

Kulsyrens Bearbejdelse og Bladenes Bygning i deres Forhold til Lyset.

Ved Laboratorieassistent W. Johannsen.

Ved Kulsyrens Bearbejdelse eller Assimilation forstaaes Plantens Optagelse og Forarbejdelse af Kulsyren samt den dermed forbundne Iltudskilning. De grønne Plantedele ere i Stand til at assimilere Kulsyre, og denne Proces fordrer desuden Lysets Medvirkning. Hvorledes Kulsyrens Bearbejdelse skeer, og om den (sandsynligvis) skeer samtidig med andre uorganiske Stoffers, er ikke nærmere bekjendt; vi vide blot, at de paagjældende Celler beholde Kulstoffet i kemisk bunden Tilstand, og at den vundne Kulstof-Tilvæxt benyttes ved Dannelsen af meget forskellige Forbindelser. Naar vi sige, at Sukker, Olie, Cellestof, Plantesyre, Stivelse o. fl. a. ere almindelig forekommende Produkter af Kulsyrens Assimilation, saa er dermed intet sagt angaaende et muligt »første« Produkt. Herom haves kun Gisninger af mere eller mindre tvivlsomt Værd.

Som Maal for Kulsyreassimilationens Styrke har man benyttet forskellige Forhold. Man har saaledes før og efter Forsøgene analyseret den afspærrede Luftblanding, i hvilken de paagjældende Planter have opholdt sig. Den fundne Formindskelse af Kulsyremængden eller Forøgelse

af Iltmængden, har da angivet Processens Styrke. Af og til har man ogsaa søgt at bestemme Forsøgsplanternes Tørstoffilvæxt; men denne Methode har flere Fejl (Anm. I). Endelig har man talt det Antal Luftblærer, — nogenlunde ren Ilt —, der i en given kort Tid udskilles fra Snitfladen af afskaarne Blade eller Skudspidser, naar de bringes under kulsyreholdigt Vand. Denne »Blæretællingsmethode« har efter megen Diskussion hævdet sig som ret brugbar, naar man ikke skal have absolut nøjagtige, men blot relative Værdier, og naar man vælger passende Planter til Forsøgene. Foruden Blade af flere Planter, ere især Vandpest (Elodea), samt Hestehale (Hippuris) og Tusindblad (Myriophyllum), alle tre Vandplanter, blevne benyttede. En af Blæretællingsmethodens Fordele er den korte Forsøgstid, der kræves; sædvanlig tælles kun i højst ét Minut de udskilte Iltblærer. Fremdeles kan man benytte det samme Forsøgsindivid til Sammenligningen. Herved er man ikke udsat for Fejl paa Grund af individuelle Forskelligheder mellem Organismerne.

[Inden vi gaa over til det egentlige Æmne, maa det bringes i Erindring, at Solens »Straaler« ere sammensatte af forskjellige Straalearter, baade »synlige« (Farvestraalerne, Regnbuefarverne) og ikke synlige. Lader man en Solstraale gaa gennem et Glasprisme, saa bliver den, som bekjendt, »brudt«, det vil sige: dens Retning forandres noget. De forskjellige Straalearter brydes nu i forskjellig Grad; derfor kunne de, ved Hjælp af et saadant Prisme, adskilles og undersøges særskilt. De Straalearter, der i ringest Grad forandre Retning, de »mindst brydbare« holde sig, efter at have passeret Prismet, nærmest til Lysets oprindelige Vej; Forskydningen ud fra denne er desto større, jo mere brydbare de paagjældende Straaler ere. Af de for os synlige Straaler brydes de røde mindst; derpaa følge, gaaende jævnt over i hverandre, de gule, grønne og blaa med efterhaanden stigende Brydbarhed. De violette Straaler ere endelig de stærkest brydbare. I Lys, brudt paa den nævnte Maade, have Farverne stedse denne

Orden. Det fremkomne Farvebillede kaldes Solens synlige Spektrum. Foruden de synlige Straaler kan der, som sagt, ogsaa paavises ikke umiddelbart synlige, baade saadanne, der brydes mindre end de røde, og saadanne, der brydes endnu stærkere end de violette Straaler. Solens fuldstændige Spektrum bestaaer altsaa af samtlige Straalearter, ordnede efter Brydbarheden, og viser en synlig, regnbuefarvet Del, der paa begge Sider grænser op til usynlige Dele].

Naar vi nu, vidende at Lyset er nødvendigt for Kulsyreassimilationen, spørge om dets Virkning, saa kan dette Spørgsmaal gaa i forskellige Retninger. Idet vi her holde os til Sollyset, skulle følgende tre Spørgsmaal behandles: I hvilket Forhold staaer Kulsyreassimilationen til Belysningens Styrke? Have Sollysets forskellige Straalearter forskjellig Betydning? og endelig: Hvorledes virker Lyset?

