

## FORSØG OVER NOGLE PLANKTONDYRS FORHOLD OVERFOR LYS

(UNDERSØGELSENE UDFØRTE I LABORATORIET PAA FINSSENS MED. LYSINSTITUT)

AF

HJALMAR DITLEVSEN

(MED 2 TAVLER)

Som bekendt spiller Lyset en Rolle i mange Organismers Bevægelser, og der foreligger allerede ikke faa Undersøgelser over dette Emne.

Hvor Talen er om selvbevægelige, ikke stedfaste Planter og Dyr, plejer man at skælné mellem to herhenhørende Hovedfænomener: Fototaxi og Fotopathi (1). Fototaxi ytrer sig hos en Organisme ved, at den bevæger sig i den belysende Straales Retning, og man skælner saa atter imellem negativ og positiv Fototaxi, eftersom Organismen bevæger sig bort fra eller imod Lysgiveren. Fotopathi ytrer sig ved en Bevægelse henimod eller bort fra et stærkere belyst Sted, uafhængigt af Straaleretningen, og man skælner saa atter her imellem positiv og negativ Fotopathi, eftersom den paagældende Organisme bevæger sig henimod eller bort fra det stærkere belyste Sted. Det er klart, at vi i sidste Tilfælde kan tale om lyselskende eller lysskyende Dyr eller simpelthen om Lysdyr og Mørkedyr.

Viser en Organisme Fototaxi, behøver dens Bevægelse i den paavirkende Lysstraales Retning ikke med Nødvendighed at føre den til et stærkere, resp. svagere belyst Sted eftersom den bevæger sig imod eller bort fra Lysgiveren. En positivt fototaktisk Organisme kan paa denne Maade komme til et svagere belyst Sted og omvendt kan en negativt fototaktisk

komme til et stærkere belyst, hvor de saa begge vil blive, indtil en Forandring indtræder i Retningen af de paaivirkende Straaler. Det er dog klart, at i de allerfleste Tilfælde vil disse to Fænomener dække hinanden, give det samme Billede: Et Dyr, der bevæger sig imod Lyskilden, vil komme til et stærkere belyst Sted, mens omvendt et Dyr, der bevæger sig bort fra Lyskilden, oftest havner paa et svagere belyst Sted. Der maa altsaa i hvert enkelt Tilfælde særlige Undersøgelser til for at afgøre, om vi har med Fototaxi eller Fotopathi at gøre.

De første methodiske Undersøgelser vedrørende dette Emne blev, naar vi ser bort fra en Del spredte Forsøg, anstillede med selvbevægelige Planter, Sværmsporer af forskellige Alger, Flagellater o. s. v. De bekendteste af disse udførtes af Strassburger (2), hvem vi skylder Betegnelsen Fototaxi. Det Fænomen, vi benævner Fotopathi, kaldte han derimod Fotometri og betegnede dette som en særegen Form for Fototaxi. Som aphotometriske nævner Strassburger Sværmsporerne hos *Botrydium*, medens Sværmsporerne hos *Hæmatococcus* er photometriske.

Senere er en Mængde Undersøgelser over Dyrs Forhold til Lyset fulgte efter. Af disse skal jeg her kun omtale enkelte, der nærmere berører de foreliggende Forsøg.

Graber, der iøvrigt ikke kommer ind paa Spørgsmaalet Fototaxi-Fotopathi, benytter i Reglen den Methode, at han først stiller Dyrene Valget mellem Lys og Mørke, og han kommer derved efter, hvorvidt de er lyssky eller lyselskende, Mørkedyr eller Lysdyr. Dernæst undersøger han deres Forhold overfor Lyskvaliteter, og han kommer herved til det Resultat, at Lysdyrene er „blaatelskende“, mens Mørkedyrene er „rødtelskende“. Endvidere finder han, at det røde Lys, som foretrækkes af Mørkedyrene, skyes af Lysdyrene: „dass nämlich die weissholden oder leucophilen Thiere zugleich rothscheu oder erythrophob sind“ (4), mens Mørkedyrene skyer

blaat Lys. Graber lægger stor Vægt herpaa og betegner det „als eines der allerwichtigsten und interessantesten Ergebnisse meiner vergleichenden Lichtgefühl-Studien“ (3). Hvor vidt disse Forhold, som Graber synes at opfatte absolut, ikke relativt, kan siges at være rigtige, kommer jeg senere tilbage til.

En af dem, der har gjort de fleste Forsøg over Dyr's Bevægelser i Forhold til Lys, er J. Loeb. I sine Undersøgelser gaar han væsenlig ud paa at vise, at Lyset virker orienterende paa Dyret. Dette indstiller sig enten med den orale Ende imod Lysgiveren — hvis det er positivt — eller — hvis det er negativt — med den aborale Ende imod samme, og Bevægelsen følger saa henholdsvis imod eller bort fra Lyset i de paavirkende Straalers Retning. Vi ser, det er netop det Fænomen, som Strassburger benævnte Fototaxi. Loeb hævder nu, at denne Orientering, Indstillen sig i Lysstraalens Retning er nøjagtig det samme, der finder Sted hos Planterne, ikke alene de fritbevægelige, men ogsaa de fastsiddende, og han forkaster derfor Strassburgers Betegnelse Fototaxi og optager Sachs' ældre Benævnelse Heliotropisme, da det er hensigtsløst at have meré end et Navn for en og samme Ting (6). Han paastaar, at de Slutninger, som Graber og andre tidligere Forskere har draget af deres Forsøg, er falske, naar de hævder, at et Dyr er lyselskende eller lyssky, at man altsaa ikke kan tale om Lysdyr eller Mørkedyr saa lidt som man kan sige, at et Dyr foretrækker blaat Lys for rødt eller omvendt. Og han pointerer skarpt, at der kun gives Dyr, som bevæger sig i Straaleretningen, enten imod eller bortfra Lysgiveren, enten positivt eller negativt heliotropiske Dyr. Med andre Ord: Loeb hævder, at der kun er Tale om ét Fænomen: Fototaxi, eller, som han foretrækker at benævne det: Heliotropisme.

Skønt Loeb senere udtaler sig mindre bestemt, ja endog i senere Arbejder indrømmer, at der gives Undtagelser fra Reglen, idet der findes Dyr, der reagerer overfor Lyset paa

en Maade, der ikke kan komme ind under Begrebet Heliotropisme, hævder han dog stadig dette Fænomen som enegyldigt for de allerfleste Dyrs Vedkommende og — hvad der navnlig i denne Sammenhæng er vigtigt — for Planktondyrenes Vedkommende.

