7 farvede runde Billeder, det ene lodret under det andet, og de vilde skjære hverandre, mest i den Linie, der forbandt deres Centra; Randen af det hele Billede vilde være tunget. Den Omstændighed nu, at Spektrets Rand aftegner sig aldeles bestemt som ret Linie, nødte ham da til at antage, at Sollyset bestod af uendelig mange forskellige Farvestraaler, hvis kredsrunde Billeder i Spektret gribe ind over hverandre, og at altsaa ikke engang hver af Hovedfarverne bestod af fuldstændig homogent Lys. Bestemte han altsaa Brydningsforholdet for de Straaler, der angives ved hver af Hovedfarverne, kunde han kun komme til en Middelværdi. Men han opnaaede dog ved følgende Fremgangsmaade at indskrænke Fejlen ved denne Bestemmelse noget. Igjennem en rund Aabning, Diameter $\frac{1}{10}$ ", lod han Lyset falde paa en Lindse, hvis Afstand fra Aabningen var 12 Fod; Lindsens Brændvidde var $5' 5\frac{1}{2}"$; opstilledes da en Skjærm 10 Fod bag Lindsen, saa viste sig paa den et Solbillede, hvis Diameter var $\frac{1}{12}"$. Nu opstillede han umiddelbart bag Lindsen et Prisme, hvis brydende Vinkel var $62\frac{1}{2}^{\circ}$; Spektret viste sig $\frac{1}{12}"$ bredt, $6"$ langt, altsaa 72 Gange længere end bredt, hvorimod det, naar Lindsen var borte, kun var omtrent 5 Gange længere end bredt. De farvede Kredse vare altsaa bragte til at træde længere ud fra hverandre, Lyset var paa hvert Sted i Spektret mere homogent, og Værdierne for Brydningsforholdene af Straalerne ved Enderne af Spektret og ved Grænsen af hver

Farve kunde blive nøjagtigere. Billedet blev, som omtalt, opfanget paa en Skjærm, og han fik en mere skarpsynet Ven til saa nøjagtig som muligt at aftegne dets Kontur og Grænsen for hver enkelt Farve. Om Farvefordelingen deri kom han da efter gjentagne Forsøg til det Resultat, at de Tverstreger, som betegnede Grænsen for hver Farve, delte Spektrets rette Sidelinie fordoblet i Forhold, der meget nær faldt sammen med Forholdene mellem Længderne af de Strænge, som angive Tonerne i Oktaven.



Han fandt nemlig, at naar GM forlængedes til X, saa at $GM = MX$, og naar $\lambda\mu, \iota\kappa \dots \alpha\beta$ betegne Grænserne for hver Farve, at da $GX, \lambda X, \iota X \dots$ forholdt sig til hverandre meget nær som Tallene $1, \frac{8}{9}, \frac{5}{6}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{9}{16}, \frac{1}{2}$, hvilke Tal netop angive Forholdene mellem Længderne af de Strænge, som give Grundtonen, den store Sekund, den lille Ters, Kvarten, Kvinten, den store Sext, den lille Septim og Grundtonens Oktav. Deler man da Spektret i 360 lige store Dele, saa vil ifølge ovenstaaende Talrække rødt komme til at indtage 45, orange 27, gult 48, grønt 60, blaat 60, indigoblaa 40 og violet 80 af disse Dele. De sidste Tæl angive altsaa Farvefordelingen, og han saa i dem en almengyldig Lov, idet han ved Forsøg med forskellige Prismes havde fundet de samme Forhold for hvert Spektrum. Af de samme Tal er det nu, at han beregner Brydningsforholdene. Hans Prisme havde som anført en brydende Vinkel paa $62\frac{1}{2}^{\circ}$; han havde stillet

det i Hovedstillingen med den brydende Kant vandret nedad. Ved Hjælp af en Kvadrant maalte han den Vinkel, de indfaldende Straaler dannede med Horizonten; den er lig Solens Højde i Observationsejeblikket; den Vinkel, som Straalerne af Middelbrydbarhed dannede med Horizonten, regnede han sig til, idet han kunde maale Afstanden mellem det Punkt, hvor disse Straaler træde ud af Prismet, og Midten af Spektret, samt desuden disse Punktets Afstande fra Gulvet; han fandt herved de middelbrydbare Straalers Afvigelse lig $44^{\circ} 40'$. Da nu i Hovedstillingen Brydningsvinklen er lig Prismets halve brydende Vinkel $\circ: 31^{\circ} 15'$, og Indfaldsvinklen er lig den halve Sum af Afvigelsen og den brydende Vinkel, $\circ: 53^{\circ} 35'$, saa blev Brydningsforholdet for Straalerne af

$$\text{Middelbrydbarhed lig } n = \frac{\sin 53^{\circ} 35'}{\sin 31^{\circ} 15'} = \frac{8047}{5188} = \frac{77\frac{1}{2}}{50}.$$

Billedets Længde var meget nær $9\frac{3}{4}''$, dets Bredde $2\frac{1}{8}''$; Differensen mellem disse, $7\frac{5}{8}$ Tommer, blev da Længden af det Billede, man vilde have faaet, hvis Solskiven var et eneste Punkt, og disse $7\frac{5}{8}''$ vilde da være Korden til den Vinkel, de mest og mindst brydbare Straaler dannede med hinanden. Nu stod Skjærmen $18\frac{1}{2}$ Fod bag Prismet; denne Vinkel blev da $2^{\circ} 7''$, Halvdelen af den blev den Vinkel, som de yderste Straaler dannede med dem af Middelbrydbarhed, hvorimod Fjerdedelen $30' 2''$ blev den Vinkel, som de samme Straaler vilde have dannet indbyrdes, hvis de havde fulgtes ad inde i Prismet og først ved Udtrædelsen vare brudte fra hinanden. Til den fælles Indfaldssinus (fra Glas til Luft) fik han da Brydnings-sinus for de røde Straaler $\sin 53^{\circ} 4' 58''$; for de violette $\sin 54^{\circ} 5' 2''$, og Brydningsforholdene: for de første $n = \frac{11}{10}$,

for de sidste $n = \frac{18}{50}$. For at faa Brydningssinusserne for hver af Hovedfarvernes Grænser delte han Differensen 1 mellem 78 og 77 i de ved Talrækken for Farvefordelingen bestemte Forhold, lagde det udkomne til 77 og fik da Brydningsforholdene ved Division med den fælles Indfaldssinus 50.

5. Det var paa Newtons Tid den almindelige Mening, at Grunden til Kikkerternes Ufuldkommenhed hovedsagelig laa i Straalernes Afbigelse formedelst Glassenes Kuglefigur (den sfæriske Aberration), og Matematikerne bestræbte sig derfor for at udfinde, hvilken Figur man maatte give dem for at faa denne afhjulpen. En langt ringere Vægt lagde man paa de farvede Rande, hvormed Billederne viste sig omgivne, skjøndt man dog søgte at afhjælpe denne Mangel ved at give Lindserne saa store Brændvidder som muligt. Newton tog nu ogsaa fat paa dette Spørgsmaal, og han kom til det Resultat, at Ufuldkommenhederne langt mere laa i Farveadspredelsen (den kromatiske Aberration) end i Fejlen paa Grund af Kuglefiguren. Han beregnede nemlig en Lindses mindste kromatiske Sideafvigelse (o: Diameter i Afbigelseskredsen) og fandt ved Hjælp af de forhen bestemte Brydningsforhold, at den omtrent er $\frac{1}{5}$ af Aabningens Størrelse (Aabning = Lindsens Diameter), naar de indfaldende Straaler kunne anses for parallelle. Diametren i den mindste sfæriske Sideafvigelseskreds fandt han under samme Forudsætning for en plankonvex Linde, hvis Brydningsforhold er $\frac{R}{J}$, hvis halve Aabning er S, og hvis konvekse Sides Radius er D, udtrykt ved $\frac{R^2 S^3}{J^2 D^2}$; antages nu $\frac{R}{J} = \frac{31}{20}$, $S = 2''$,

D = 100', saa bliver denne Sideafvigelse altsaa

$$\frac{31^2 \cdot 8}{20^2 \cdot 1200^2} = \frac{961}{72.000.000} = 0'',0000133, \text{ hvorimod den}$$

kromatiske bliver $\frac{4}{55} = 0'',7273$ eller omtrent 5470 Gange saa stor som den første. Han forundrer sig derfor højlig over, at man kan se Billederne saa tydelig, som de virkelig vise sig, men tænker sig, at Grunden dertil er den, at Straalerne ikke fordeles ligeligt i Afvigelseskredsen, men ere tættere ved dens Midtpunkt end ved Randen, og at Billedet ikke skal opfanges ved de middelbrydbare (paa Grænsen mellem grønt og blaåt) Straalers Foreningspunkt, men derimod ved de lysstærkeste (de gule, næved de orange) Straalers, og i saa Tilfælde viser han, at den mindste kromatiske Afvigelse ikke længere er $\frac{1}{55}$ men $\frac{1}{250}$ af Aabningens Størrelse, hvilket vel formindsker Forholdet mellem de to Afvigelser betydeligt, men dog altid lader den kromatiske være over 1200 Gange større end den sfæriske. Dette Resultat bragte ham til at betvivle Muligheden af at faa Lindsernes Mangler hævede, og følgende Iagttagelse tjente ikke til at rokke denne Tvivl. Han saa nemlig, at naar Lyset brødes fra Luften igjennem flere forskellige Medier, f. Ex. Glas og Vand, og derpaa igjen ud i Luften, at det da, hvad enten disse Mediers brydende Flader vare parallele eller ej, altid vedblev at være ufarvet, naar blot de udtrædende Straaler vare parallele med de indfaldende, men at det, saasnart disse dannede en Vinkel indbyrdes, viste farvede Rande. Forsøget anstillede han med et med Vand fyldt prismatisk Kar, hvori var nedsænket et Glasprisme. Heraf syntes det ham da at fremgaa, at Farveadspredelsen ikke kunde hæves, uden at Brydningen tillige hævedes, og dette i

Forbindelse med hans oven omtalte Beregning bragte ham til aldeles at opgive Tanken om at faa Lindserne fejlfrie; ja han var endog tilbøjelig til rent at ophøre med Brugen af alle brydende Instrumenter. Det følgende vil nu vise, at hans Slutning ikke var rigtig; men et Udbytte kom der dog ud af den, thi det var den, der ledede ham til Konstruktionen af Spejlteleskopet.