Lysstyrkens Indflydelse paa Kulsyreassimilationen maa kjendes, førend man, paa en af de før nævnte Maader, kan anstille paalidelige Forsøg med Hensyn til de forskjellige Straalearters Virkning. Vi skulle senere se, hvorfor dette er nødvendigt. Russeren Wolkoff fandt (1866), at Iltudskilningen steg og faldt med Belysningens Styrke. Det var dog kun i forskjellig stærkt, dæmpet Dagslys, at han talte de af Forsøgsplanterne udskilte Blærer. Hans Resultat blev bekræftet af senere Iagttagere, blandt hvilke Famintzin (1880) tillige angiver, at Kulsyreassimilationen i direkte, usvækket Sollys hos flere Planter skal være svagere end i dæmpet Lys. Navnlig viste dette sig ved Palme- og Bambusblade, Vandpest o. a.

Reinke har ifjor anstillet videre Forsøg. I Vindues-skodden af et formørket Værelse anbragtes en Glaslinse, saa at Lyset kun derigjennem trængte ind i Værelset. Ved Hjælp af en udenfor staaende Heliostat (et Spejl, der af et Uhrværk stadig drejes saaledes efter Solens Bevægelse, at Solstraalerne bestandig kastes tilbage i én bestemt Retning) rettedes Sollyset lodret ind paa Linsen. Denne sam-

lede saaledes Lyset i det inde i Værelset liggende »Brændpunkt«, fra hvilket Straalerne atter spredtes, saa at Lysstyrken altsaa aftog jævnt fra Brændpunktet indad til i Værelset. Hvor stærk Belysningen er i de forskellige Afstande fra Linsen, kan let beregnes, og saaledes kan man, ved at føre Forsøgsplanten frem og tilbage i den af Linsen fremkaldte Lyskegle, efterhaanden udsætte den for en hel Skala af Belysningsgrader.

Der anvendtes 10 Millimeter lange Skudspidser af Vandpest, som med Platintraad holdtes lidt over Bunden af et Bægerglas, der indeholdt kulsyreholdigt Vand. Glasset var omgivet af en Papskjærm med en lille Aabning, gennem hvilken Planten kunde belyses. Glasset kunde skydes langs med et i Lysets Retning liggende Brædt, paa hvilket der var afsat Mærker, som angave forskellige Grader af Lysstyrken. Naar Forsøgsplanten i $1\frac{1}{2}$ til 1 Minut havde staaet paa én Plads, taltes i 15 Sekunder de udskilte Luftblærer; derpaa flyttedes Planten hen til en ny Plads paa Brættet o. s. v. Der foretoges, for Nøjagtigheds Skyld, næsten altid to Tællinger umiddelbart efter hinanden. Til hver enkelt Forsøgsrække anvendtes stedse en og samme Plante.

Nedenstaaende Tabel viser et Exempel paa Resultaterne. Tabellen angiver tillige — fra venstre til højre — Aflæsningernes Rækkefølge. Ved Lysstyrken » $\frac{1}{24}$ Sollys« og derunder udskilte ingen af de undersøgte Planter Iltblærer.

Lysstyrke, Sollysets = $\frac{1}{1}$	Antallet af Iltblærer, udskilte i 15 Sekunder af Vandpest.
$\frac{1}{16}$	4—4
$\frac{1}{8}$	9—10 10—10
$\frac{1}{4}$	21—20 20—21
$\frac{1}{1}$	40—38 39—39
$\frac{2}{1}$	39—40
$\frac{4}{1}$	38—39
$\frac{8}{1}$	39—39

Af dette Forsøg, sammenholdt med Reinkes andre, fremgaaer det, at den af Lyset fremkaldte Iltblæreudskilning hos Vandpest først begynder ved middelstærk Belysning (c. $\frac{1}{16}$) og derpaa stiger, naar Lysstyrken forøges, indtil denne har naaet omtrent den almindelige Sollysstyrke — snart lidt over, snart lidt under. Derpaa forøges Iltudskilningen ikke mere, selv om Lyset forstærkes meget*).

Reinke prøvede nu Indflydelsen af meget stærkt koncentreret Lys. For at fremkalde dette, benyttede han en stor Glaslinse, over en Fod i Diameter. Ligesom Pringsheim tidligere havde angivet, fandtes nu, at saadant Lys i Løbet af kort Tid blegede Bladgrøntlegemerne og dræbte Cellerne, samt at denne Virkning ikke skyldes en Varmevirkning. Imidlertid viste det sig tillige, at Blæreudskilningen ikke strax aftog, men først formindskedes, naar den grønne Farve begyndte at bleges. Blærerne perlede dog ikke saa regelmæssig ud fra Planten i dette meget stærke Lys som ved de forrige Forsøgsrækker. Et lille Skud, der i almindeligt Sollys udskilte 40—42 Blærer i 15 Sekunder, udskilte, da det blev udsat for en Belysning, der ansloges til $\frac{800}{1}$, næsten ganske som før: 38—40 Blærer. Først efter to Minutters Forløb standsede Blæernes jævne Strøm, der fremkom faa Blærer med uregelmæssige Mellemrum, og derpaa, efter omtrent 5 Minutter, udskiltes ikke flere. Planten var da næsten ganske bleget.