Herhjemme har Finsen i en lille Afhandling betitlet Lyset som Incitament (10) offentliggjort Resultaterne af nogle Forsøg, der er anstillet paa lignende Maade som Grabers og angaar forskellige lavere Dyr som Regnorme, Bænkebidere, Ørentviste o. a. — Det, jeg imidlertid her vil gøre opmærksom paa og hvortil jeg senere skal komme tilbage, er nogle Iagttagelser, som han samtidig har anstillet paa Salamander- og Frøæg under forskellige Lysbetingelser. Finsen arbejdede med Æg, hvor Fostrene var saa vidt, at de var nær Tiden for deres Frigørelse. Det Forhold, Finsen benyttede, var Fostrenes bekendte Bevægelser, der sker paa den Maade, at de, der ligger sammenbøjede til den ene Side, pludselig vender sig og bøjer sig til den modsatte Side. Finsen opdagede, at disse Bevægelser blev hyppigere, naar han lod Sollyset falde direkte paa Æggene; ved nu skiftevis at udsætte disse for forskelligt Lys, kom han til det Resultat, at Fosterbevægelserne var hyppigst i blaat Lys, temmelig faa i rødt og færrest i Skygge. I Løbet af 16 Minuter fik han saaledes i blaat Lys 46 Fosterbevægelser, i rødt Lys 6, og i Skygge 1.

---

De første af mine Forsøg blev anstillede ved det ferskvandsbiologiske Laboratorium ved Furesøen i Juli Maaned 1904.

Jeg skal først omtale Forsøgene med Planktondyr.

Da jeg gik ud fra, at det var nødvendigt at arbejde med ganske friskt, ikke blot levende Materiale og mente at burde stille den Fordring, at Dyrene var i fuld Vigueur, naar de

anvendtes til Forsøg, valgte jeg dette Sted, hvor Laboratoriebygningen kun ligger faa Alen fra Vandet og har Baadebro lige nedenfor.

Der anvendtes saa den Fremgangsmaade, at alt til Forsøget ordnedes og Akvariet opstilledes, før jeg gik ud med Baaden. Jeg roede saa nogle hundrede Alen ud, hvilket viste sig at være tilstrækkeligt, og saa snart jeg havde Materiale nok, roede jeg tilbage og gik i Gang med Forsøget, hvortil jeg anvendte det indsamlede Plankton en bloc uden at sondre de enkelte Former fra hverandre. Da et temmelig vidmasket Net anvendtes, bestod Planktonet væsenligt af Krebsdyr. Hovedmassen var Copepoder af Slægterne Cyclops og Diaptomus, Resten Cladocerer af Slægterne Daphnia, Hyalodaphnia, Bosmina og Leptodora.

Til Forsøget anvendtes et Akvarium, der var c. 60 Ctm. langt, c. 20 Ctm. højt og c. 15 Ctm. bredt. Det blev opstillet i fri Luft paa et Bord udenfor Laboratoriet med den lange Side vinkelret paa Lysretningen, altsaa imod Solen. Jeg delte nu Akvariet i en rødt og en blaat belyst Halvdel med farvede Glasplader, som jeg dels lagde over det, dels anbragte for den mod Solen vendende Side. For den modsatte Side satte jeg et Brædt, mens Dyrene ordnede sig, og da Akvariets Endestykker var af Zink, kom der altsaa kun Lys ind i Akvariet, som havde passeret de farvede Glasplader. Dyrene hældtes i Akvariet med det Vand, hvori de befandt sig. Naar de nu havde haft nogen Tid til at ordne sig, tog jeg det for Bagsiden anbragte Brædt bort og iagttog Dyrene herfra. Resultatet viste sig da at være følgende: Næsten alle Dyrene var samlede i det blaa Felt, hvor de var talrigst ved Overfladen; omtrent i Midten af Feltet strømmede de sammen fra begge Sider, saaledes at de ny tilkommende pressede de øvrige nedad, og der frembragtes en Strømning i Akvariet. De Dyr, der befandt sig i det røde Felt, bevægede sig kun lidt og holdt sig tæt ved Bunden. Akvariet frembød et Billede som

Fig. 1, set fra lagttagelsessiden. Pilene angiver de af Dyrene frembragte Strømninger.

Naar jeg nu skiftede Glassene, saaledes at der blev rødt i den Halvdel af Akvariet, hvor der før var blaat, og omvendt, var det første, der skete, det, at Dyrene, der før havde været blaat belyste, ligesom pressesedes nedad imod Bunden af det røde Lys, mens Dyrene i det tidligere røde Felt pludselig fik Liv og steg tilvejs. Derefter begyndte en ivrig Vandring over i det ny blaa Felt; og efter nogle Minuters Forløb var Billedet atter det samme som før, saaledes at det ny blaa Felt nu frembød det samme Fænomen som det tidligere blaa og det ny røde som det tidligere røde. Og jeg fik det samme Resultat, hvor ofte jeg skiftede Glassene.

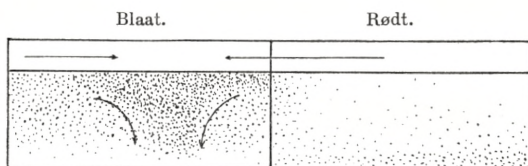


Fig. 1.

Blev Dyrene anbragt i en Glasskaal inde i Laboratoriet, samlede de sig altid paa det stærkest belyste Sted i Skaalen, et Fænomen, som enhver Zoolog, der har syslet med Plankton, er fortrolig med; ved Lysranden tager man lettest med en Pipette de Organismer, man vil bringe under Mikroskopet. At disse Dyr var lyselskende i al Almindelighed, forholdt sig positivt overfor Lyset, kunde der herefter næppe være nogen Tvivl om; hvorvidt deres Reaktion var af fototaktisk eller fotopathisk Art, sagde Forsøgets Resultat derimod intet afgørende om.

For nu at se, hvorledes Havplankton forholdt sig, tilbragte jeg i Sommeren 1905 nogen Tid paa Kristineberg zoologiske Station i Bohusläns Skærgaard i Sverige.

Til mine Forsøg her havde jeg medtaget tre Akvarier af

forskellig Størrelse og af en noget anden Form end det, jeg anvendte ved Furesøen; deres Længde var kun det dobbelte af Højden, og Bredden kun lidt over Halvdelen af Højden. Det mindste var 20 Ctm. langt, 10 Ctm. højt og c. 5 Ctm. bredt. Paa Akvariernes ene Side var anbragt en Zinkramme, hvori de røde og blaa Glas kunde skydes ned. Akvariernes Bund og Endestykker var af galvaniseret Zink, der atter var ferniseret af Hensyn til Havvandets Indvirkning. Akvariets Bagside kunde dækkes af en Zinkplade under Forsøget, indtil Dyrene havde ordnet sig.

Det almindelige Overfladeplankton kunde jeg næsten daglig tage i tilstrækkelig Mængde umiddelbart ved Stationens Anløbsbro. Dets Hovedmasse var Copepoder, hvorimellem oftest en Mængde Larver af andre Havdyr: Mollusker, Annelider, Echinodermer o. s. v.

Jeg begyndte med at opstille mit Akvarium udenfor Stationen, ganske som ved Furesøen, vinkelret paa Straaleretningen i direkte Sollys. Og Dyrene forholdt sig ganske som Ferskvandsplanktonet; de samlede sig i den blaat belyste Halvdel af Akvariet, og de, der blev tilbage i den rødt belyste Del, holdt sig ved Bunden. At Temperaturen under Forsøget steg til c. 25° C., forandrede ikke det mindste i det Billede, Akvariet frembød. Senere prøvede jeg i diffust Lys, idet jeg opstillede Akvariet i et Vindu imod Nord; ogsaa nu blev Billedet det samme. Ja en Aften, jeg kom ind paa mit Laboratorium og Lyset var saa svagt, at Dyrene akkurat kunde skimtes — Akvariet havde staaet i Vinduet fra om Eftermiddagen — saa jeg, at de endnu var samlede i det blaa Felt og at de faa, der var i det røde, stadig var nærmest ved Bunden.