6. Et Par andre Slutninger drog han af samme Iagttagelse; den ene er den, at man kan bestemme Brydningen fra et Legeme til et andet, naar man kjender Brydningsforholdene fra Luft til ethvert af disse Legemer, og han opstiller ganske rigtigt Loven for Bestemmelsen af de relative Brydningsforhold. Den anden udtaler han saaledes (Opt. I. Pars. II. Exp. 8) „Differenserne mellem de forskjellige Farvestraalers Brydningssinuser og den fælles Indfaldssinus, naar Brydningen sker fra flere forskjellige tættere Medier umiddelbart over til et og samme tyndere, f. Ex. Luft, staa i et givet Forhold.“ Hvorledes han har regnet sig hertil, fortæller han ikke, men gaar man ud fra de indfaldende og udtrædende Straalers Parallelisme og antager alle Vinkler smaa nok til, at man kan sætte Buen for dens Sinus, saa kan man ved at betragte den Vej, Lysstraalerne gennemløbe, meget let faa det ud. Lad da for de røde Straaler $\frac{r}{i}$ være Bryd-

ningsforholdet fra Luft til Glas, $\frac{R}{I}$ fra Luft til Vand, for de violette henholdsvis $\frac{r^1}{i}$ og $\frac{R^1}{I}$, saa er Reglen:

$$\frac{R-I}{R^1-I} = \frac{r-i}{r^1-i}$$

og analoge Forhold for de mellemliggende Straaler. Ved

Hjælp af disse Forhold beregner han Brydningsforholdene for alle Straaler i Regnvand, idet han kjender dem for alle Straaler i Glas og desuden for de røde Straaler i Regnvand har fundet $\frac{R}{I} = \frac{4}{3}$. Erindres, at for Glasset

$\frac{r}{i}$ var fundet lig $\frac{77}{50}$, $\frac{r^1}{i} = \frac{78}{50}$, saa indses det, at det hele kommer an paa at udtrykke $\frac{4}{3}$ i en anden lige saa stor Brøk, hvis Nævner trukket fra Tælleren giver 27; en saadan er $\frac{108}{81}$; til fælles Indfaldssinus tager han da for Straalerne i Regnvand 81 og finder saa af Formlen for de violette $\frac{R^1}{I} = \frac{109}{81}$; at man nu ikke af et Legemes bekjendte Brydningsforhold kan slutte sig til et andets, vil fremgaa af det følgende. For at se Konsekvensen af

Formlen, saa lad for Kortheds Skyld $\frac{r}{i}$ være lig m ,

$\frac{r^1}{i} = n$, $\frac{R}{I} = M$ og $\frac{R^1}{I} = N$. Man har da

$$\frac{M-1}{N-1} = \frac{m-1}{n-1}; \text{ heraf } \frac{N-M}{M-1} = \frac{n-m}{m-1}.$$

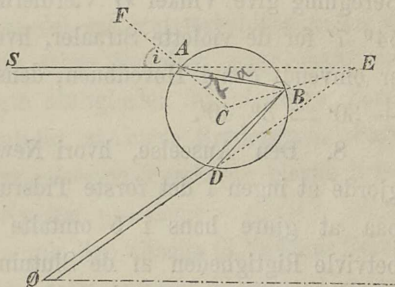
$N - M$ 3: Forskjellen mellem de violette og de røde Straalers Brydningsforhold, er det, man kalder Legemets

Farveadspredelse, Forholdet $\frac{N-M}{M-1} = \frac{dM}{M-1}$ kaldes den

farveadspredende Kraft. Der udtrykkes altsaa, — stemmende med hvad tidligere (4) er bemærket om hans Mening om Farvefordelingen i Spektrene — at Legemernes farveadspredende Kræfter ere lige store. Omskrives

Formlen saaledes: $\frac{N-M}{n-m} = \frac{M-1}{m-1}$, da ses den at udtrykke, at Farveadspredelserne ere proportionale med Brydningerne.

7. En Bekræftelse paa Sandheden af Læren om den forskellige Brydbarhed fandt Newton i den omvendte Farvefølge i de to Regnbuer og deres bestemte Bredde. Det er omtalt, hvorledes Descartes var strandet paa dette Spørgsmaal, og hvorledes han kun var kommen til en omtrentlig Bestemmelse af de Vinkler, hvorunder de „virksomme Straaler“ (radii efficaces) sendes til Øjet. Beregningen, der her er udført for Hovedregnbuen uafhængig af Newtons Fremgangsmaade, men med hans Værdier for Brydningsforholdene, vil anskueliggjøre det hele. Solstraalerne trænge ind i Regndraaben C i Punktet A; de brydes mod B og tilbagekastes derfra mod D, hvor de paany brydes ud til Ø. For at nu de udtrædende Straaler



kunne trænge ind i Øjet Ø som virksomme, maa de være parallelle og med de indfaldende danne en vis Vinkel E. Betegnes FAS ved i , EAB ved a og $BAC = ABC$ ved b , saa er $E = 2(b - a)$; $i = a + b$, altsaa $E = 4b - 2i$. Skulle begge Straalerne SA efter Udtrædelsen være parallelle, da maa E for begge være lige stor (konstant), dens Differential altsaa Nul, og man maa have $di = 2db$. Er nu n Brydningsforholdet, saa er $\sin i = n \sin b$, $\cos i \cdot di = n \cos b \cdot db$, $2 \cos i = n \cos b$; $4 \cos^2 i = n^2 - 1 + \cos^2 i$; $\cos^2 i = \frac{n^2 - 1}{3}$. For de røde Straaler er fundet $n = \frac{4}{3}$; heraf $i = 59^\circ 23'$, $b =$

$40^{\circ} 12'$, $E = 42^{\circ} 2'$. For de violette Straaler er $n = \frac{109}{81}$ og derved $E = 40^{\circ} 17'$; den violette Farve vil altsaa overensstemmende med Erfaring vise sig inderst, den røde yderst. Var Solen et eneste Punkt, vilde man se Hovedregnbuen som et lyst, farvet, kredsformigt Bælte, hvis Bredde var $1^{\circ} 45'$. Men da Solens apparente Diameter omtrent er $30'$, vil den vise sig $30'$ bredere, altsaa ialt $2^{\circ} 15'$ bred, hvilket Newton ogsaa fandt bekræftet ved direkte Maalning. For den ydre Regnbue, der dannes ved to Brydninger og to Tilbagekastninger, vil en lignende Beregning give Vinkel $\varnothing$ Værdierne $50^{\circ} 57'$ for de røde, $54^{\circ} 7'$ for de violette Straaler, hvoraf ses, at Farvefølgen er omvendt den i Hovedbuen; dens Bredde bliver $3^{\circ} 10' + 30' = 3^{\circ} 40'$.

8. Den Anseelse, hvori Newton med Rette stod, gjorde at ingen i det første Tidsrum efter hans Død faldt paa at gjøre hans i 5 omtalte Forsøg om igjen eller betviyle Rigtigheden af de Slutninger, det havde ledet ham til. Det var først i 1747, at det faldt Euler ind, at man jo i det menneskelige Øje havde et sammensat Lindseapparat, som var ganske farvefrit, og at det vel derfor heller ikke maatte være saa aldeles umuligt kunstig at fremstille et saadant. Da han ikke vovede at drage Nøjagtigheden af Newtons Forsøg i Tvivl, saa opstillede han, aldeles uafhængig af alle Forsøg og kun ledet af Spekulation, en hel ny Theori, hvori han kom til visse Betingelser, som de forskjellige brydende Legemers Brydningsforhold maatte opfylde, og hvoraf han da igjen fik ud, at Farveadspredelserne skulde være afhængige af de middelbrydbare Straalers Brydningsforhold. Af sine Ligninger udledte han endelig almindelige Formler for

Dimensionerne af Lindseglassene. Hans Afhandling faldt i Hænderne paa Dollond, som nu gjennemgik Beregningerne; som Instrumentmager var det ham af Vigtighed at have nøjagtige Maal, men Eulers turde han ikke bruge, da de som sagt kun vare grundede paa Spekulationer, hvis Rigtighed Erfaring aldrig havde godtgjort. Derfor indsatte han i Eulers Formler de Love for Brydningen, som vare fremgaaede af Newtons Forsøg, og ved denne Substitution fandt han da, at det af Formlerne nødvendig fulgte, at Lindsen maatte være uendelig tyk, for at Straalerne kunde forenes i et Punkt. Hertil svarede Euler kun, at hvorledes det saa end forholdt sig, saa var det umuligt at forklare Øjets Bygning, naar man, som Newton, vilde benægte Muligheden af at hæve Farveadspredelsen uden samtidig at hæve Brydningen. Sagen var herved sat i Bevægelse, og Forskerne blevne bragte til at anvende deres Kræfter paa den.

Klingenstjerna gik lige tilbage til Newtons Forsøg og underkastede de paa dette byggede Slutninger en nøjagtig Prøvelse, hvoraf han fik ud, at hvis man i fuld Almindelighed vilde anerkjende Forsøgets Rigtighed, saa vilde man komme til Resultater, der aldeles ikke stemmede med de af Newton selv fundne, men dog rigtig nok nærmede sig desto mere til disse, jo mindre Glasprismets brydende Vinkel blev. Sin Undersøgelse meddelte han Dollond, som heraf tog Anledning til at gjøre Forsøget om igjen. Hans Fremgangsmaade var kun deri forskjellig fra Newtons, at det prismatiske Kars brydende Vinkel efter Behag kunde gjøres større eller mindre, og han forandrede saa længe paa det, indtil en gennem det kombinerede Vand- og Glasprisme betragtet Gjenstand

ikke syntes forrykket fra sin Plads. I saa Tilfælde var han vis paa, at de udtrædende Straaler vare parallelle med de indfaldende, og i saa Tilfælde skulde da ogsaa efter Newtons Udsagn den betragtede Gjenstand have vist sig med sine naturlige Farver. Men Udfaldet blev et helt andet; Forsøget viste den nemlig omgivet af farvede Rande, og det — angiver Dollond — i lige saa høj Grad, som om han havde set paa den gennem et Glasprisme med brydende Vinkel 30° . Men ikke nok hermed; ved at gjøre Vandprismets brydende Vinkel stedse større saa han, at Farverne bleve mindre fremtrædende, og ledet heraf faldt det ham da ind, at det, naar denne Vinkel blev tilstrækkelig stor, maaske var muligt rent at faa dem til at forsvinde. En uheldig Indretning af Apparatet, der gjorde, at den kun kunde blive omtrent 60° , tillod ham imidlertid ikke strax at prøve; men da det naturligvis maatte have samme Indflydelse, om Glasprismets Vinkel blev mindre, saa tilsleb han et slankt Glasprisme og prøvede med det. Udfaldet blev, at de farvede Rande virkelig kunde bringes til at forsvinde, og samtidig viste den betragtede Gjenstand sig i høj Grad forrykket fra sin Plads. Hermed var da Newtons Benægtelse af Muligheden af at hæve Farveadspredelsen uden samtidig at hæve Brydningen aldeles kuldkastet.