De omtalte Undersøgelser vise alle, at der ikke findes et ligefremt Forhold mellem Lysstyrken og Kulsyreassimilationens Energi. Vi have i Reinkes Resultater

*) Den Formodning, at den stærke Belysning her skulde fremkalde en med Belysningen stigende Iltning af Plantens Stof (Pringsheim), og at denne Forbrænding skulde skjule en formodet Forøgelse af Kulsyreassimilationen, afviser Reinke med Rette. At Planterne have faaet for lidt Kulsyre, er højst usandsynligt, tilmed fik Famintzin jo Forringelse af Iltudskilningen ved stærk Belysning, skjøndt rigelig Kulsyre fandtes i de af ham anvendte Luftblandinger. Sml. ogsaa Anmærkningen S. 499.

et tilsyneladende afvigende Exempel paa den almindelige fysiologiske »Regel«, at der findes et Minimum, et Optimum og et Maximum for de ydre Faktorerers gunstige Virkning paa Organismernes Livsvirksomhed*). »Optimum« ligger, efter Reinkes Forsøg, ikke ved én bestemt Lysstyrke, men synes at svare til alle stærke Belysninger. Selv om Belysningen forstærkes enormt, aftager jo ikke Iltblæreudskilningen, dog, vel at mærke, ikke strax. I Længden vil en stærk Belysning sikkert virke skadelig. »Maximum«, den Lysstyrke, ved hvilken overhovedet ingen Iltudskilning skulde ske, er ikke naaet ved Reinkes Forsøg, og et saadant Maximum findes vel slet ikke; men da nu Planten i Virkeligheden hurtig døer »Lysdøden« og derfor ikke mere udskiller Ilt, saa findes der, praktisk talt, tydelig nok et Maximum for en gunstig Lysvirkning.

Det maa heller ikke oversees, at de Forsøg, ved hvilke man har paavist den sædvanlige Regel for ydre Faktorerers Virkning, kræve en meget længere Tid end de omtalte Blæretællings-Forsøg. Medens man her kan betragte det øjeblikkelige Resultat, fordi Blæredannelsen er et temlig fint Reagens paa Iltudskilningen, saa maa man, ved Forsøg over andre Faktorerers Indflydelse paa forskellige Livsytringer, sædvanlig vente flere Timer eller endnu længere, inden Resultatet viser sig. Saaledes faaer man et Udtryk for Faktorens Virkning paa Organismens hele Livsvirksomhed, medens Reinkes Forsøgsresultater vise den øjeblikkelige Virkning paa en enkelt Funktion. Saaledes forklares vistnok Uoverensstemmelsen mellem Reinke og Famintzin, hvilken sidste ikke benyttede Blæretælling, men bestemte den Kulsyre-mængde, der efter en eller flere Timers Forløb var bleven assimileret ved forskellige Belysningsgrader. Derfor kunne Reinkes, forøvrigt meget interessante, Forsøgsresultater

*) Sml. herom Indledningen til plantefysiol. Medd i Tidsskrift f. Land-økonomi 1883 S. 357—9.

slet ikke kuldkaſte den Famintzin'ske Anskuelse, at Planterne ogsaa med Hensyn til Kulsyreassimilationen have et Lysoptimum, forskjelligt for de forskjellige Arter og Former. Saaledes kommer den almindelige Regel ogsaa her til sin fulde Ret.

At mange Planter ikke kunne trives i det fulde Sollys, men derimod ſøge Skygge, og omvendt, er en noksom bekjendt Sag. »Skyggeplanter« og »Lysplanter« ere jo almindelige Betegnelser for ſlige Planter. Planterne benytte ofte flere Midler til at beskytte ſig mod for ſtærkt Lys. Haardannelser paa Blade og især paa unge Organer ere et meget almindeligt Beskyttelsesmiddel. Herhen hører ligeledes Indrulning eller Sammenfoldning af Blade ſamt Stillingsforandringer, hvorved de paagjældende Organer kunne vende Kanten, i Stedet for Fladen, mod Solen o. s. v.

Det vil nu let forſtaaes, hvor vigtigt det er at kjende Virkningen af forskjellig Belysningsstyrke, inden man gaaer til at undersøge de enkelte Straalearters Betydning. Thi anvendes, ved Forsøg herover, Belysning over en vis Styrke, ſaa vilde ventelig de isolerede Straalearter, hver for ſig, kunne frembringe indtil en lige ſaa livlig Iltudſkilning ſom hele det ſamlede Lys. Man har tidligere af og til faaet Resultater, der nærmede ſig mere eller mindre til dette Forhold. At de ere uden Værd, er en Selvfølge. Belysningens Styrke maa være valgt ſaaledes, at man ikke overſkrider »Optimum« for nogen Straalearts Virkning paa den paagjældende Forsøgsplante.