For nu nærmere at undersøge Forholdet og navnlig komme efter Spørgsmaalet Fototaxi-Fotopathi, har jeg i dette Efteraar gjort en Del Forsøg paa Lysinstitutets Laboratorium. Der er dels anvendt Materiale fra den lille Sø i botanisk Have, hvor

jeg et Par Gange har faaet næsten rent Daphnieplankton, og dels og hovedsagelig Materiale taget i Sortedamssøen. Dette sidste viste sig i sin Sammensætning næsten identisk med Furesøplanktonet. *Leptodora* var dog tilstede i langt ringere Mængde; til Gengæld var *Hyalodaphnia* meget stærkt fremtrædende.

Først gentoges Forsøget med rødt og blaat Glas med det kendte Resultat. Dernæst varieredes det paa forskellig Maade.

a) Den blaa Plade toges bort, og Akvariet deltes altsaa i en hvidt og en rødt belyst Halvdel. Dyrene rørtes rundt med en Glasspatel, saa at de blev ligeligt fordelte i Akvariet, og fik derefter Tid til at ordne sig paa ny. Som venteligt var, blev Billedet væsenlig det samme som i første Forsøg; kun var det umiskendeligt, at det hvide Lys virkede stærkere end det blaa. Dette ses ogsaa ved at sammenligne de fotografiske Gengivelser Fig. 1 og 2, hvor Fig. 1 forestiller første Forsøg, Fig. 2 Forsøget med rødt og hvidt belyste Halvdele af Akvariet. I Fig. 2 er færre Dyr blevne tilbage i det røde Felt end i Fig. 1.

b) I Stedet for den røde Plade sattes nu en blaa, saaledes at Akvariet var delt i en blaa og en hvid Halvdel (Fotografisk Gengivelse Fig. 3). Det, der her først falder i Øjnene, er, at Kontrastvirkningen er mindre; der er i den blaa Halvdel blevet langt flere Dyr tilbage end i det røde i de to foregaaende Tilfælde. Men det interessante her er det, at det blaa Felt nu virker væsenlig som det røde før. Her holder Dyrene sig nærmest til Bunden og herfra strømmer de over i Akvariets hvidt belyste Halvdel. Det Billede, Akvariet frembyder, er altsaa atter væsenlig det samme.

c) Jeg forsøgte nu med rødt og sort, idet den ene Halvdel af Akvariet dækkedes med et flere Gange sammenlagt, sort fotografisk Lærred. Dyrene søgte ind i det røde Felt, og de faa, der blev tilbage i den mørke Halvdel, holdt sig ved Bunden, maaske dog ikke i saa høj Grad som i de tidligere Forsøg. Billedet af Akvariet (Fot. Gengivelse Fig. 4) blev



altsaa igen det samme; og Dyrene forholdt sig nu i det røde Rum, som de forholdt sig i det blaa i første Forsøg og som i det hvide i Forsøg b.

d) For nu at danne mig et Begreb om Styrkeforholdet imellem de kort- og langbølgede Straaler i deres Virkning paa Dyrenes Bevægelser, delte jeg atter Akvariet i en rød og en blaa Halvdel; men i Stedet for *en* blaa Plade satte jeg to udenfor hinanden, saa at Lyset her altsaa dæmpedes betydeligt. Da dette nu viste sig ingen synlig Virkning at have, anbragtes successivt flere blaa Plader indtil et Antal af 7. Billedet blev stadig væsenlig det samme. At det ikke var den successive Aftagen i Belysningen, der bevirkede dette, overbeviste jeg mig om: Ofte er de 7 Plader satte for samtidigt, hvad der netop er sket i det Forsøg, der er fotografisk gengivet (Fig. 5). Ved nærmere at betragte Billedet her, ser vi, at en Del flere Dyr end sædvanligt er blevne tilbage i det røde Rum, omtrent som i Fig. 3, hvor vi havde blaat og hvidt; dette kunde tyde paa en ringere Kontrastvirkning imellem de to Belysninger i Akvariets Halvdele; vi ser iøvrigt tillige, at Dyrene i det blaa er meget tæt samlede ved Overfladen, tættest omtrent i Feltets Midte, næsten som i mit første Forsøg ved Furesøen.

Jeg skal senere komme tilbage til den nærmere Anordning ved de fotografisk gengivne Forsøg. Her skal jeg kun bemærke, at i alle disse har Belysningen været den samme og at Ekspositionstiden overfor Belysningen har været den samme i hvert af dem.

Vi er nu i Stand til grafisk at fremstille de her omtalte Forsøg med en eneste Figur, der altsaa gengiver Billedet af Akvariet i ethvert af dem (Fig. 2). Og det samme Billede vil tillige betyde Akvariets Udseende i alle andre Tilfælde, hvor de to Halvdele er ulige belyste, saaledes at Figurens venstre Halvdel betyder den stærkest belyste, den højre Halvdel den svagest belyste Del af Akvariet. Det skraverede er der, hvor

Dyrene findes, det ikke skraverede er saa godt som tomt for Dyr. Det er dog muligt, at Billedet kun gælder indenfor en vis Styrkegrad i Belysningen, idet denne maaske kan blive saa stærk, at Dyrene vil forholde sig negativt overfor den.

Paa samme Maade som denne samtidige, forskellige Belysning af Dyrene i et Akvarium virker nu efter hverandre følgende, forskellige Belysninger. Vi har set, at Dyrene i den svagest belyste Halvdel af Akvariet søgte ned imod Bunden og derefter strømmede over i den stærkest belyste Halvdel, hvor en Opstigen imod Overfladen fandt Sted.

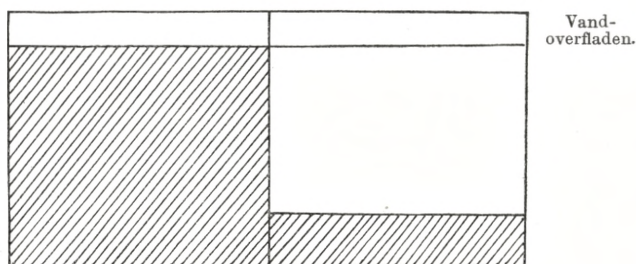


Fig. 2.

Anbringer jeg et Akvarium foran et Vindu og dækker den imod Lyset vendende Side med rødt Glas og lægger en rød Glasplade over, vil Dyrene efterhaanden fordele sig saaledes i Akvariet, at de er tættest paa det tilfældigt lyseste Sted, men de vil ingenlunde holde sig nede ved Bunden. Fjærner jeg de røde Plader, vil de øjeblikkelig komme i livlig Bevægelse og strømme sammen hvor der er lysest. Anbringer jeg nu atter de røde Plader, vil det se ud som om Dyrene med det samme fik et pludseligt Tryk fra oven, og de vil synke ned imod Bunden. Ganske paa samme Maade vil det gaa, hvis jeg i Stedet for røde Plader anvender blaa, selv om Virkningen saa ikke vil være saa tydelig. Tager jeg røgfartet eller sværtet Glas, vil Forholdet atter være det samme. Skifter jeg med rød og blaa Belysning efter hinanden, vil Dyrene trykkes

ned af og blive matte i det røde Lys og pludselig stige til Vejrs og blive livlige i det blaa.