9. Det vundne Resultat anvendte han strax paa Konstruktion af Objektiver, og det lykkedes ham ogsaa kort efter at fremstille et farvefrit Objektiv, der var sammensat af to Glasstykker med Vand imellem. Men det led af en ny Mangel; det var nemlig nødvendigt, at det havde en ringe Aabning, for at ikke de betydelige Krumninger, som Glassene maatte have for Farvefrihedens

Skyld, skulde frembringe en alt for stor sfærisk Afvigelse. Af den Grund var det da ønskeligt, om Farvefriheden kunde naaes ved Hjælp af forskellige Glassorter, hvis Farveadspredelser selvfølgelig maatte være saa forskellige som muligt, og hans næste Arbejde gik nu ud paa at finde saadanne. Efter gjentagne Prøver fandt han saadanne i Krovnglasset og Flintglasset. Det Krovnglasprisme, som kunde hæve Flintglasprismets Farveadspredelse, havde en brydende Vinkel paa 30° — Flintglasprismets var 19° —; ved Maalning paa Newtons Maade bestemte han Forholdet mellem deres Farveadspredelser til $\frac{2}{3}$, Brydningsforholdene for de middelbrydbare Straaler henholdsvis til 1,53 og 1,58. For at bedømme Nøjagtigheden af det første og tillige faa et Resultat, som i det følgende ofte vil komme til Anvendelse, saa lad Figuren fremstille de to Prismer, samt en Lysstraales Vej igjennem dem. Brydningsforholdet for de røde Straaler er i Krovn-glasset m , i Flintglasset n , og Buerne ere satte i Stedet for deres Sinuser, hvad endnu gaar an for den største brydende Vinkel 30° . Man har da $DBE = \frac{1}{m} ABC$;

$$DEB = p - \frac{1}{m} ABC;$$

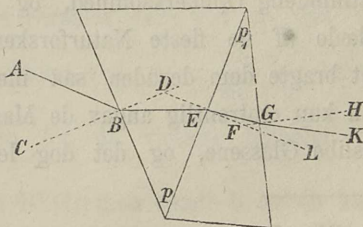
$$GEF = \frac{m}{n} DEB = \frac{m}{n} p$$

$$- \frac{1}{n} ABC; EGF = GFL$$

$$- GEF = p_1 - \frac{m}{n} p +$$

$$\frac{1}{n} ABC; HGK = n EGF$$

$$= np' - mp + ABC. \text{ Er for de violette Straaler}$$



Brydningsforholdene M og N, da maa i Tilfælde af Farvefrihed Vinkel HGK være lige saa stor som for de røde; dette giver

$Np_1 - Mp = np_1 - mp$; $(N-n)p_1 = (M-m)p$ ∴
Farveadspredelserne forholde sig omvendt som de brydende Vinkler. For Dollonds Prismer faaes $\frac{M-m}{N-n} = \frac{19}{30}$ eller meget nær $\frac{2}{3}$. Ved at beregne Størrelserne af Brydningerne (Afvigelse i Hovedstillingen) fandt han endvidere, at den, som Krovnglasprismet forarsagede, var den største*).

Det gjaldt nu at anvende de to Slags Glas til farvefrie Objektiver; da Straalerne skulde brydes til forskjellige Sider, maatte den ene Lindse være en Straalesamler, den anden en Straalespreder; da de skulde forenes i et Punkt, maatte den første give den største Brydning, altsaa i Henhold til ovenstaaende være af Krovnglas; vejledet heraf gav han sig da i Færd med Tilslibningen og naaede ogsaa, efter at have overvundet en Mængde praktiske Vanskeligheder, at sammensætte et fuldkommen farvefrit Objektiv.

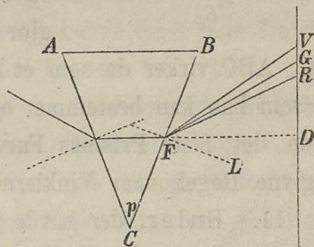
Man kan vel forstaa, at dette hans Held vakte en ualmindelig Opmærksomhed, og at det blev hilset med Glæde af de fleste Naturforskere og Instrumentmagere; det bragte dem desuden saa meget mere i Aande, som han kun omtrentlig angav de Maal, hvorefter man skulde tilslibe Glassene, og det dog let indsaaes, at det var

*) Efter Brewster og Herschel skal Dollond ikke være den første, der har konstrueret farvefrie Prismer, men derimod en vis Chester More Hall, hvis Arbejder imidlertid først bleve publicerede, efterat Dollond havde offentliggjort sine.

nødvendigt at have disse aldeles nøje opgivne, samt desuden at være fuldstændig bekjendt med Glassenes Brydningsforhold og Farveadspredelser. Clairaut, der lige fra Begyndelsen med stor Opmærksomhed havde fulgt Sagen, gav sig da i Færd med at bestemme, dels hvilken Form man skulde give Lindserne, dels hvorledes man bedst kunde finde deres Farveadspredelser.

10. For at finde disse er det nødvendigt fuldkommen at kjende Brydningsforholdene for en enkelt Glassort, og det opnaar man efter hans Angivelse bedst paa følgende Maade. Man tilsliber et ligebenet Prisme og opstiller det saaledes, at dets Flade AB

er vandret. En snæver Lyskegle ledes hen paa det ved Hjælp af en Heliostat, og dens Indfaldsretning reguleres saaledes, at Spektret VR paa Skjærmen DV viser sig saa lavt som muligt. I



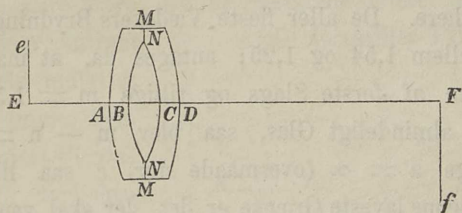
saa Tilfælde staar Prismet i Hovedstillingen for det indfaldende Lys, og den Vej, dette beskriver inde i Prismet, er vandret. Betegnes da Brydningsvinklen ved Fladen BC for de middelbrydbare Straaler GF ved b , saa er

deres Brydningsforhold bestemt ved $n = \frac{\sin b}{\sin \frac{1}{2} p}$; heraf

$dn = \frac{\cos b \, db}{\sin \frac{1}{2} p}$, hvor db for de violette Straaler er

Vinkel VFG, for de røde RFG; men baade b og db kan maales; FD og DG giver GFD, som lagt til $DFL = \frac{1}{2} p$ giver b ; DF og DR eller DV leder til db . Paa denne Maade faaes altsaa Brydningsforholdene for alle Straaler

Dollond virkelig havde naaet Farvefriheden, bragte ham dog omsider til at tvivle om Rigtigheden af sin Theori, og fuldelig overbevist blev han, da senere Prof. i Matematik Zeiher i Wittenberg havde vist ham blyholdige Glas, der brød de middelbrydbare Straaler næsten ens, men de yderste meget forskjelligt. (Senere viste den samme Zeiher ham alkaliholdige Glas, der havde den modsatte Egenskab.) Men allerede før havde han i Anledning af et Forslag om Konstruktion af Lindser med Vædske og for at faa nøjagtige Værdier til Prøvelse af den opstillede Theoris Rigtighed, givet en Methode til Bestemmelse af Vædske's Brydningsforhold og Farveadspredelser, og nu, da Clairaut havde faaet ham fra de tidligere Anskuelser, blev han lige saa ivrig til at tage sig af den hele Sag, som han før havde været uvillig til at gaa ind paa den. Der kom i Berlinermemoirerne en Række Afhandlinger af ham, som gik ud paa at forbedre Kikkerterne, og imellem dem findes en, som giver en forbedret Methode til Bestemmelse af Glasarternes Farveadspredelser og Brydningsforhold.



Vædskerne indeslutter han mellem to af Kugleflader begrænsede Lindsestykker, hvis Radier kjendes. Billedet af en stærk belyst Gjenstand Ee, der har Afstanden a fra Lindsens Forflade, opfanges saa skarpt som muligt paa

en Papirsskjærm eller mat Glasplade i Ff. Er nu Glassets Brydningsforhold m , Vædskens n , Radius til MAM = Rad. til MDM = f , Rad. NBN = Rad. NCN = g , saa er, naar Lindsens Tykkelse lades ude af Betragtning, og DF betegnes ved c

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{c} = \frac{2(m-1)}{f} - \frac{2(m-n)}{g};$$

$$n = m - \frac{1}{2} g \left[\frac{2(m-1)}{f} - \frac{1}{a} - \frac{1}{c} \right]$$

Udmaaltes da a og c , kan n beregnes, og opstilles forskjelligtfarvede Gjenstande, kunne Brydningsforholdene faaes for disse Farver; han foreslaar at benytte forskjelligtfarvede Papirsstrimler, hvorpaa er gjort sorte Streger. Men her er nu adskilligt at iagttage; er a stedse ligestor, saa vil en og samme Fejl paa c have desto mere at sige, jo mindre c er; derfor maa c ikke synke ned under en vis Grænse, han sætter 1 Fod; gjøres g mindre, voxer c , men g maa heller ikke være for ringe for Aabningens Skyld. Endelig f ; den maa hverken gjøre c for ringe eller for stor, det sidste af Hensyn til det mørke Værelses Størrelse. Hvilke Værdier man da skal give g og f kan følgende lære. De aller fleste Vædskers Brydningsforhold ligger mellem 1,54 og 1,25; antages da, at man havde en Vædske af første Slags og tillige $m = 1,54$, som svarer til almindeligt Glas, saa blev $m - n = 0$, og naar tillige $a = \infty$ (overmaade stor) c saa lille som muligt; denne laveste Grænse er det, der skal være 1 Fod. Man faar da: $1 = \frac{f}{2 \cdot 0,54}$; f næsten 13 Tommer. Er $n = 1,25$, saa er c saa stor som muligt, antag ∞ , a ogsaa ∞ , altsaa $\frac{2 \cdot 0,54}{f} = \frac{2 \cdot 0,29}{g}$ $g = 7$ Tommer.