Man har ved Forsøgene anvendt to Fremgangsmaader til at isolere Sollysets forskjellige Straaler. Ofte udførtes dette, ſom ovenfor antydte, ved Hjælp af et Prisme; men man har ogsaa, især tidligere, ladet Lyset gaa igjennem farvede Skjærme, enten Glasplader eller Opløsninger, der, alt efter de indeholdte Farvestoffers Natur, indſuge (absorbere) forskjellige Straaler. Paa denne Maade kan man, ved efterhaanden at benytte forskjellige Skjærme, opnaa

tilnærmelsesvis rigtige Resultater, naar det Lys, der passerer Skjærmene, undersøges nøje. Denne »Absorptionsmethode« har dog flere Unøjagtigheder; den vigtigste, der ofte har ført til Fejltagelser, bestaaer deri, at man ikke saa let har kunnet maale den ofte betydelige Aftagen i Styrke, som selv de Farvestraaler, der gaa gennem Skjærmene, lide ved tildels at indsuges. Metoden bruges nu kun ved Forelæsningsforsøg.

Engländeren Daubeny, der (1836) var den første, som foretog Undersøgelser over Æmnet, benyttede Skjærme. Han fandt, at kun den for os i Almindelighed synlige Del af Solspektret, altsaa kun »Farvestraalerne«, fremkalder Iltudskilning. Dette har siden stedse bekræftet sig.

Med Hensyn til de enkelte Farvestraaler har man længe vidst, at de mindst brydbare (røde, gule) Straaler fremkalde en stærkere Iltudskilning end de mere brydbare (grønne, blaa og violette). Med Draper (1844) begynder de mere specielle Forsøg. Han angiver, at Iltudskilningens Styrke i de forskellige Straaler næsten ganske svarer til disses »lysende Evne«, d. e. til Styrken af den Lysfønnelse, de fremkalde hos os. Lysest synes os Solspektrets gule Del, og herfra synker den lysende Virkning jævnt til begge Sider. I Overensstemmelse hermed skal nu, efter Draper, Iltudskilningen være stærkest i de gule Solstraaler og jævnt aftage hen imod de røde og de violette.

I de hos os mest bekendte nyere Haand- og Lærebøger i Plantefysiologi*) findes omtrent den samme Angivelse. Siden Drapers Iagttagelser har der dog i flere Aar været Strid mellem Plantefysiologerne om denne Sag; en Strid, hvori ogsaa Fysikere have taget Del.

*) F. Ex. Pfeffers »Pflanzenphysiologie«, I Bd. 1881 og Sachs's »Vorlesungen«, 1882, samt Detmer i sin Lærebog. Ligesaa Frank i sine »Grundzüge der Pflanzenphysiologie« 1882. Sidstnævnte lille Bog maa iøvrigt — i Mangel af en dansk kort Lærebog — meget anbefales til Tidsskriftets yngre Læsere.

[At et Legeme viser sig farvet, beroer jo sædvanlig alene paa dets Evne til ganske eller fortrinsvis at absorbere (indsuge) nogle af Lysets Farvestraaler. De, der ikke, eller kun i ringere Grad absorberes, fremkalde hos os den paagjældende Farveførmelse. Saaledes er det ogsaa med Bladgrøntet. Dette Farvestof, saaledes som det findes i Bladene, absorberer meget stærkt en vis Art røde Straaler samt ogsaa, om end i svagere Grad, især visse blaa og violette Straaler. Lader man Sollyset passere et Lag Bladgrønt og derpaa, ved Hjælp af et Prisme, danne et Spektrum, saa vil dette »Absorptionsspektrum« i Stedet for at have alle Regnbuefarverne i saa at sige uafbrudt Orden, vise brede, mørke Mellemrum (»Absorptionsstriber« eller »Baand«) der indtage de før nævnte absorberede Straalearters Pladser. Det maa imidlertid vel huskes, at ogsaa samtlige andre Farvestraaler absorberes i ringe Grad, og saaledes vil et tilstrækkelig tykt Lag Bladgrønt, selv i aldeles klar Opløsning, overhovedet ikke tillade noget Lys at gaa igjennem].

Striden om Farvestraalernes Virkning har ikke alene drejet sig om de ofte modsigende Forsøgsresultater, men ogsaa om theoretiske Opfattelser. Fysikeren Lommel mente saaledes, at Farvestraalernes kemiske Virkning hos Planterne maatte være afhængig af det Forhold, i hvilket de absorberedes, og tillige af deres Energi (»Kraftmængde«), som maales ved deres varmende Evne. Efter Lommel skulde den stærkeste Iltudskilning finde Sted i det røde Lys, som Bladgrøntet særlig stærkt absorberer. Dette havde allerede tidligere Franskmanden Becquerel udtalt som en Mulighed. Forsøg af N. I. C. Müller syntes at bekræfte Lommels Theori. Imidlertid har navnlig Pfeffer imødegaaet disse Betragtninger, vel især fordi Resultaterne af hans Forsøg modsagde Müllers, der i det Hele taget vare mangelfulde. Lommel har vel Ret, naar vi formulere hans Sætning almindelig, saaledes som det ovenfor er skeet; naar man altsaa ikke siger, at Virknin-