Hvis jeg endelig deler et Akvarium i to Rum med en Skillevæg, der hindrer Dyrene i at komme fra det ene til det andet, og belyser det ene Rum rødt, det andet blaat, vil Dyrene efter nogen Tids Forløb, naar Virkningen af den tidligere Belysning, de har været udsatte for, er ophørt, forholde sig ganske ens i de to Rum. Jeg har haft et saadant Akvarium staaende foran et Vindu i flere Dage, og der var absolut intet om, at Dyrene i det røde Rum holdt sig nærmere ved Bunden end i det blaa.

At de her omtalte Fænomener absolut maa betegnes som *fotopathiske*, kan der vel ikke være Tvivl om. Men da det var mig magtpaaliggende at konstatere, hvorvidt de omtalte Dyr ikke ogsaa var fototaktiske, gjorde jeg nu nogle Forsøg med dette for Øje.

Jeg anskaffede et hult Glasprisme, dannet af klare Glasplader, der var satte ind i en smal Zinkramme og vandtæt indkittede i denne. Det Princip, jeg ved dette Forsøg benyttede mig af, var det samme som det, Strassburger havde bragt i Anvendelse ved sine Forsøg med Sværmsporer (2) og som senere var brugt af Davenport og Cannon (1) i deres Forsøg over Fototaxi hos Daphnier. I Formen var mit Prisme omtrent som Davenports, saa vidt jeg kan dømme af hans Figur (1, p. 204). Dets Størrelse var saaledes, at det nøjagtigt kunde dække den ene Væg af mit Forsøgsakvarium. Men medens de tidligere Forfattere havde haft Forsøgsdyrene i en flad Skaal og anbragt Prismet som Laag over denne, stillede jeg det lodret op til Akvariets Side. Herved opnaaede jeg den Fordel, at Akvariet med Prismet kunde drejes om en lodret Akse og derved bringes til at danne forskellige Vinkler med det indfaldende Lys. Set ovenfra kom altsaa Akvariet med det anbragte Prisme til at se ud som Fig. 3.

Forsøget ordnedes nu saaledes, at alt Lys, der kom ind i

Akvariet, passerede Prismet, idet et Brædt lagdes over og en Zinkplade dækkede Bagvæggen, indtil Dyrene havde ordnet sig. I Prismet hældtes en Opløsning af Kobberammoniumsulphat 10 %. Foruden det omtalte blandede Plankton fra Sortedamssøen, anvendtes næsten rent Daphnieplankton fra Søen i botanisk Have.

Naar jeg stillede Akvariet vinkelret paa Lysretningen, altsaa som i mine tidligere Forsøg, samlede Dyrene sig i den Ende af Akvariet, der var udfor det tyndeste Lag Væske i Prismet, tilvenstre i Fig. 3. Og de ordnede sig saaledes, at de her var tættest ved Overfladen, i den mørkere Ende af Akvariet derimod tættere ved Bunden, altsaa netop som det

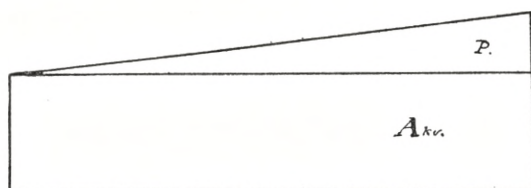


Fig. 3.

var at vente efter de tidligere Forsøg. Naar jeg nu drejede Akvariet med samt Prismet om en lodret Akse, saaledes at den Ende af Akvariet, der var udfor Prismets tykkeste Del, kom nærmere Lyskilden, saaledes som Fig. 4 viser, skulde Dyrene altsaa, idet Pilen angiver Lysretningen, overensstemmende med tidligere Forsøg over Fototaxi, vandre hen i den Ende af Akvariet, der var udfor det tykkeste Væskelag. Dette gjorde de aldrig. Jeg forsøgte foran et Vindu baade i diffust Lys og i Sol og jeg forsøgte i fri Luft i diffust Lys og i Sol-skin: Dyrene holdt sig haardnakket i den Ende af Akvariet, der var udfor det tyndeste Væskelag og altsaa lysest, tilvenstre i Fig. 4.

Jeg forsøgte nu med kunstigt Lys og anvendte hertil Lyset fra en mindre Kulbuelampe (+ Kul 12 mm.). Den anbragtes i Højde med Akvariet nogle Alen foran det; Spændingen var

70 Volt, Strømforbruget 25 Amp. Resultatet blev atter det samme: Dyrene samlede sig stadig i den lyseste Ende af Akvariet.

Jeg gjorde nu et sidste Forsøg med parallelt kunstigt Lys. Akvariet opstilledes i nogen Afstand fra en elektrisk Projektør, der kunde indstilles saaledes, at Lyset fra den var parallelt. For at være sikker paa, at det Lys, der fra Projektøren traf Akvariet, var lige stærkt overalt, anbragte jeg, før selve Forsøget, bag Akvariet, tæt ind imod dets Væg et Stykke Bromsølvpapir og exponerede et Par Minuter. Det viste en ganske gradvis tiltagende Sværtning fra højre til venstre, var altsaa

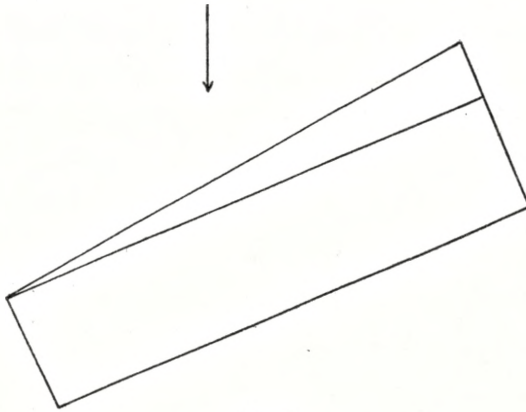


Fig. 4.

stærkest sværtet udfor det Sted i Akvariet, der befandt sig bag det tyndeste Væskelag i Prismet. Men Dyrene viste en absolut Mangel paa Fototaxi ogsaa nu.

Det lykkedes mig altsaa ikke ved denne Prismemethode, hverken for Daphniernes eller for det blandede Planktons Vedkommende at paavise andet end rene fotopathiske Fænomener. Dyrene ordnede sig ganske i Overensstemmelse med de tidligere Forsøgs Resultater saaledes, at de var tættest og nærmest ved Overfladen udfor det tyndeste Væskelag i Prismet, altsaa hvor der i Akvariet var lysest, og nærmede sig gradvis Bunden over imod Akvariets modsatte Ende, hvor

der var mørkest. Skematisk kan Akvariets Udseende fra Bagsiden fremstilles som Fig. 5, hvor vi altsaa har Akvariets lyseste Ende tilvenstre.