VR, og Skjærmen er lodret paa BC; i B er ved en Snor ophængt et Lod, saa at Snoren paa Linealen angiver Længden CH. Naar nu Apparatet er opstillet, saa noteres Punkterne V og R paa Skjærmen, endvidere de Punkter v og r, hvor Straalerne forlade Prismet. Er dette sket, observeres Solhøjden; lægges Solens apparente Radius til denne, faaes Vinkel FgK; trækkes den fra, faaes FhK. Bv, Br, BV, BR, BC og CH udmaales, og man kan da regne sig til Vinklerne BvV, BvR og BCH. Er det nu de røde Straalers Brydningsforhold, der søges, da er, idet $FgA = a$, $gCr = p$, $BrR = b$:

$$\cos a = n \cos Cgr; \cos b = n \cos grC; 180 - p = Cgr + grC \text{ og heraf}$$

$$n = \frac{\sqrt{\cos^2 a + \cos^2 b + 2 \cos a \cos b \cos p}}{\sin p}$$

hvor a findes af $Fgk + a + p + BCH = 180$. De violette Straalers Brydningsforhold faaes paa lignende Maade, og herved altsaa Farveadspredelsen.

12. Samtidig med Eulers Undersøgelser havde d'Alembert givet sig til at anstille Beregninger over de Former, man helst maatte give Lindserne, og desuden angivet en Mængde Forbedringer af anden Art, f. Ex. Brugen af flere Okularer til samme Objektiv. Men uagtet alle Beregninger, uagtet al anvendt Flid var det dog ikke muligt for Kunstnerne paa Fastlandet at konkurrere med Dollond; hans Objektiver var og blev de bedste. Hvori Grunden hertil laa, var ikke let at indse; Beregninger og Forsøg vare anstillede med al mulig Omhu, og man formodede ikke, at Dollond heri var kommen videre (senere gik det Rygte, at den yngre Dollond prøvede sig frem; Bernoulli fortæller, at det er

ham meddelt af troværdige Personer); — at faa noget ud af Betragtningen af hans Prismesystemer lykkedes heller ikke, skjønt Beguelin med samvittighedsfuld Omhyggelighed gav sig til at undersøge dem; der var da kun tilbage at antage, at de matematiske Formler vare for indviklede til at bruges i Praxis, eller at de brydende og farveadspredende Kræfter ikke vare bestemte nøjagtigt nok. Derfor bleve nye Forsøg anstillede, nye Metoder opfundne, og nye Apparater konstruerede.

Jeaurats og Hertugen af Chaulnes's Fremgangsmaade er ens; de lade Glassene tildanne som Lindser i Slibeskaale, hvis Krumninger ere bekendte; i en Afstand omtrent lig den dobbelte Brændvidde fra den Aabning, hvor igjennem Lyset falder ind, opstilles Lindsen i et Stativ, der som en Skyder kan bevæges hen ad en inddelt Bjælke, hvis Nulpunkt falder i samme lodrette Plan som Aabningen. I et lignende Stativ er indsat et Stykke med Olie gennemtrængt Papir eller en mat Glasplade, og paa dette opfanges Billedet; naar da dette er blevet saa skarpt som muligt, aflæser man paa Bjælken Lindsens og Skjærmens Afstande fra Aabningen og beregner herved de middelbrydbare Straalers Brydningsforhold; indstilles i Aabningen et rødt eller et blaat Glas, kan paa samme Maade de røde og blaa Straalers Brydningsforhold bestemmes. Det samme Apparat tjener desuden til at prøve, om et sammensat Objektiv forener Straalerne i et Punkt.

Boschowich bruger ligesom Clairaut og Euler Prismen. Hans Fremgangsmaade er kun derved forskjellig fra Clairauts, at han søger at tage Hensyn til, at Straalerne spredtes inde i Prismet, idet han ved et Skjøn

Prisme af den Slags Glas, som skal undersøges, lægges deri. Antages at Vinklerne ere tilstrækkelig smaa, da er, idet Brydningsforholdet for de røde Straaler i Vand er m , i Glas n og Vinkel $LCP = a$

$$m \cdot EFG = m \cdot \frac{1}{2} p = n \text{ LFH};$$

$$n (p - LFH) = np - \frac{m}{2} p = m. \text{ KLP};$$

$$m (a - \text{KLP}) = ma - np + \frac{m}{2} p = \text{TPV};$$

For de violette Straaler ere Brydningsforholdene M og N . Er da DC drejet saalænge, indtil det udtrædende Lys er farvefrit, saa er for de sidste Straaler TPV lige saa stor som for de første, eller:

$$m (a + \frac{1}{2} p) - np = M (a + \frac{1}{2} p) - Np;$$

$$N - n = (M - m) \frac{a + \frac{1}{2} p}{p} = \frac{(M - m) [(a - \frac{1}{2} p) + p]}{p}$$

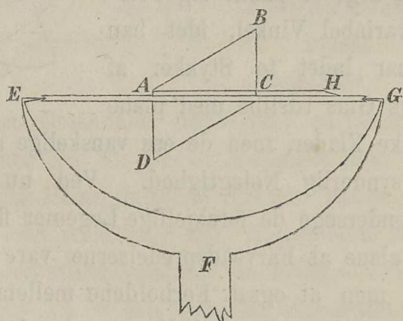
hvor $a - \frac{1}{2} p$ kan aflæses ved Mærkestregen. — Boschowich har desuden paa en anden Maade end Clairaut søgt at skaffe sig Prismer med variabel Vinkel, idet han (se Fig.) har ladet to Stykker af samme Slags Glas tilslibe med plane



og cylindriske Flader, men de ere vanskelige at bruge og give ikke synderlig Nøjagtighed. Ved nu paa disse Maader at undersøge de forskjellige Legemer fik han klart at se, ikke alene at Farveadspredelserne vare i høj Grad forskjellige, men at ogsaa Forholdene mellem de Rum i Spektret, som enhver Farve indtog, varierede fra det ene Medium til det andet (Irrationalitet kalder man denne Mangel paa Forhold). Derfra hidrørte en anden Omstændighed, nemlig den, at der altid, selv om de røde og

violette Straaler bragtes til Parallelisme blev et meget smalt rødt og grønt Farvebillede tilbage. Disse sekundære Farvebilleder, som naturligvis ogsaa fandtes ved de sammensatte Lindser, lode nødvendig en Mangel tilbage hos dem, men Boschowich indsaa, at denne saa godt som fuldstændig maatte kunne hæves, naar man foruden de røde og violette endnu bragte en tredje Straale til Parallelisme, — en Tanke, som senere Blair bragte i Udførelse.

13. Omtrent paa samme Tid konstruerede Rochon til Maalning af Farveadspredelserne et Instrument, som realiserer den gamle Ide, at hæve et Prismes Farveadspredelse ved Hjælp af et andet bekjendt, paa en ny Maade. Apparatet, som han kalder Diasporameter, har Herschel senere benyttet og fundet det baade bekvemt og i Stand til at give gode Resultater. Man tænke sig et retvinklet Flintglasprisme ABC, hvis brydende Vinkel er omtrent 30° , og hvis Længde er to Gange saa stor som AC. Ved et Snit lodret paa Kanterne deles det



i to andre lige store, der kittes sammen til et Parallelepiped ABCD. Dette drejes nu om en Axe parallel med BC og samtidigt med denne Drejning afslibes det saaledes,

at det bliver begrænset af en Cylinderflade, saa at altsaa Fladen AC bliver en Cirkel. Prismerne tages derpaa fra hinanden; det ene ACD indsættes fast i en Metalskive, hvis Centrum falder sammen med Fladen AC's, og som ved Randen er forsynet med en Fuge, hvori Kjæberne af Gaffelen EFG gribe ind, saa at Skiven kan drejes i sit Plan og tillige sættes i Svingninger om Tappene E og G; det andet Prisme ABC er indfattet i en Ring, hvis Centrum falder sammen med Skivens; denne Ring bærer en Nonius CH. I den Stilling, som Figuren viser, og i hvilken Nonien angiver 0° , virker ABCD som en Prisme med brydende Vinkel 0° ; men drejes ABC en Vinkel α rundt, saa kommer de to Prismer til at virke som et, hvis brydende Vinkel P er bestemt ved

$$\sin \frac{P}{2} = \sin \frac{\alpha}{2} \sin p$$

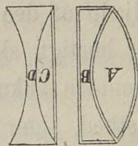
idet p er hver af de smaa Prismers brydende Vinkel. Er nu et Prisme af det Legeme, som skal undersøges, bragt i Hovedstillingen bag en vandret Vinduessprosse, saa opstilles Diasporametret bag dette med Nonien paa Nul og Skiven vertikal; man forskyder dets to Prismer for hinanden, indtil det gennemgaaende Lys er næsten farvefrit, prøver derpaa om det sammensatte Prismes brydende Kant er parallel med det faste Prismes, idet man ved at sætte Skiven i Svingninger ser, om to paa hinanden lodrette Sprosser, sete gennem Prismerne, synes at skjære hinanden under rette Vinkler. Er det ikke Tilfældet, da drejer man paa den vertikale Axe saalænge, til det finder Sted. Bringes da ved en yderligere Forskydning og derpaa følgende Verifikation af Stillingen

Farverne til at forsvinde, kan man ved at aflæse Vinkel α beregne P, og derved det faste Prismes Farveadspredelse.