gen paa Kulsyreassimilationen skal være proportional med Bladgrøntets Absorption af de forskellige Farvestraaler. Med Hensyn til dette er hans Theori paa Forhaand ganske usikker, saalænge man ikke kjender Bladgrøntets Rolle. Forsøg maa derfor være det ene afgjørende. Selvfølgelig forsvinder det Lys, som udfører Arbejde ved Kulsyreassimilationen, idet det omdannes til »Spændkraft«, men dermed er jo aldeles ikke sagt, at alt det Lys, der »forsvinder« ved Absorptionen i Bladgrøntet, udelukkende benyttes i Kulsyreassimilationens Tjeneste. Det kunde jo bidrage til Udførelsen af andre Arbejder (f. Ex. Vandfordampning) eller blot omdannes til Varme o. s. v. — Det er vigtigt at forstaa Pfeffers Indvendings fuldstændige Berettigelse, naar vi siden skulle se, at Becquerels forsigtig udtalte Formodning og Lommels forhastede Theori dog i Virkeligheden har været Sandheden nærmest.

Det i alt væsentligt med Drapers overensstemmende Resultat, som Pfeffer opnaaede, idet han dels (1870) anvendte farvede Opløsninger, dels (1872) benyttede sig af et Prisme, har, i høj Grad støttet af Sachs og hans Tilhængere (»Würzburgerskolens«), i en Aarrække i Tyskland ganske tilbagetrængt de Anskuelser, som Lommel, Müller og Andre repræsenterede. Endskjøndt blandt andre navnlig Russeren Timirjazeff, i Følge sine tildels i Paris udførte, meget omhyggelige Forsøg, aldeles bestemt og med klar Kritik hævdede, at Pfeffers Forsøgsresultater vare urigtige, saa tager Sachs i sine ovennævnte Forelæsninger*) dog aldeles intet Hensyn dertil, ja nævner end ikke Timirjazeff. Pfeffer lader i sin Haandbog heller ikke dennes Arbejder komme til deres Ret.

*) Denne aandfuldt og udmærket klart skrevne Bog er desværre gennemgaaende meget ensidig og har en overvejende polemisk Karakter. Den repræsenterer ikke Plantefysiologiens nuværende almene Standpunkt, men Sachs's personlige Anskuelser. For saa vidt har Værket en stor Interesse; til Lærebog for Begyndere egner det sig næppe.

Saaledes befæstedes især i Tyskland almindelig den Anskuelse, at Bladgrøntets karakteristiske Lysabsorption ikke stod i nogen direkte Forbindelse med Lysvirkningen ved Kulsyreassimilationen. Det er klart, at med denne Opfattelse maa Spørgsmaalet om Bladgrøntets Rolle blive meget mere indviklet end med Becquerels og Lommels. Maaske have vi heri en medvirkende Grund til de Formodninger om Bladgrøntets Rolle, som den nyere tyske Litteratur har viist nogle mærkelige Prøver paa. Nedenfor komme vi tilbage til disse.

Th. W. Engelmann har imidlertid i Løbet af de sidste Par Aar gjort den nys skildrede, ogsaa hos os almindelig udbredte Opfattelse ganske uholdbar; han har i det Hele taget bragt vort Kjendskab et betydeligt Stykke fremad. I alle Enkeltheder ere Spørgsmaalene vel endnu ikke ganske afgjorte, men Hovedsagen, Stridens Kjærne, tør nu siges at være klaret.

Engelmann benytter ved sine Forsøg en ganske særlig Fremgangsmaade. Han havde bemærket, at de almindelige, selvbevægelige Forraadningsbakterier, der, naar Ilt mangler, ganske standse deres Bevægelse, atter øjeblikkeligt fare afsted, saa snart de blot faa det ringeste Spor af den nævnte Luftart. Disse Bakterier ere saaledes et yderst fint, mikroskopisk Reagens paa fri Ilt. En eller anden lille grøn Plantedel, f. Ex. en Bladstump eller en lille Alge, lægges i en bakterieholdig Vanddraabe paa en Glasplade (Objektglas) og dækkes med en anden, lille, tynd Plade (Dækglas). Ved Tilkitning med lidt Fedt eller Vaseline, kan Luften hindres i at trænge ind til Væsken mellem Glaspladerne. Lægges nu det saaledes fremstillede Præparat i Mørke, eller betragtes det under Mikroskopet ved en saa svag Belysning, at man just kan se Bakterierne, saa ville disse, da de snart forbruge al i Væsken værende Ilt, opføre sig at bevæge sig. Forstærkes nu Belysningen, saa ville Bakterierne, idet Lyset nu fremkalder Iltudskilning fra den grønne Plantedel, begynde at bevæge sig; desto stærkere, jo mere Ilt der udskilles. Man vil tillige se, at de til-

trækkes af og samle sig dansende omkring de grønne Celler, fra hvilke den attraaede Ilt jo ogsaa kommer. Dette smukke Experiment kan Enhver, der har et Mikroskop, let eftergjøre. Bakterierne faaes let, f. Ex. naar man lægger et Par Ærter i Vand, hvori de i Løbet af et Par Dage begynde at raadne. Man kan ogsaa let overbevise sig om, at det er de grønne Plantedele, som ved Belysningen udvikle Ilt, medens de farveløse Dele ikke fremkalde Bevægelse hos Bakterierne.