Jeg skal nu sige et Par Ord om Maaden, hvorpaa de fotografiske Plader er tagne.

Som Lysgiver anvendtes den ovenfor omtalte Kulbuelampe, samme Spænding og Strømstyrke. Paa Bordet, hvor Akvariet var anbragt, opstilledes en stor, lodretstaaende Papplade med et Udsnit, nøjagtigt passende til Akvariet i Størrelse og Form. Akvariet anbragtes nu i dette Udsnit saaledes, at intet andet Lys end det, der passerede gennem Akvariet, kunde træffe Fotografiapparatet, der opstilledes bagved dette. Selvfølgelig

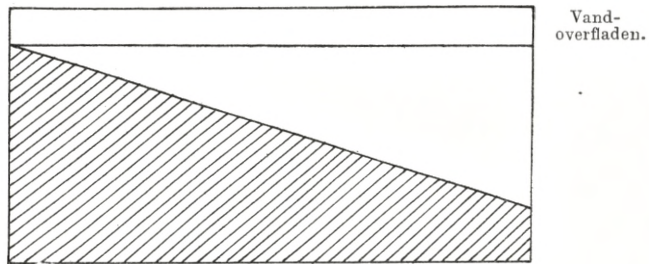


Fig. 5.

vendte Akvariet den Side imod Lampen, hvor Zinkrammen til Nedskydning af Glasplader befandt sig. Paa Akvariets Bagside, som vendte mod Fotografiapparatet, klæbedes, umiddelbart paa selve Glasset, et Stykke Vokspapir, der dækkede det helt. Naar nu Dyrene anbragtes i Akvariet og Lampen tændtes, tegnede Dyrenes Skygger sig skarpt paa Vokspapiret, og det, der egentlig fotograferedes, var altsaa det belyste Vokspapir med Dyrenes Skygger.

Pladerne toges nu paa følgende Maade. Dyrene heldtes i Akvariet med det Vand, hvori de befandt sig, og de farvede Glasplader anbragtes; derpaa tændtes det elektriske Lys og Dyrene exponeredes i nøjagtig 3 Minuter, hvorefter de fotograferedes paa den Maade, at de farvede Plader løftedes op

i Højde med Vandoverfladen, og i samme Nu, dette var sket, toges Fotografiet. Derefter rørtes Dyrene rundt i Akvariet med en Glasspatel, saa at de atter fordeltes ligeligt i dette, de farvede Plader skiftedes, og Dyrene fik igen nøjagtig 3 Minuter til paa ny at ordne sig. Saa fotograferedes igen paa samme Maade som før.

De hosstaaende Fotografier fremstiller altsaa de samme Dyr hele Tiden, udsatte for nøjagtig det samme Lys i den samme Tid. Kun har altsaa Filtrene været forskellige. En Undtagelse herfra danner dog Fig. 4, der ved et Tilfælde ikke blev fotograferet samtidig med de øvrige; det blev taget senere og forestiller altsaa ikke de samme Dyr. Det er dog Plankton fra samme Sted og ganske samme Arter, og Fotografiet er taget paa samme Maade og under samme Betingelser, Lyskilde, Expositionstid o. s. v. som de øvrige.

Af de fotografiske Gengivelser viser, som allerede anført, Fig. 1 det første Forsøg med rødt Glas for Akvariets ene Halvdel, blaat for den anden. Da den røde og blaa Plade, som sagt, kun er trukne op i Højde med Vandoverfladen har Lyset gennem den blaa Plade over denne virket paa den fotografiske Plade. Deraf det lyse Felt over Akvariets blaat belyste Halvdel. Over den anden Halvdel er derimod intet lyst Felt, da Straalerne gennem det røde Glas selvfølgelig ingen Virkning har haft paa den fotografiske Plade.

Fig. 2 viser Dyrenes Forhold i hvidt og rødt Lys.

I Fig. 3 har Dyrene været udsatte for blaat og hvidt Lys. Deraf altsaa to hvide Felter over Vandoverfladen.

I Fig. 4, hvor Akvariets ene Halvdel var dækket med fotografisk Lærred, mens der for den anden var rødt Glas, fjærnedes dette og Lærredet helt, før Pladen toges; derfor ses ogsaa her to hvide Felter over Vandoverfladen.

Fig. 5 giver Forholdet mellem en rød Plade og 7 blaa.

Endelig er Prismeforsøget fotograferet i Fig. 6. Der er her heldt noget mere Vand i Akvariet for at fjærne nogle

forstyrrende Reflexer, der indfandt sig, da Prismet anbragtes. Iøvrigt er det samme Dyr og samme Expositionstid overfor Lysgiveren, altsaa 3 Minuter. Prismet har under Expositionstiden staaet saaledes, at det tykkeste Væskelag var paa Figurens højre Side. Endvidere stod Akvariet ikke vinkelret paa Lysgiveren, men skraat, saaledes at Akvariets højre Side var drejet noget imod denne. Dyrene skulde altsaa, om de havde vist Fototaxi, have samlet sig her. Man ser nu for det første, at de er samlede tilvenstre, i Akvariets lyseste Halvdel, hvor de tydeligt strømmer sammen imod Overfladen; man ser, at Dyrene her er i langt stærkere Bevægelse end Dyrene tilhøjre, der staar meget skarpere paa Billedet. Desuden er det ogsaa tydeligt, at de i den mørkere Ende af Akvariet holder sig nærmere ved Bunden, mens de successivt nærmer sig Overfladen over imod venstre Side, ganske i Analogi med de øvrige Forsøg.

Efter dette kan der for mig ikke være Tvivl om, at de her undersøgte Planktondyrs Bevægelser overfor Lyset har til Maal det stærkest belyste Sted, eller med andre Ord: Fænomenet er af ren *fotopathisk* Art. Havde Dyrene vist Fototaxi, Heliotropisme i den Loebeske Mening, skulde de, i mit første Forsøg, alle have vandret over i Akvariets rødt belyste Halvdel, saa snart denne nærmedes til Lysgiveren ved at dreje Akvariet om den lodrette Akse. Dette gjorde de aldrig. Ja de skulde, naar Forsøget anstilledes i Sollys, have spoleret dette hver Gang den røde Halvdel af Akvariet ved en Fejltagelse var kommet den mindste Smule, blot en Millimeter foran den blaa. Heller ikke var det mig muligt at faa dem til at vise Fototaxi ved de særligt herpaa rettede Forsøg. Ogsaa andre Iagttagelser, som jeg tilfældigt har gjort under mit Arbejde med disse Dyr tyder i Retning af ren Fotopathi.

En Morgen havde jeg noget Plankton staaende i et højt Sylteglas foran et Vindu, hvor diffust Dagslys faldt ind. Ved



Siden af Sylteglasset stod en Petriskaal, hvori der ogsaa var Dyr af det samme Plankton. Jeg lagde nu Mærke til, at mens Planktonet i Sylteglasset samlede sig nær den Side, der vendte imod Vinduet, var Dyrene i Petriskaalen samlede ved den Rand, der vendte bort fra Vinduet. Jeg kan ikke forklare mig dette Fænomen paa anden Maade end at der i Glasset, hvor alle Straalerne, der naaede Dyrene — Glasset var næppe halvt fuldt af Vand — skulde passere dettes Væg, var lysest nærmest Vinduet, mens der i Petriskaalen faktisk var lysest ved den Rand, der vendte fra Vinduet. Her traf Lyset direkte Dyrene efter kun at have passeret Vinduets Glas.