14. Det blev ovenfor omtalt, at de første farvefrie Objektiver med Vand mellem Glassene havde en ringe Aabning, og at denne Mangel gav Anledning til Brugen af to Slags Glas, hvorved man haabede en meget større Aabning; men Udfaldet svarede ikke til Forventningerne, thi de Objektiver, der hidtil vare konstruerede, kunde med Hensyn til Diameter aldeles ikke taale nogen Sammenligning med f. Ex. Huyghens enkelte Lindser. Grunden hertil mente Instrumentmagerne laa i Ufuldkommenheder i Flintglasset, dels dets egen Farve, dels det, at de forskjellige Dele af samme Stykke ikke brøde Lyset ens. Dette bragte Blair til paany at optage Tanken om Objektiver med Vædske, som da maatte have en betydelig Farveadspredelse, og han anstillede en Række Forsøg for at finde saadanne. For at faa en foreløbig Kundskab om dem brugte han en slank Kile af Messing, igjennem hvilken der var boret to Huller med Diameter som Øjets Pupil. Disse Huller kunde fyldes med et Par Draaber af de Vædske, der skulde undersøges, og dækkedes efter Fyldninger med planparallelle Glasplader. Tillige havde han et Udvalg af Glasprismer med samme brydende Vinkel som Kilens Vinkel og flere Krovnghlasprismer med forskjellige Vinkler. Han kunde da ved at lægge forskellige Prismes op ad Kilen og gjennem dens Huller og Prismet betragte en stærk belyst Gjenstand let finde et — eller en Kombination af flere — der temmelig nær hævede Vædskeprismets Farveadspredelse, og herved havde han da et omtrentligt Maal for denne; de Vædske, der viste sig tjenlige, undersøgte da ved at indesluttet i

prismatiske Kar eller i hule Lindser, hvis Dimensioner kjendtes. At der var to Huller i Kilen gjorde, at han paa en Gang kunde undersøge 2 Vædsker. Ved at gaa frem saaledes har han da fundet den almindelige Regel, at Løsningerne af Metalsaltene have større Farveadspredelse end Krovnglasset, især Klormetallernes Løsninger. Antimonsmør viste sig, naar det var udrørt med saa meget Vand, at det netop var flydende, i saa høj Grad farveadspredende, at det var nødvendigt for Farvefrihed at bruge et Krovnglasprisme, hvis brydende Vinkel var 3 Gange saa stor som Kilens. Han brugte det til et Objektiv, som var begrænset af dobbeltkonvekse Lindser, hvis yderste Fladers Radier forholdt sig til de indadvendte som 1 til 2; det var farvefrit, men viste sig ikke praktisk, fordi Vædsken delte sig i Lag af forskjellig Brydbarhed. Mange andre Vædsker fandt han derimod tjenlige, og ved deres Hjælp konstruerede han da ypperlige Objektiver.

En Forbedring indførte han, nemlig en Ophævelse af de tidligere omtalte sekundære Farvebilleder. Han indsaa nemlig, at man, naar man kombinerer to binære Forbindelser, som virke i modsatte Retninger, og hvoraf hver giver sit sekundære Billede, da vil kunne faa disse til at forsvinde eller i alle Tilfælde til at blive betydelig mindre fremtrædende. Denne Tanke bragte han i Udførelse ved at tildanne to sammensatte Objektiver; det en AB — af to ætheriske Olier, hvis Farveadspredelser ere meget forskellige, f. Ex. Terpentinolie og Nafta — virkede som Samlelindse, og brød de grønne Straaler stærkere end de forenede



røde og violette; det andet CD virkede som Straalespredere og bestod af den stærkest farveadspredende Vædske B i AB og Glas; det brød ligeledes de grønne Straaler stærkest, men i Sammenligning med den totale Brydning i et større Forhold end det første. Sattes de nu sammen, saa havde den konvexe Lindses Brydning Overvægt over den konkaves, og de sekundære Farvebilleder vare aldeles forsvundne.

Blair har endnu angivet andre Kombinationer, og han har opnaaet at fremstille et Objektiv med 9 Tommers Brændvidde, 3 Tommers Aabning, hvad endnu ingen havde naaet med Glaslindser.

Senere har Fabroni undersøgt adskillige Vædsker ved at indeslutte dem mellem to dobbeltkonvexe Lindser.

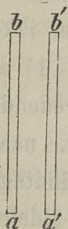
15. Blairs Undersøgelser, der endnu falde før Begyndelsen af dette Aarhundrede, vare som alle tidligere foretagne i Akromasiens Tjeneste, og naar undtages, at netop han havde udstrakt sine til ikke faa Vædsker, saa kan man om alle de andre fra forrige Aarhundrede sige, at de egentlig kun gik ud paa at lære to eller tre forskellige Glassorter og ganske faa Vædsker nøje at kjende i Henseende til Brydningsforhold og Farveadspredelser. Det er først i dette Aarhundrede, at Undersøgelserne have faaet en større Udstrækning, og det er Wollaston, der har Æren af at have givet Stødet hertil. Det er bekjendt, hvorledes han bestemte Brydningsforholdene ved Hjælp af den fuldstændige Tilbagekastning, og hvor let og hurtigt, skjønt — som senere paavist — ikke fuldkommen akkurat, denne Bestemmelse kan ske, og denne Lethed, siger han (Phil. Tr. 1802, Pag. 368), gjør netop, at man i Brydningsforholdene, følgelig ogsaa i Farve-

adspredelserne, kan faa et i mange Henseender meget bekvemt Kjendetegn paa de forskjellige Legemer; man kan ved dem bedømme Renheden, Koncentrationen o. s. v. af Løsninger — kort sagt fra Wollastons Tid bliver Brydningsforholdene og Farveadspredelserne Størrelser, der i lige saa høj Grad karakterisere Legemerne som Vægtfylde, Haardhed o. s. v. Han har selv undersøgt 33 forskellige Legemer og sammenstillet dem i en Tabel efter Størrelsen af Farveadspredelserne; Forsøgene ere for de fleste anstillede med Prismer paa en fra Dollonds og Blairs kun lidet afvigende Maade, dog angiver han ikke, hvori Afvigelsen bestaar; Talstørrelser gives heller ikke (Pag. 377). Men nogle Bemærkninger gjør han: 1) at der ingen Overensstemmelse er mellem de farveadspredende og brydende Kræfter, 2) at Farverne i Spektret, naar blot Prismet er stillet i Hovedstillingen, altid indtage forholdsvis lige store Rum — hvilket altsaa er aldeles forskelligt fra, hvad Boschowich og Blair havde fundet — 3) endelig, at der kun er 4 Farver, og at disse ere adskilte ved mørke Linier, som træde tydeligst frem, naar Prismet er omtrent i Hovedstillingen. Det første er nu rigtigt nok; Urigtigheden af det andet beviste Brewster kort efter ved paa en endnu mere fremtrædende Maade end det var lykkedes Boschowich og Blair at faa de sekundære Farver frem (Prismer af Krovnglas og Kassiaolie); hvorledes det har sig med det tredie, vil det følgende tilstrækkelig vise.

16. I sin Treatise on new philosophical instruments har Brewster angivet en Methode til Bestemmelse af Farveadspredelserne, der forudsætter, at man paa en eller anden Maade nøje har gjort sig bekendt med et Flint-

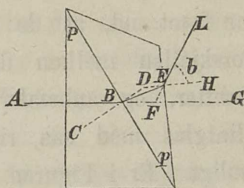
glasprismes Brydningsforhold og brydende Vinkel. Er da ABCDE dette Prisme, saa er det øjensynligt, at det i Retning od vil virke som et Prisme med brydende Vinkel eod = ADC, i Retning ao som et med 0° , og i Retning oc som et med boc, der kan findes, naar

man kjender Vinkel eob; er denne nemlig lig α , saa er $\text{tg}boc = \text{tg}ADC \cos \alpha$. Opstilles da bag en Vindues-sprosse ab et Prisme af det Legeme, der skal undersøges, saaledes, at dets brydende Kant er parallel med Sprossen, og at en fra denne til Prismets Forflade dragen Linie staar lodret paa denne Flade, og bag dette igjen Flintglasprismet, som betegnes med A, saaledes, at ogsaa dets brydende Kant er parallel med Sprossen, saa vil man ved at se gennem begge faa et Billede



a'b' af ab at se, der ligger noget til Siden for ab. Men drejes A rundt, hvorved det kommer til at virke som Prisme med en anden brydende Vinkel, saa vil man kunne opnaa, dels at faa ab og a'b' til at falde sammen, og derved efter nedenstaaende Formel beregne det første (faste) Prismes Brydningsforhold, dels at faa et farvefrit Billede og derved beregne dets Farveadspredelse. For at kunne aflæse Drejningsvinklen er A indfattet i en ind-delt Skive; det faste Prismes Indfatning bærer en Nonius, som angiver Nul paa Skiven, naar Prismernes brydende Kanter ere parallelle og de brydende Vinkler vendte til modsatte Sider. Lad nu Figuren forestille de to Prismer, og lad det faste have Brydningsforholdet m, A n, saa er

$m \sin ABC = m \sin P = n \sin DBE$
 $= n \sin x$ (I). Afvigelsen LFG
 $= P + LEH - p = P + b - p$,
 naar ab og $a'b'$ dække hinanden
 lig Nul, saa at $p - P = b$, $\sin b$
 $= n \sin (p - x) = \sin (p - P)$
 (II). Ved Elimination af x faaes



da m . Differentiation af (I) giver: $dm \sin P = n \cos x dx + \sin x dn$; af (II) $\cos b \cdot db = \sin (p - x) dn - n \cos (p - x) dx$. Er Billedet farvefrit maa db være Nul, saa at man faar:

$$\frac{dn \operatorname{tg} (p - x)}{n} = dx = \frac{dm \sin P - \sin x dn}{n \cos x}$$

$$dm \sin P = dn [\operatorname{tg} (p - x) \cdot \cos x + \sin x]$$

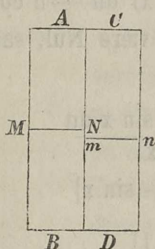
$$\frac{dm}{dn} = \frac{m}{n} [\operatorname{tg} (p - x) \cotg x + 1]$$

hvor p og x have andre Værdier end i første Tilfælde.

Paa denne Maade har nu Brewster undersøgt over 100 forskjellige Legemer, og af den Tabel, han giver, fremgaar det da, at der ikke findes noget bestemt Forhold mellem de farveadspredende Kræfter og Brydningsforholdene. Metalsaltene have f. Ex. store farveadspredende Kræfter og store Brydningsforhold, hvorimod der hos Ædelstenene til store Brydningsforhold svare farveadspredende Kræfter, der som oftest ere ringere end Vandets. En mærkelig Egenskab havde Kalkspathen; det viste sig nemlig, at de farveadspredende Kræfter ikke ere ligestore i begge Spektra, det ordentlige og det ejendommelige; derom nærmere siden.