Idet nu Engelmann forbinder sit Mikroskop med et af ham dertil konstrueret Spektralapparat, kan han i Mikroskopets Synsfelt fremkalde et lille Solspektrum. Apparatet kan indstilles saaledes, at de Gjenstande, man betragter, belyses af et temmelig »rent« Spektrum, det er et saadant, hvori de enkelte Straalearter ere saa godt adskilte, at saakaldte Fraunhoferske Linier (fine, mørke Striber i Solspektret) vise sig. Spektret kan forskydes frem og tilbage i Synsfeltet, saaledes at Gjenstanden kan belyses af en hvilken som helst Straaleart, hvis Virkning skal sammenlignes med andres. Den Spalte i Spektralapparatet, gennem hvilken Lyset træder ind, kan gøres bredere eller smallere og saaledes Belysningens Styrke større eller mindre.

Belyses nu en grøn Plantedel, f. Ex. en i en afspærret bakterieholdig Væskedraabe værende Traadalg, af alle Spektrets Dele, saa viser det sig, at de Farvestraaler, der fortrinsvis absorberes af Bladgrøntet (altsaa Rødt og dernæst Blaat) fremkalde den stærkeste Ophobning af livligt sværmende Bakterier. I hosstaaende Figur er dette anskueliggjort.

De Straaler, der fortrinsvis absorberes af Bladgrøntet, bevirke altsaa stærkest Iltudskilning. Den skildrede Fremgangsmaade giver dog mere anskuelige end egentlig nøjagtige Resultater. Ved Engelmanns nøjagtigere Forsøg benytter han en anden Maade. Til hver Forsøgsrække benyttes altid en og samme Celle, der efterhaanden belyses af Spektrets forskellige Dele

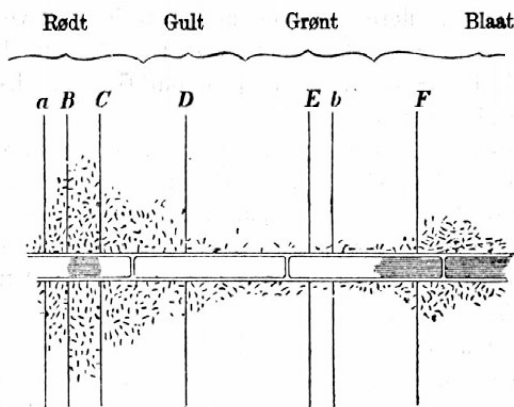


Fig. 1. Efter Engelmann. Stykke af en grøn Traadalgæi bakterieholdig Væske, belyst af Solspektret. Omtrent 200 Gange forstørret. Bladgrøntlegemerne, der ere lejrede regelmæssig i Cellerne, ere udeladte, ligesom det øvrige Celleindhold. De mørke Partier, uden for hvilke Bakterierne sees talrigst (i livlig Bevægelse), antyder Bladgrøntets vigtigste Absorptionsbaand (Sml. S. 475). De lodrette, med Bogstaver betegnede Streger ere Fraunhoferske Linier.

Den ovenfor omtalte bevægelige Spalte indstilles nu saaledes, at det indtrængende Lys kun fremkalder en yderst svag Bevægelse af Bakterierne; det vil altsaa sige, at Iltudskilning akkurat begynder at finde Sted. Kun meget smaa, eller dog smalle Organismer kunne benyttes ved denne Fremgangsmaade.

Det er klart, at jo svagere en Straaleart virker, desto bredere, og jo stærkere, desto smallere maa Spalten gjøres, for at indskrænke Iltudskilningen saa meget, at Bakteriebevægelsen just lige kan ske. Med andre Ord, den hertil nødvendige Spaltebrede staaer i omvendt Forhold til den paagældende Straalearts Virksomhed ved Kulsyreassimilationen. Da Spaltens Brede let kan bestemmes nøjagtig, har man saaledes et udmærket Maal for Straalearternes Betydning med Hensyn til Iltudskilningen hos mikroskopiske Organismer. Det har nu ganske bekræftet sig, hvad der nys blev sagt, at paa grønne Celler — talrige Smaa-

organismer fra flere Grupper af Planteriget bleve undersøgte — virker stærkest det røde Lys mellem B og C (sml. Fig. 1) og dernæst det blaa omkring F, altsaa det, der især absorberes.