Hovedresultaterne af de ovenstaaende Forsøg bliver da følgende:

1) Det har været umuligt for de anvendte Planktondyrs Vedkommende, selv i Lys af stærkt varieret Intensitet, at paa- vise et eneste rent fototaktisk Fænomen.

2) Derimod viser Dyrene tydelig Fotopathi. Denne ytrer sig principielt derved, at de opsøger det lysest mulige Sted.

3) Naar Dyrene pludselig udsættes for Lys af ringere Intensitet, viser de en øjeblikkelig Tendens til at søge bort, saaledes ved mine Akvarieforsøg til at søge nedad imod Bunden. I Løbet af nogen Tid finder derpaa en tydelig Adaption for de forandrede Lysforhold Sted og Dyrene for- deler sig atter jævnt i Akvariet.

4) De forskellige Lyskvaliteter virker i fotopathisk Hen- seende principielt ens. Men de Straaler, der virker kraftigst fotopathisk, er de kortbølgede; saaledes foretrækkes blaat Lys afgjort for rødt, skønt det røde, i al Fald for det menneske- lige Øje, er af langt større Klarhed end det blaa.

---

Mens jeg opholdt mig ved Furesøen, gjorde jeg nogle Forsøg med Dyr, der ikke hører Planktonet til: En Gammarus,

en Vandkalv, *Agabus maculatus*, *Stylaria proboscidea* og endelig med den lille *Daphnie Polyphemus pediculus*. Spørgsmaalet om, hvorvidt det her drejer sig om Fototaxi eller Fotopathi, skal jeg ikke komme ind paa; jeg har ikke anstillet særlige Forsøg i den Retning; derimod er der et andet Forhold, jeg mener fortjener Opmærksomhed, og det er den Tid, der hengaar, inden Reaktionen finder Sted eller i al Fald kan paavises. Naar jeg undtager *Polyphemus*, der er ganske overordenlig lysfølsom, viste disse Dyr en, i Forhold til Planktondyrene, paafaldende Ligegyldighed overfor Lyspaavirkning. Ganske vist reagerede de, men deres Reaktion var for saa vidt ganske forskellig fra Planktondyrenes, som den foregik langsomt og ubestemt, og ganske savnede den Energi, der i denne Henseende karakteriserede disses Bevægelser. Mens det for Planktondyrene syntes at være en Livssag at komme i det rigtige Forhold til Lyset, var det for de her nævnte Organismer en Sag af temmelig ringe Betydning. Og Grunden kan jo ikke være Mangel paa Bevægelighed: baade Ormene og Gammarinerne og Vandkalvene er jo Dyr med kraftig Svømmeevne.

Jeg skal først omtale Forsøgene med *Agabus maculatus*. Denne lille Vandkalv fandtes i Furesøen, hvor den opholdt sig tæt ved Bredden under de paa Bunden liggende Sten. Der var ofte flere under én Sten, og naar jeg løftede en saadan, før Dyrene altid forskrækkede afsted og opsøgte snarest muligt en anden, under hvilken de gemte sig. Saa godt som aldrig saa jeg noget af disse Dyr ved Dagen svømme frit om i Vandet, fik dem heller ikke fat uden ved at søge dem under Stenene; og jeg maa antage, at de søger deres Føde blandt det Dyreliv, som her er ganske rigt: Gammariner, Dipterlarver, Orme o. s. v.

Af disse Vandkalve samlede jeg nu en Snes Stykker og satte dem i Akvariet, hvor jeg anbragte de røde og blaa Glas ganske som under Planktonforsøgene. Efter nogen Tid

saa jeg til dem. Kun én var i det blaa Felt, de andre sad i en Krog krøbne sammen i det røde. Jeg byttede nu Glasene og saa til dem efter nogle Minuter. Enkelte havde forladt Krogen og var flyttede over, men langt over Halvdelen sad endnu i samme Krog, der altsaa nu var blaa. Det var aabenbart Krogen, der bandt dem; Trangen til at føle sig gemt imellem faste Legemer overvandt Ulystfølelsen ved det blaa Lys. Dette Forhold er tidligere iagttaget, bl. a. af Loeb, der kalder det „Kontaktreizbarkeit“ og netop nævner, at det kan forstyrre Forsøgene ved at maskere det Fænomen, man ellers vilde faa frem. Ogsaa Finsen omtaler dette Forhold i „Lyset som Incitament“ i sit Forsøg med Ørentviste. Og saaledes fik ogsaa jeg her det bestemte Indtryk, at Dyrene skyede det blaa Lys, men at det var Krogene i Akvariet, der spolerede Forsøget. Jeg tog nu 7 af Dyrene op og anbragte dem i en Glasskaal med skraa Sider foran Vinduet inde i Laboratoriet og delte med to skraatstillede Glasplader, hvorigennem Lyset faldt, Skaalen i en rød og en blaa Halvdel. Og nu lykkedes Forsøget; det viste sig tydeligt, hver Gang jeg skiftede Glassene, at Dyrene foretrak det røde Felt.

Jeg skal dernæst omtale den nævnte Daphnie, *Polyphemus pediculus*. Den fandtes ikke eller kun ganske enkeltvis i det egentlige Plankton. Derimod opdagede jeg den inde i Kanalen, der fra Furesøen fører op til Frederiksdal Mølle, hvor den opholdt sig i Overfladen af Vandet, i Smaaskarer kredsende mellem Potamogetonbladene. Jeg kunde med Lethed tage et hundrede Stykker.

Da jeg kom hjem i Laboratoriet, satte jeg den i en Glasskaal foran Vinduet, hvorigennem Solen faldt ind. Dyrene samlede sig straks ved Lysranden i Skaalen i den Side, der vendte imod Vinduet. Jeg vilde nu prøve at dele Skaalen i to Felter med rødt og blaat Glas; men idet jeg tog en rød Plade, faldt Solen tilfældigvis igennem paa Dyrene, og jeg saa nu, at de alle som én gjorde omkring i samme Nu og

ilede over mod Skaalens modsatte Rand. Jeg tog da en blaa Plade, og saa snart det herigennemfaldende Lys traf Dyrene, gjorde de igen lige saa hurtigt omkring og svømmede atter i Retning i Vinduet. Jeg skiftede nu mange Gange, og Dyrene lod sig med de to Glasplader kommandere som en Flok Soldater; de lystrede alle øjeblikkeligt og alle samtidigt. Polyphemus forholder sig overfor Lyset principielt som de ægte Planktondyr, kun er den endnu mere lysfølsom. Og det Indtryk, jeg fik under Forsøget med Planktondyrene, at det var en Livssag for dem at komme i det rette Forhold til Lyset, blev yderligere bekræftet, ja forstærket ved at iagttage dette Dyrs Maade at reagere paa.