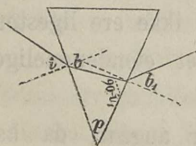
Hvad de sekundære Farvebilleder angaar, da har Brewster anstillet mange Forsøg for at se, under hvilke

Omstændigheder de viste sig saa smaa som muligt. Han har faaet ud, at de i Almindelighed formindskes med Forskjellen mellem de to Prismers farveadspredende Kræfter, og anbefaler derfor til Objektiver at anvende Flintglas med saa ringe farveadspredende Kraft som muligt. Er i Figuren AB og CD to lige lange Spektra af Krovnglas og Flintglas, saa er i det første Midten af det grønne Lys omtrent sammenfaldende med Spektrets



Midte MN; i det andet ligger den derimod ved mn, nærmere de røde Straaler. De grønne Straaler brydes altsaa af Flintglasset mindst, eller som han siger „Flintglasset har mindst Indvirkning paa dem“. Tildanner man da to Prismers af nævnte Glasarter saaledes, at de kunne forene de røde og violette Straaler, saa vil man

endnu henimod den Side, hvorhen Flintglasprismets Kant peger, se et grønt Bælte, imod den modsatte et rødt. Dette giver et Kjendetegn paa, hvilket af to Stoffer, der indvirker mindst paa det grønne Lys; thi betragter man gjennem to Prismers af disse Stoffer, der saa meget som muligt hæve hinandens Farveadspredelse, en Vinduesprosse, saa vil det have mindst Indvirkning, hvis Kant peger i samme Retning som den grønne Side af det sekundære Billede. Brewster bemærkede samtidigt en



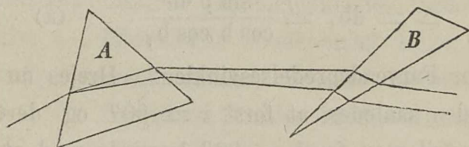
Irrationalitet af anden Art, som han kalder tertiært Spektrum, og som kun skyldes de særegne Omstændigheder, hvorunder det primære dannes. Lad Figuren forestille et Prisme, der træffes af en Lysstraale under Ind-

faldsvinklen i ; dets brydende Vinkel er p , Brydningsforholdet for de røde Straaler n . Man har da: $\sin i = n \sin b$; $p = b + i_1$; $\sin b_1 = n \sin i_1$; for de violette Straaler er n bleven til $n + dn$, saa at Ligningerne give, idet $di = 0$: $n \cos b \cdot db + \sin b \cdot dn = 0$; $db = - di_1$; $\cos b_1 \cdot db_1 = n \cos i_1 \cdot di_1 + \sin i_1 \cdot dn$, der ved Elimination af di_1 og db føre til

$$\Delta = db_1 = \frac{\sin p \, dn}{\cos b \cos b_1} \quad (a)$$

hvor Δ er Farveadspredelsesvinklen. Drejes nu Prismet efterhaanden saaledes, at først $i = 90^\circ$ og derefter aftager, saa vil man for $i = 90^\circ$ begynde med at have et Δ af en vis Størrelse; derefter aftager Δ og naar et Minimum, som senere skal betragtes, voxer atter, og endelig kommer man til en Stilling, hvor Straalerne ikke længere brydes ud gennem Bagfladen; for denne har man $b_1 = 90^\circ$, $\cos b_1 = 0$, altsaa $\Delta = \infty$. Medens den hele Farveadspredelse undergaar disse Forandringer, vil Fordelingen af Farverne i Spektret undergaa en lignende. Thi tillægges dn i (a) de Værdier, der svare til Forskjellen mellem Brydningsforholdene for de forskellige Farvers Grænsestraaler, saa vil Δ give de tilsvarende Værdier af de mellem disse Straaler liggende Farvers synlige Bredde; men Nævneren $\cos b \cos b_1$ er Funktion af n og ændrer sig altsaa med den Farvestraale, man gaar ud fra. Ere Vinklerne b og b_1 af nogenlunde Størrelse, saa ere disse Forandringer smaa; men ved den Grænse, hvor Straalerne endnu kunne træde ud, naa de en betydelig Størrelse; der viser Spektret sig forstruktet, den violette Ende er i Sammenligning med den røde meget forlænget. Man kan altsaa ved at holde et Prisme

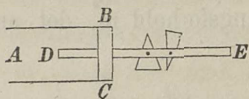
i en rigtig Stilling med Hensyn til de indfaldende Straaler faa Farveadspredelsen i høj Grad ændret, og stiller man det bag et andet af samme Stof, hvis brydende Vinkel kan have en vilkaarlig Størrelse, men maa vende til den modsatte Side, saa vil man ved at give dem en passende Heldning mod hinanden som oftest kunne faa en akromatisk Forbindelse ud; Figuren viser et saadant Par.



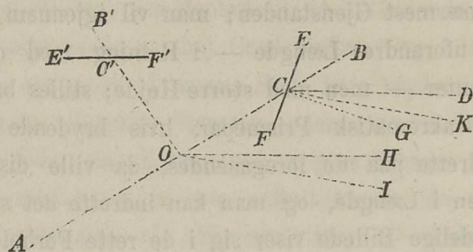
Som oftest — thi have Prismerne meget forskellige brydende Vinkler, da kan det ikke ske; de maa nemlig i saa Tilfælde helde stærkt mod hinanden, og man vil kunne komme Grænsen for Straalernes Udtræden i det ene saa nær, at Farvefrihed ikke kan faas paa Grund af den der i høj Grad forandrede Farveadspredelse; bringes da de yderste Straaler til Forening, ville de grønne lide en for ringe Brydning i det bageste Prisme, og man vil se et rødt og grønt Spektrum, lignende det sekundære; det er det, som Brewster kalder det tertiære, og som han har benyttet til at formindske det sekundære, idet han har brugt Prismar af to forskellige Slags Glas paa lignende Maade som dem af samme. At man kan faa Farvefrihed ved Prismar af samme Glasart, har han benyttet til ved 4 Prismar at konstruere en farvefri Kikkert, som han kalder Teinoskop (som oftest tilskrives Amici Æren for først at have konstrueret en saadan, men det er ikke korrekt. Brewster, Treatise on optics Pag. 364). Principet vil fremgaa af Figuren, som forestiller de to

Prismer nærmest Gjenstanden; man vil igjennem dem se den med uforandret Længde — i Retning med de brydende Kanter — men med større Højde; stilles bag disse et andet akromatisk Prismepar, hvis brydende Kanter ere vinkelrette paa de foregaaendes, da ville disse fortrække den i Længde, og man kan indrette det saaledes, at det endelige Billede viser sig i de rette Forhold, men i det hele forstørret.

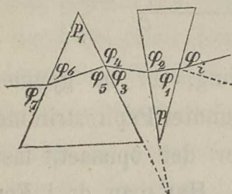
17. Biot har sammen med Cauchoix anvendt en anden Sammenligningsmethode ved Prismen, der forudsætter, at man har bestemt Brydningsforholdene for de røde Straaler i begge Stoffer. Paa Røret af en Kikkert A, der kan drejes om den vandrette Axe af en inddelt lodret Kreds, befestes ved en Ring BC to Arme DE, der ere forsynede med Huller, hvori Tappene af de Stativer, der bære Prismerne, hvile. Ved at forflytte Prismerne for hinanden



bringer man dem i en saadan Stilling, at en gjennem dem betragtet fjern Gjenstand, (en vandret Papirsstrimmel) viser sig saa farvefri som muligt; er det opnaaet, fastgjøres de ved Hjælp af Klemskruer. Har man da i Forvejen udmaalt deres brydende Vinkler, saa gjælder det kun at finde Straalens Indfaldsretning og de Vinkler, Prismernes Sider danne med Horisonten. Lad nu AB forestille Kikkertens Axe i den Stilling, hvori Billedet har vist sig farvefrit, CD en Horizontallinie og EF Forfladen af det forreste Prisme, saa kan Vinkel DCF findes, naar man drejer Kikkerten saaledes, at EF kommer til E'F', hvor den er vandret; thi Drejningsvinklen C'OC vil netop være denne Vinkel, da $B'OH = BCF$ og $COH = BCD$,



idet $OH \neq CD$; paa samme Maade kan Vinklen mellem Horizonten og det andet Prismes Forflade bestemmes. Men af den første faaes igjen Indfaldsvinklen, thi naar Kikkerten rettes mod Gjenstanden, der befinder sig i Retning OI , saa vil Vinkel $HOI = DCK$ kunne aflæses paa Kredsen, og Indfaldsvinklen faaes af $KCG = i = DCF - (90 + KCD)$. Er nu det første Prismes Brydningsforhold m , det andets n , saa er $\cos \varphi = m \cos \varphi_1$;



$$\varphi_2 = \varphi_1 + p; m \cos \varphi_2 = \cos \varphi_3;$$

$$\varphi_4 = \varphi_3 + b; \cos \varphi_4 = n \cos \varphi_5;$$

$$\varphi_5 = p_1 + \varphi_6; n \cos \varphi_6 = \varphi_7;$$

Er for de violette Straaler m bleven til $m + dm$, n til $n + dn$, saa vil man ved Differentiation af Ligningerne og Elimination af

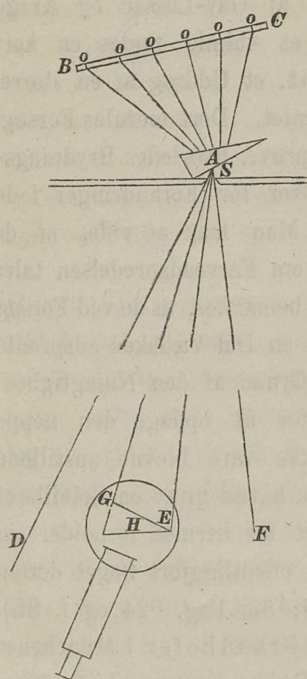
$d\varphi_1, d\varphi_2 \dots d\varphi_6$ finde en Ligning mellem $d\varphi; d\varphi_7; p$ og p_1 , samt Vinklerne φ . Men naar Farvefrihed er opnaaet, maa $d\varphi_7$ være Nul, desuden er altid $d\varphi$ Nul, saa at Ligningen reduceres til

$$\frac{dm}{dn} = \frac{\sin p_1 \sin \varphi_1 \sin \varphi_3}{\sin p \sin \varphi_4 \sin \varphi_6}$$

hvoraf Forholdet mellem Farveadspredelserne faaes, idet Vinklerne φ kunne beregnes af ovenstaaende Ligninger.