Engelmann søgte først (1882) at bortforklare denne Modsigelse mellem sine egne og Pfeffers (Drapers, Sachs's og Andres) Forsøg; senere har han efterhaanden opgivet dette. Det behøves ej heller; thi det kan næppe betvivles, at Pfeffers Resultater ere mindre nøiagtige. Dette skyldes vel især en ufuldstændig Adskillelse af Straalearterne, forårsaget af visse meget let indløbende Fejl ved de anvendte Apparater og deres Sammenstilling. Det formentlig gule Lys (omkring Linien D i Fig. 1), i hvilket Pfeffer fandt den stærkeste Iltudskilning, har været mindre rent, og talrige iblandede røde Straaler have vistnok spillet Hovedrollen. Foruden Timirjaseff og Andre har især Reinke i sine omkring sidste Aarskifte offentliggjorte Afhandlinger udførlig begrundet denne Opfattelse.

Idet Reinke undgaaer disse Fejl, benytter han, ganske som før skildret, Blæretællingsmetoden. Han lader sin Forsøgsplante ikke umiddelbart belyses af de ved et Prisme adskilte Straaler, hvad man hidtil har gjort; men lader Spektret dannes »rent« paa en flad Skjærm, bag hvilken der findes en Linse. Ved en simpel Indretning af Skjærmen kan en hvilken som helst Del af Spektret udelukkes fra eller naa til Linsen, der samler det modtagne Lys i sit Brændpunkt. Paa en bestemt Plads nær dette opstilles Planten i sit Glas med kulsyreholdigt Vand. Naar en passende Belysningsstyrke vælges, ere de udskilte Blærsers Antal et ret brugbart Maal for de forskellige Straalers Virkning.

Resultatet af saaledes anstillede Forsøg var en Bekræftelse af Engelmanns Angivelser, for saa vidt at Reinke, lige som denne, finder stærkest Iltudskilning i Sollysets røde Straaler. Imidlertid opnaaer Reinke ikke nogen til Engelmanns Angivelser svarende, stærk Iltudskilning i de blaa Straaler. Vi staa her overfor en, i

alt Fald tilsyneladende, Modsigelse, som senere Under-søgelser maa klare.

Det er muligt, at Modsigelsen kan bortforklares paa en lignende Maade som Engelmann i 1882 bestræbte sig for at bruge til Fortolkning af Pfeffers Angivelser. Herefter skulde man antage, at Engelmanns Resultat er rigtigt »i Princippet« og gjælder for den enkelte grønne Celle, men at forskellige Omstændigheder ved de flere Celle-lag mægtige Blade gøre Forholdet utydeligt og indviklet*). Imidlertid kan Uoverensstemmelsen dog muligvis føres tilbage til optiske Forhold, som Reinke maaske har over-seet. Engelmanns Methode har i sin store Simpelhed i alt Fald éen Fordel (Anm. II); og da hans Resultater gjælde for den enkelte Celle, for det enkelte, Kulsyre assimilerende Elementarorgan: Blad-grøntlegemet (om dette se nedenfor), saa danne de det bedste Udgangspunkt for enhver videre Forskning over Lysvirkningen ved Kulsyreassimilationen og for alle her-hen hørende theoretiske Betragtninger.

En overmaade vigtig Støtte finder Engelmanns Resultater ogsaa deri, at Forhold, svarende til de grønne Organismers, ogsaa findes hos mange røde, saa vel som brune og blaa-grønne Alger. Tidligere antoges almindelig, at kun det Bladgrønt, som disse Planter sædvanlig indeholde i ringe Mængde, satte dem i Stand til at for-arbejde Kulsyren. Hos talrige, især højere Planter, findes et saadant Forhold, hvor altsaa forskellige Farvestoffer ligesom maskere Bladgrøntet, der dog her alene muliggjør Kulsyreassimilationen. Exempler herpaa haves i Blod-bøgen, Blodnødden, spragledede »Bladplanter« o. s. v. Det har imidlertid viist sig, at de Lysstraaler, som de nævnte, forskellig farvede Alger absorbere, just ogsaa fremkalde den stærkeste Iltudskilning hos dem. Saaledes indsuge de røde Alger fortrinsvis grønne Straaler, der her ere de virksomste, medens disse Straaler, som ovenfor seet,

*) Sml. ogsaa Anmærkningen Side 486.

næsten ingen Iltudskilning fremkalde hos grønne Planter (sml. saaledes Fig. 1). Paa ganske tilsvarende Maade forholde de brune og blaagrønne Alger sig. Hos disse Planter have de paagjældende Farvestoffer ganske samme Betydning som Bladgrøntet i Almindelighed hos Planterne. De nævnte Farvestoffer have ogsaa andre Egenskaber fælles med Bladgrøntet, som vi her ikke skulle gaa nærmere ind paa.

Det er, siden A. S. Ørstedes Iagttagelser, hos os en bekjendt Sag, at de Havplanter, som leve i mindre dybt Vand eller nær Overfladen, sædvanlig ere grønne ligesom Landplanterne; at man imidlertid dybere nede finder Brunalgerne almindeligere, og at endelig Rødalgerne ere ganske overvejende paa de større Dybder, hvor der overhovedet endnu findes Planter. Ved at gaa gennem Vandet taber Sollyset ikke alene i Kraft, men forandres ogsaa i Sammensætning, idet navnlig de røde og gule Straaler ikke trænge saa dybt ned. Vand er jo heller ikke ganske farveløst, men svagt blaat. Efter Engelmanns Undersøgelser er det nu forstaaeligt, at brune Celler, der langt bedre end de grønne Planter kunne undvære rødt og gult Lys, kunne holde sig dybere nede i Vandet end grønne; ligeledes, at de røde Alger gaa endnu dybere ned.