Og sammenligner vi Forholdet mellem Agabus og Polyphemus, træder Forskellen meget grelt frem. Rent bortset fra, at det ene Dyr er positivt, det andet negativt, er Maaden, paa hvilken de reagerer, højst forskellig: Polyphemus lod sig kommandere øjeblikkelig med en farvet Glasplade; Straalerne, der ramte den, udløste Reaktionen i samme Nu, ligegyldigt om de var røde eller blaa. De røde syntes at frastøde den lige saa energisk, som de blaa tiltrak den. Anderledes Vandkalvene: de før omkring i Skaalen tilsyneladende uden Maal, og der kunde godt gaa baade 2 og 3 Minuter, uden at man mærkede paa dem, at de forskellige Lystraaler spillede nogen Rolle for dem. Tilsidst havde man det Indtryk, at de befandt sig bedre i det røde Lys end i det blaa og derfor hellere søgte det.

Polyphemus derimod opfører sig ganske, som om det var Livet om at gøre at komme i et bestemt Forhold til Lyset. Man faar uvægerlig det Indtryk, at Lyset spiller en saadan Rolle for Dyret, at det ligesom først af alt maa tage Hensyn til sit Forhold til dette, og det anvender øjeblikkelig hele sin Energi herpaa.

Aarsagen hertil er det naturligvis ikke let at udtale noget om; men jeg skal dog pege paa et bestemt Forhold. Største Delen af de Polyphemer, hvormed jeg arbejdede, havde

Rugehulen fuld af Fostre eller Unger; denne Rugehule er udstyret med et Cellevæv (11, p. 185), der afgiver Næring til Fostrene. Og den Tanke synes da ikke at ligge fjærn, at Lyset, det vil sige dettes kemisk virkende Straaler, kunde spille en Rolle for kemiske Omsætninger i dette Væv. Hele Dyrets Maade at opføre sig paa i den Tid kunde tyde i den Retning. Wesenberg-Lund skriver herom (14, p. 179): „I mindre Vandmasser ser man den ofte staa i smaa, skarptbegrænsede Sværme paa aabne, solbelyste Pletter imellem Vegetationen“. Netop saaledes, som ogsaa jeg fandt den. Jeg skal i denne Forbindelse tillige gøre opmærksom paa det aldeles kolossale Øje, som dette Dyr er i Besiddelse af.

Interessant vilde det være at erfare, om Dyret paa en Tid, det ikke har Æg i Rugehulen, ogsaa opfører sig paa en saadan Maade. Jeg har selv ikke siden haft Lejlighed til Forsøg med dette Dyr, hvad jeg imidlertid haaber den kommende Tid skal bringe mig. Ogsaa dets nærmeste Slægtninge, saa vel Bythotrephes som Havformerne, Podon og Evadne, haaber jeg at komme til at arbejde med i denne Henseende. — For en Del af Planktondyrene kunde jo Forholdet tænkes at være det samme, navnlig for de øvrige Daphniers Vedkommende, der jo Sommeren igennem frembringer den ene Generation af Sommeræg efter den anden og udklækker dem i en Rugehule. En Iagttagelse af Rode (12, p. 91) er i denne Henseende værd at lægge Mærke til. Han skriver: „Beobachtet man die Cladoceren am Tage in einem Aquarium, so schweben sie gewöhnlich im Wasser, von Zeit zu Zeit mit ihren langen Antennen gegen die anziehende Kraft der Erde kämpfend. Obwohl sie dabei nicht in einer bestimmten Richtung schwimmen, sind sie doch alle (mit ganz wenigen Ausnahmen) gegen das Licht orientiert. Sie kehren nämlich ihren Rücken gegen das Licht. Als ich die Richtung der Lichtstrahlen geändert habe, hat sich auch die Orientierung der Cladoceren geändert; fiel das Licht nur von einer Seite, so kehrten sie

den Rücken gegen diese, fiel es von oben, so kehrten sie den Rücken nach oben . . ." o. s. v. Og: „Wenn endlich das Licht nur von unten kam, schwammen alle Cladoceren mit dem nach unten gekehrten Rücken. Diese Orientierungen waren keine vorübergehenden: nach einer vierzehntägigen Beleuchtung von unten schwammen noch alle Cladoceren, vielleicht noch besser als anfänglich, mit dem nach oben gekehrten Bauch.“

Der er naturligvis mange Maader, hvorpaa man kunde tænke sig at Lyset virkede' gavnligt paa de kemiske Omsætninger, som det foetale Stofskifte i saadanne Rugehuler, som vi har hos disse Dyr, nødvendiggør. En enkelt af disse Muligheder har jeg prøvet, men med ganske negativt Resultat. Hvis man forestiller sig, at Daphnierne opsøger de lysteste Steder af den Grund, at Lysets dissocierende Virkning paa Rugehulens Epithel virker fremmede paa respiratoriske Processer, f. Ex. Iltoptagningen, skulde man tro, at den fotopathiske Reaktion udeblev eller blev langsommere, hvis det Vand, hvori Dyrene opholder sig, blev overmaade iltrigt, endvidere at den blev meget kraftigere, naar Ilten blev fordrevet. Naar jeg imidlertid mættede Vandet i Akvariet med ren Ilt ved Atmosfæretryk eller med ren Brint, indfandt Reaktionen sig ganske uforandret. Jeg er heller ikke blind for, at det er vanskeligt at forlige den Omstændighed, at den fotopathiske Reaktion synes ligesaa kraftig i rent rødt Lys kontra Mørke som f. Ex. i blaat Lys kontra Mørke, med en kemisk Opfattelse af Fænomenet; men der er paa den anden Side Iagttagelser, der kan synes at tale til Gunst for en saadan, selv om disse Iagttagelser ikke netop angaar Planktonorganismer. Loeb har saaledes i længere Tid holdt Hydroider (*Eudendrium racemosum*) i Akvarier, isolerede i henholdsvis rødt og blaat Lys, og det viste sig, at medens Hydroiderne trivedes ypperligt i det blaa Lys og skød nye Individuer, sygnede de efterhaanden hen og mistede alle Polyphoverne i det røde. Finsens

Iagttagelser over Fosterbevægelser i Salamander- og Frøæg i forskelligartet Lys synes jeg ogsaa at man her bør have in mente.

Nærværende Arbejde blev paabegyndt efter Tilskyndelse af afdøde Professor Niels Finsen, der ønskede nogle biologiske Undersøgelser over Dyrs Forhold til Lyset, et Emne, som altid stærkt havde interesseret ham, men som hans Helbrød nu ikke længere tillod ham at beskæftige sig med. Paa Forslag af mig valgtes Planktondyr til Genstand for de første Forsøg; iøvrigt var det Meningen senere at fortsætte Undersøgelserne ogsaa med andre Dyregrupper.