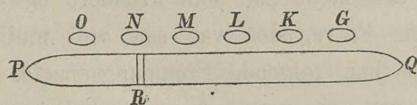
18. I første Bind af de af Gay-Lussac og Arago udgivne *Annales de physique et chimie* findes en kort Afhandling af Arago og Petit, et Uddrag af en større, som var bleven forelagt Akademiet. Deri omtales Forsøg, som de havde anstillet for at prøve, hvorledes Brydningsforholdene forholdt sig lige over for Forandringer i de brydende Legemers Tæthed. Man faar at vide, at de formindskes med denne, men om Farveadspredelsen tales der kun for saa vidt, som der bemærkes, at de ved Forsøg have godtgjort, at Dampene af en Del Vædsker adspredte Farverne, Forsøg, som paa Grund af den Nøjagtighed, hvormed de maatte anstilles for at opdage den neppe mærkelige Farveadspredelse, ikke vare blevne anstillede før, og som de nu ved Mødet havde givet en detailleret Fremstilling af. Hvorledes det nu hermed forholder sig staar hen, thi der er aldrig offentliggjort noget derom (Poggendorff, Bd. 35 Pag. 250; 39, Pag. 224 og f. St.).

19. I 1817 offentliggjorde Fraunhofer i Münchener Akademiets Afhandlinger en Række Forsøg til Bestemmelse af forskjellige Legemers Brydningsforhold og Farveadspredelse, som han var bleven ledet til at foretage i den bestemte Hensigt ved nøjagtige Værdier end yderligere at fuldkommengjøre Kikkerterne. De Stoffer, der skulde undersøges, tildannede han som Prismer, og for at faa Lys af enhver Farve, der var saa vidt muligt homogent, benyttede han følgende Fremgangsmaade. I en Vinduesskodde var en meget snæver Aabning S (0",97 bred); umiddelbart bag denne var opstillet et Flintglasprisme A, og i en Afstand af 13 Fod bag S stod ved Siden af hinanden 6 Lamper, der sendte Lys til A gennem Aabninger (Bredde 0",05) i en Skjærm BC.



Dette Lys brydes da gjennem A og trænger gjennem Aabningen S. I samme Plan som BAC stod i Vinduet af et andet Hus, 692 Fod fra A, en Theodolith, og foran dennes Objektiv paa en vandret Skive det Prisme H, hvis Brydningsforhold og Farveadspredelse det gjaldt at bestemme. Nu sender Lampen C sine røde Straaler til E, sine violette til D; B sender røde til F, violette til G. Prismet H modtager da fra C kun røde, fra B kun violette, fra de andre Lamper anderledes farvede, og saaledes kommer da fra hver Lampe forskjelligt farvede

Straaler til H, som alle udgaa fra samme Punkt. Er H, eller Objektivets Bredde, ikke synderlig stor, saa ville nogle af de farvede Straaler f. Ex. de, der ligge mellem de blaa og grønne o. s. v., ikke fra nogen af de 6 Lamper



træffe H, og altsaa ganskemangle i Spektret. I saa Tilfælde vil man

da se dette som en Række isolerede farvede Pletter G, K, L, M, N, O, hvor G er violet, K blaa, L grøn o. s. v. Afstanden mellem dem bliver naturligvis desto større, jo større H's Farveadspredelse er. Halvanden Fod over S

er i samme Skodde en anden Spalte, der ligger i samme lodrette Linie som S. Bag denne staar en Lampe, der umiddelbart sender sit Lys til H. Det Spektrum, som hidrører fra denne, vil da ses i PRQ under de isolerede Pletter. I dette viser sig i R den rødliggule lyse Stribe, som altid findes i Spektre fra Lampelys, og han sørgede stedse for, at Prismet kom i Hovedstillingen for den. Han benyttede den som et Slags Indstillingsmærke for til forskellige Tider altid at kunne faa de samme Farver i de isolerede Pletter, idet han nemlig sørgede for, at Pletten N kom til at ligge lodret over R, hvilket kunde opnaaes ved Korrektionsskruer ved B og C. Ved Theodolithen maalte han baade Afstandene ON, NM, . . . og R's Afvigelse, og heraf kunde han efter den senere følgende Formel beregne Brydningsforholdene.

For at erfare, om de brydende Stoffer forholdt sig paa samme Maade over for Sollyset som over for Lampelys, anstillede han en ny Forsøgsrække. Han brugte hertil den samme Theodolith; den var opstillet i et mørkt Værelse 24' fra den Aabning i Skodden, gennem hvilken Lyset trængte ind; de anvendte Prismer vare stillede i Hovedstillingen foran den, og den var trukken saa langt ud, at Spalten saaes skarpt. Ved det første Forsøg, som anstilledes med et Flintglasprisme, havde han til Hensigt at undersøge, om der i Solspektret fandtes en lignende Stribe som den i Lampelysets Spektrum; han fandt i det derfor en stor Mængde stærke og svage Linier, vare mørkere end det øvrige Spektrum; nogle vare sorte. Hvorfra de komme kan indses ved at se, hvorledes Spektret dannes. Hvis de indfaldende Stråler vare røde, maatte man i Kikkerten se et rødt

Billede af Spalten, vare de gule et gult; indeholdt de alle mulige Farver mellem rødt og gult, vilde hver give sit Billede, og man vilde se et farvet Bælte, dannet derved, at alle disse mange forskelligtfarvede Billeder stødte op til hverandre. Men manglede nogle Farvestraaler, vilde der mangle nogle af Billederne, og paa de Steder maatte Spektret være afbrudt. Linierne ere altsaa et Bevis for, at Sollyset mangler mange Farvestraaler. De forsvandt, hver Gang Indfaldsvinklen forandredes, men kunde da igjen gøres synlige, naar Kikkerten forstilledes; Grunden hertil er den, at Straalerne, i Tilfælde af at Indfaldsvinklen er større end i Hovedstillingen, efter Brydningen divergere fra et fjernere Punkt end i Hovedstillingen, i Tilfælde af mindre Indfaldsvinkel derimod fra et nærmere, hvorfor ogsaa Okularet i første Tilfælde maa skydes ind, i sidste trækkes ud. Ved en nøjagtig Undersøgelse viste det sig nu, at Linierne i alle Tilfælde vare ens fordelte i Spektret, saa at det var let baade at gjenkjende og gjenfinde dem. Han talte henvend 600 saadanne Linier og betegnede de stærkeste ved Bogstaverne fra A til H; Linien D og den ovenomtalte lyse Stribe i Lampelysets Spektrum fandt han nøjagtigt liggende paa samme Sted. I Linierne fandt han et ypperligt Middel til at faa en korrekt Bestemmelse af Brydningsforholdene for de Straaler, som begrænsede dem; thi for at faa n for enhver Straale er det kun nødvendigt at kjende dens Afvigelse og Prismets brydende Vinkel, naar dette er stillet i Hovedstillingen. Imidlertid bar han sig anderledes ad; nemlig stedse at kunne regne med samme Afvigelse som var fundet for en speciel Straale — han valgte maalte han Vinklerne mellem Linierne D og den Straale

hvis Brydningsforhold skulde findes, i det Tilfælde at disse to Liniers Afstand var Minimum, hvilket indtraadte, naar en midt imellem dem liggende Straale led mindst Afvigelse; og det kunde meget nøje iagttages ved Kikkerten og hurtigt bringes tilveje ved en Drejning af den Skive, hvorpaa Prismet stod. Af denne maalte Vinkel og den bestemte Afvigelse a beregnede han da n ; var det f. Ex. E , hvis Brydningsforhold skulde findes, saa satte han, idet dette betegnes ved En

$$En = \frac{\sin \frac{1}{2} (a + p + DE)}{\sin \frac{1}{2} p};$$

$$\text{for F} \quad Fn = \frac{\sin \frac{1}{2} (a + p + DE + EF)}{\sin \frac{1}{2} p}$$

hvor p som sædvanligt er den brydende Vinkel. Paa lignende Maade var det, at han beregnede Brydningsforholdene for Straalerne i de omtalte isolerede Farvepletter. Han har ved direkte Forsøg med Hovedstillingen forvisset sig om, at disse Formler tilstrækkelig nøjagtigt gjengive de forskellige n .

Ved Opdagelsen af de mørke Linier har Fraunhofer bragt en hidtil ukjendt Nøjagtighed ind i Bestemmelsen af Brydningsforholdene og Farveadspredelserne; man har saa at sige faaet bedre Hold paa det hele, og det er da ogsaa først fra den Tid, at man rigtig har kunnet undersøge Spektret i Henseende baade til Farvefordelingen og Farvernes Begrænsninger. Det fremgik da strax af Forsøgene, at Farverne ikke — som Wollaston havde ment — nøjagtig begrænsedes af de stærkeste Linier, endnu mindre indtog lige store Rum i Spektrene fra forskellige Medier. Vil man skaffe sig et Overblik over Forholdene mellem de Rum, hver enkelt Farve indtager i to forskellige

Spektra, da kan man beregne Forholdene $\frac{C - B}{C^1 - B^1}$ o. s. v.

for dem, hvor B og C o. s. v. betyder Brydningsforholdene for Straalerne B og C o. s. v., og man vil da overbevise sig om den betydelige Forskjel, der er mellem disse Rum.

Det er forhen omtalt, hvad der forstodes ved Farveadspredelse; efter Opdagelsen af Linierne forstaar man derved Differensen H — B, der kaldes den totale Farveadspredelse i Modsætning til Differenserne mellem de øvrige Liniers Brydningsforhold, der kaldes partielle Farveadspredelser. — Fraunhofers Methode er nu den eneste, der bruges, da det er den eneste, der giver nøjagtige Resultater; en stor Mængde Arbejder i samme Retning ere senere udførte*), men her skal kun omtales et eneste, der har faaet en lige saa stor Betydning for de optiske Undersøgelser som Fraunhofers egne. Det er Rudbergs Maalninger af enkelte dobbeltbrydende Krystallers Brydningsforhold.

20. Rudberg undersøgte først Kalkspathen og Kvartsen; han tildannede dem som Prismer med brydende Kant parallel med Axen og opstillede da hvert Prisme saaledes paa en Glasskive, der var nøjagtigt vandret, at Kanten stod lodret over Skivens Centrum. Skiven selv kunde drejes rundt i sit Plan, og den stilledes først saaledes, at Prismet vendte sin Kant mod en fjern Gjenstand, der kom til at spejle sig i dets to brydende Flader. En Kikkert, som kunde drejes om en lodret Axe gennem

*) Blandt dem Forsøg af Meyerstein, som til saadanne Undersøgelser har konstrueret et udmærket hensigtsmæssigt Apparat, som han har kaldet Spektrometer. (Pogg. XCVIII.)

Skivens Centrum ved Hjælp af en Gaffel, hvori den hvilede, indstilledes da efterhaanden paa begge Spejlbillederne; den Vinkel, den havde beskrevet, var da dobbelt saa stor som Prismets brydende Vinkel. Naar nu Solstraalerne ledtes ind ved et Heliostat, saa bestemte han paa den Maade Afvigelsen for en vis Straale, at han først lod den være Minimum til venstre, derpaa til højre; det halve af Kikkertens beskrevne Vinkel var da denne Straales Afvigelse i Hovedstillingen. At Prismernes Kanter vare parallelle med den optiske Axe overbeviste han sig om derved, at baade det ordentlige og det ejendommelige Spektrum laa i samme Plan; at deres Flader vare ganske plane, indsaa han derved, at Okularet, naar Kikkerten først var indstillet paa en fjern Gjenstand saaledes, at den saaes skarpt, ikke behøvede at forflyttes, naar han derpaa betragtede Spejlbilledet i Prismets Flader. Da de to Spektre tildels faldt sammen, anvendte han for kun at se et ad Gangen en Turmalinplade, der var sleben parallel med Axen; den anbragtes foran Okularets Aabning og stilledes, naar det var det ejendommelige Spektrum, der skulde undersøges, med Axen lodret, i det andet Tilfælde med Axen vandret. Er nu p den brydende Vinkel, i Indfaldsvinklen, b Brydningsvinklen og a Afvigelsen for en Straale, der har Brydningsforholdet n , saa er:

$$\sin i = n \sin b$$

$$\sin (a + p - i) = n \sin (p - b)$$

For Hovedstillingen er $i = \frac{1}{2} (a + p)$; $b = \frac{1}{2} p$;

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (a + p)}{\sin \frac{1}{2} p}; \text{ i samme Stilling er for en anden}$$

Straale, der har Afvigelsen $a - \alpha$, i endnu lig $\frac{1}{2} (a + p)$, b har derimod faaet en ny Værdi b^1 , og man har:

$$\sin \frac{1}{2} (a + p) = n^1 \sin b^1$$

$$\sin [\frac{1}{2} (a + p) - \alpha] = n^1 \sin (p - b^1)$$

Ved Addition og Subtraktion faaes heraf, idet $b^1 = \frac{1}{2} p$ sættes lig β ,

$$\sin \frac{1}{2} (a + p - \alpha) \cos \frac{1}{2} \alpha = n^1 \sin \frac{1}{2} p \cos \beta$$

$$\cos \frac{1}{2} (a + p - \alpha) \sin \frac{1}{2} \alpha = n^1 \cos \frac{1}{2} p \sin \beta$$

følgelig $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \frac{1}{2} p \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha \operatorname{cotg} \frac{1}{2} (a + p - \alpha)$. Heri kan maales a , α og p , deraf findes β , som indsat i

$$n^1 = \frac{\sin \frac{1}{2} (a + p)}{\sin (\beta + \frac{1}{2} p)} \quad \text{giver } n^1.$$

Paa denne Maade bestemte han da Brydningsforholdene og Farveadspredelserne; om de sidste kom han til samme Resultat som Brewster, at de ere forskellige for de to Spektra. Er n^1 og n nemlig Brydningsforholdene for den ejendommelige og ordentlige Straale, saa viste det sig, at $\frac{n^1}{n}$ for Bjergkrystallen og $\frac{n}{n^1}$ for Kalkspathen aldeles bestemt voxede fra den ene Ende af Spektret til den anden, hvilket ikke kan finde Sted, naar Farveadspredelserne ere lige store. Tilmed ses, at Farveadspredelsen for Bjergkrystallen er størst i det ejendommelige, for Kalkspathen størst i det ordentlige Spektrum. Forskjellen mellem Værdierne er størst for Kalkspathen.

Dette viser da igjen, at hver Farve har sin egen Dobbeltbrydning, og for nu at se om noget lignende var Tilfælde med andre Krystaller, gav han sig Sommeren efter til at undersøge Arragonit og Topas. Forsøgene anstilledes med det samme Apparat og paa samme Maade; Prismernes Kant var parallel med en af Elasticitetsaxerne. Det viste sig lige saa afgjort som tidligere, at Farveadspredelserne vare forskellige for de forskellige Spektra,

og Forholdet mellem Brydningsforholdene undergik en lignende kontinuerlig Variation fra den røde Ende til den violette. Rudberg uddrager heraf den almindelige Slutning, at enhver enkelt Farve har sin egen Dobbeltbrydning, og det en desto stærkere, jo større dens Brydbarhed eller jo mindre dens Bølgebredde er. For de toaxige Krystallers Vedkommende gav dette tillige en Verifikation af, hvad Herschel tidligere havde ytret, og de optiske Axers Stilling varierede med Farven; for Arragonit viste det sig, at den Vinkel, de dannede indbyrdes, voxede fra de røde Straaler til de violette; for Topasen syntes det omvendte at fremgaa.

21. Naar et Prisme staar i Hovedstillingen, er Afvigelsen mindst; drejes det bort fra denne, vil man kunne give det to Stillinger, der svare til lige store Afvigelser. Man kunde nu spørge, svarer der til Minimum af Afvigelse Minimum af Farveadspredelse, og svarer der til lige store Afvigelser lige store Farveadspredelser? For at faa en Besvarelse paa det første gaa vi tilbage til Ligning (a) Pag. 43; den viser, at $\triangle$ bliver Minimum, naar $\cos b \cos b_1$ bliver Maximum, hvilket kræver:

$$\operatorname{tg} b \operatorname{db} + \operatorname{tg} b_1 \operatorname{db}_1 = 0$$

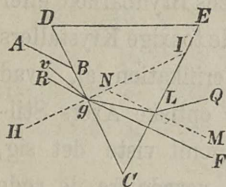
Kombineres da denne med de øvrige Ligninger Pag. 43, faaes efter tilbørlig Reduktion:

$$n^2 \sin(p - b) [\cos b \sin p + \sin^2 b \sin(p - b)] - \sin^2 b = 0,$$

der giver den Værdi for b , altsaa ogsaa for i , som svarer til Minimum af Farveadspredelse, og tillige viser, at dette Minimum ikke falder sammen med Minimum af Afvigelse, hvortil svarer $b = \frac{1}{2} p$, da dette medfører $\cos b = \frac{\sqrt{1 - n^2}}{n}$,

som er imaginær.

Det andet Spørgsmaal har Amici behandlet, og han har faaet den Lov ud, at naar man holder Prismet saaledes, at Straalernes Indfaldsretning falder i Vinkel ABC,



hvor AB er den Indfaldsretning, der svarer til Hovedstillingen, eller som han udtrykker det, helder mod Kanten, saa vil Farveadspredelsen være større, end naar den falder i ABD: helder mod Grundfladen, og Afvigelserne i begge Tilfælde ere

lige store. Har en Lysstraale derimod lidt Brydning i et Prisme, saa vil den, naar den træffer et andet, forholde sig akkurat omvendt. Lad FG være en Lysstraale, som træffer lodret paa Fladen EC $\circ$: kommer fra Kantens Side, og som ved Brydningen gennem Fladen CD spreder sig i Rummet RGV, saa er netop RGV Farveadspredelsesvinklen. Er Prismets brydende Vinkel 30° , saa er $\sin RGH = \frac{1}{5} \frac{1}{5} \sin IGF = \frac{1}{5} \frac{1}{5} \sin 30^\circ \sin VGH = \frac{1}{5} \frac{8}{5} \sin 30^\circ$. $RGH = 50^\circ 22'$, $VGH = 51^\circ 16'$, $VGR = 54'$. Er nu RG en hvid Lysstraale, som træffer DC under samme Vinkel RGH, som den forrige rødes Brydningsvinkel, saa vil den spredes saaledes, at den røde Straale gaar i Retning GF, den violette i Retning GLQ; Farveadspredelsesvinklen bliver QLM. Nu er $\sin IGL = \frac{5}{7} \frac{8}{8} \sin 50^\circ 22'$, $IGL = 29^\circ 35'$. $LGF = IGF - IGL = 30^\circ - 29^\circ 35' = 25' = GLN$. $\sin QLM = \frac{1}{5} \frac{8}{5} \sin 25'$; $QLM = 39'$. Der er altsaa for samme Afvigelse en Forskjel i Farveadspredelsesvinklen lig $15'$, og det netop som Loven fordrer. Vil man lettere overskue Forholdet, saa kan man benytte Formlen (a) Pag. 43 omskreven til:

$$\Delta = \frac{n \, dn \, \sin p}{\sqrt{(n^2 - \sin^2 i) (1 - \sin^2 b_1)}}$$

og Formlen for Afvigelsen $a = i + b_1 - p$, der ikke forandres, hvis i bliver til b_1 og omvendt. Har man da to ulige store Værdier af i og b_1 , der give samme Sum, saa vil Nævneren i Δ være større naar $i > b_1$, end naar $i < b_1$; omvendt vil det altsaa gaa med Δ ; men det første svarer netop til Indfald fra Grundfladens Side, det andet til Indfald fra Kantens Side. Hvad den anden Del af Loven angaar, saa har han vist dens Rigtighed ved Talexempler; men — som han selv bemærker — man kan se det, af hvad alt er bevist (Quetelet Supp. og Poggendorff 35). Thi da Farveadspredelsen er desto større, jo mere de indfaldende Straaler helde mod Kanten, og til denne Stilling svarer altid den udtrædende Heldning mod Grundfladen, saa maa ifølge Gjensidighedsprincippet en Lysstraale, der er bleven dekomponeret ved Brydning i et Prisme, naar den træffer et andet, som ligger omvendt, lide Farveadsprædelse i modsat Retning, og det i saa høj Grad som muligt, naar den træffer Forfladen af det andet Prisme under en Heldning mod dettes Grundflade, der bringer den saa nær denne som muligt.

22. Det blev ovenfor omtalt, at Arago og Petit havde søgt, hvilke Forandringer Brydningsforholdene undergik, naar de brydende Legemers Tæthed forandredes. Af deres Forsøg og af mangfoldige andre før og siden anstillede, har det da vist sig, at Brydningsforholdene aldeles bestemt aftog med Tætheden. For Farveadspredelsen foreligger der Forsøgsrækker, f. Ex. af Pierre (Svovlkulstof, Æther og Amyliltehydrat) og Kopp (Æther, Træspiritus, Alkohol og Kreosot), der ere udstrakte over

betydelige Forandringer i Tætheden. Det viser sig lige saa bestemt, at Farveadspredelsen aftager med Tætheden.

Af ganske enkeltstaaende Iagttagelser er den mærkelig, som Leroux gjorde ved Joddamp, at den spreder Farverne i omvendt Orden af alle andre Stoffer.