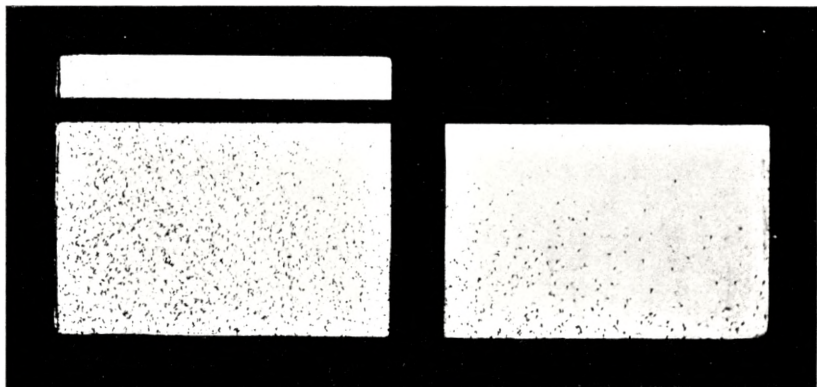
Jeg skal her udtale min Tak til Hr. Dr. Wesenberg-Lund og til Hr. Professor Hjalmar Théel for den Elskværdighed, hvormed de begge har givet mig Lejlighed til at arbejde ved de af dem bestyrede zoologiske Stationer. Endvidere maa jeg takke den nuværende Laboratorieforstander ved Finsens medicinske Lysinstitut, Hr. Dr. med. Hasselbalch, fordi han med saa stor Interesse har fulgt mit Arbejde og stadig har staaet mig bi med gode Raad, navnlig hvor det gjaldt Sagens fysiologiske Side, ligesom han ogsaa har gennemlæst mit Manuskript.

## LITTERATUR.

1. DAVENPORT: Experimental morphology. New York. 1897.
2. STRASSBURGER: Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärm-sporen. Jen. Zeitschr. XII.
3. GRABER: Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Tiere. Prag. 1884.
4. GRABER: Fundamentalversuche über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit augenloser und geblendeter Thiere. Sb. K. Akad. Wiss. Wien. LXXXVII.

- 90 DITLEVSEN: Forsøg over nogle Planktondyrs Forhold overfor Lys.
5. GRABER: Ueber die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit einiger Meerthiere. Sb. K. Akad. Wiss. Wien. XCI.
  6. LOEB: Heliotropismus der Thiere und seine Uebereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen. Würzburg. 1890.
  7. LOEB: Studies in general physiology. Chicago 1905.
  8. GROOM und LOEB: Der Heliotropismus der Nauplien von *Balanus perforatus* und die periodischen Tiefenwanderungen pelagischer Thiere. Biol. Centralbl. X.
  9. LOEB: Ueber künstliche Umwandlung positiv heliotropischer Thiere in negativ und umgekehrt. Arch. f. d. ges. Physiologie LIV.
  10. FINSEN: Lyset som Incitament. Nogle Experimenter. Hospitalstidende. 1895.
  11. WESENBERG-LUND: Studier over danske Søers Plankton. København. 1904.
  12. RADL: Untersuchungen über den Phototropismus der Thiere. Leipzig. 1903.
-

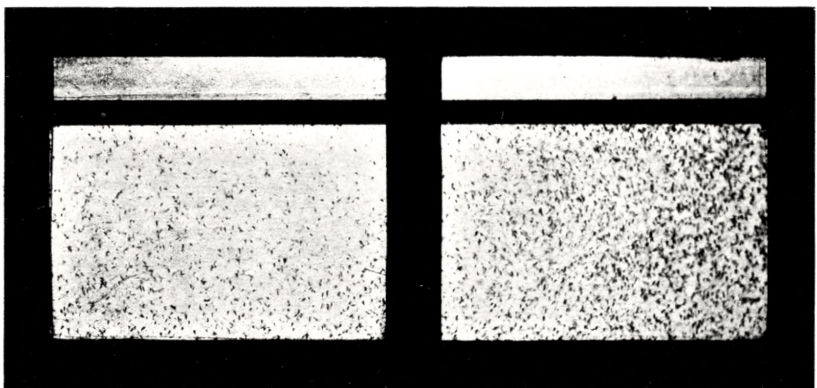




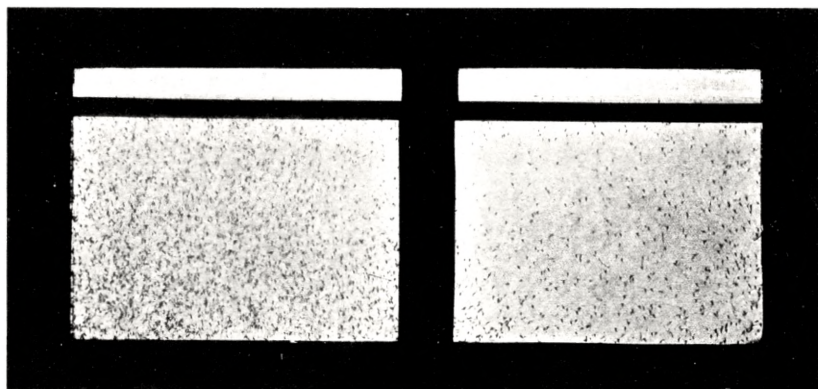
*Fig. 1.*



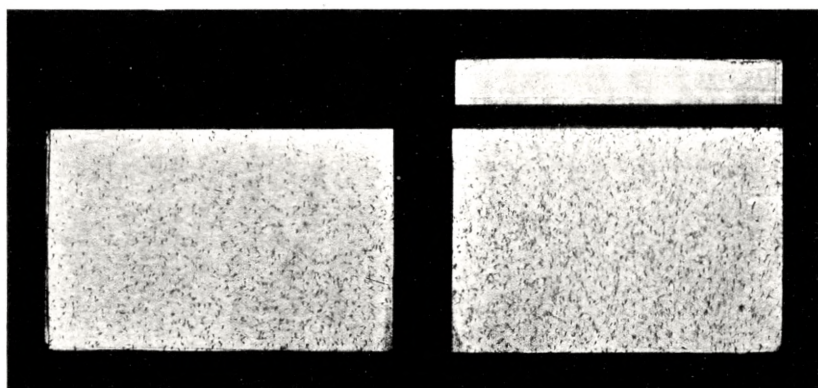
*Fig. 2.*



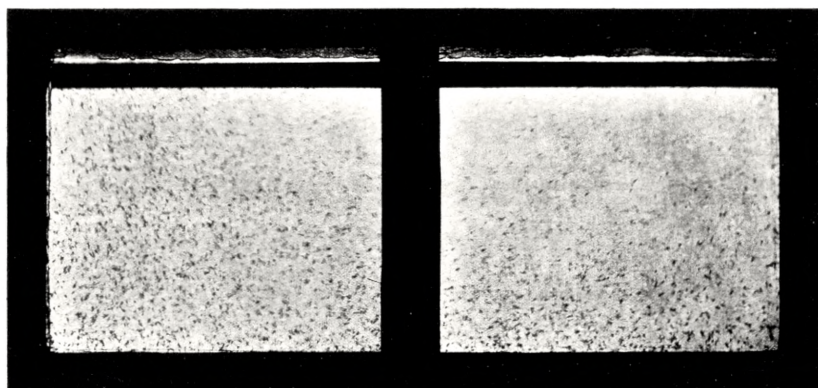
*Fig. 3.*



*Fig. 4.*



*Fig. 5.*



*Fig. 6.*