Hvorledes virker nu Lyset? Vi tør sige, at Lyset, idet det forsvinder som saadant, yder Arbejdet ved Kulsyreassimilationen. Fremdeles maa det bestemt antages, at det er Farvestoffets (Bladgrøntfarvens samt de røde, blaagrønne og brune o. a. Algers Farvestoffers) Forretning, ved Absorption at tvinge Lysstraalerne til dette Arbejde. Engelmanns Forsøg have gjort denne gamle Formodning i højeste Grad sandsynlig. Saaledes gjøres det muligt for den farvede Celleslim at benytte Kulsyre (og vel samtidig Vand) til en Forøgelse af sin »organiske« Stofmængde. Det karakteristiske ved denne Opbygningsproces er Lysets virksomme Krafts Omdannelse til Spændkraft.

Der har ikke været Mangel paa mere eller mindre vovede Spekulationer angaaende Bladgrøntets Betydning og Lysets Virkning. Enkelte Forfattere have endog ment, at Bladgrøntet selv skulde være et »første Produkt« af Kulsyrens Assimilation og derfor altid fandtes hos Blade, der udførte denne Proces. Denne Anskuelse har aldrig været udbredt og er nu vel ganske opgiven. Pringsheim udtænkte, efter talrige Forsøg med stærke, dræbende Belysninger, en hel ny, aparte Theori, efter hvilken Bladgrøntet kun skulde være en Skjærm mod Lysets iltende Virkning. En Hovedstøtte for sin Mening søger Pringsheim selv (1881) deri, at der dengang ikke (vi have seet, med Urette) antoges nogen Sammenhæng mellem Bladgrøntets Absorptionsforhold og Farvestraalernes Virkning. Pringsheims hele Lære er nu uholdbar.

Mange Stoffer omdannes ved at udsættes for Lyset, saaledes bl. a. flere Sølvsalte (Fotografi). Kun de Straaler, som absorberes af saadanne Stoffer, fremkalde i disse de paagjældende Omdannelser. Lyset behøver dog ikke at absorberes af selve de Forbindelser, der skulle omdannes; det kan absorberes ved Hjælp af de tilblandede Farvestoffer. Saaledes kan man reducere Sølvsalte ved Hjælp af de røde Lysstraaler, som ellers ingen Virkning udøve paa dem, naar man blander disse Salte godt med et Farvestof, som absorberer rødt Lys, f. Ex. Bladgrønt. Dette sidste indsuger da de røde Straaler, hvis Kraft det overfører paa Sølvsaltene, der altsaa ved Bladgrøntet gjøres modtagelige, »følsomme« for rødt Lys. Man siger, at Bladgrøntet her virker som »Sensibilator«. I Planten har Bladgrøntet vel en tilsvarende Rolle: at gjøre de med Farvestoffet gennemtrængte Dele af Celleslimen modtagelige for Lysets Kraft. Vi kunne dog ikke gaa videre ind paa dette vanskelige Spørgsmaal. Her skal endnu blot anføres, at en stadig Omdannelse og Nydannelse af Farvestoffet er sandsynlig.

Sammenfattes nu det Meddelte, saa maa det først siges, at naar Læren om Lysets Forhold ved Kulsyre-

assimilationen har gjort vigtige Fremskridt i de sidste Par Aar, saa skyldes dette i første Linie Professor Engelmänn i Utrecht. Vore nuværende Opfattelser kunne udtrykkes i disse Sætninger:

1. Uden Lys kan Planten ikke assimilere Kulsyre.
2. Bladgrønt, eller hos visse Alger et tilsvarende Farvestof, er nødvendigt, for at Lyset kan fremkalde en saadan Assimilation.
3. Lyset virker kun gavnlig, indtil det naaer en vis Styrke, forskjellig for forskjellige Planter. Udover denne Styrkegrad forøger Lyset ikke Iltudskilningen, men denne aftager, idet Belysningen efterhaanden virker skadelig paa Planten.
4. Af Sollysets forskjellige Straaler virke kun »Farvestraalerne«.
5. Iltudskilningens Størrelse i de forskjellige Straaler er afhængig af (deres levende Kraft og at) det paagjældende Farvestofs Evne til at absorbere dem. Jo stærkere en Straaleart absorberes, jo stærkere virker den*).
6. Farvestoffet gjør de farvede Dele af Celleslimen modtagelig for Lysets Kraft, der anvendes til Kulsyrens (og Vandets) Omdannelse til »organisk« Stof.
7. Denne Omdannelse er en »Opbygningsproces«, en Livsytring, hvorved den farvede Organisme forøger sit

*) Det er klart, at i et Bladgrøntlegeme, tilstrækkelig stort til at absorbere alt det derpaa faldende Lys, ville (forudsat, at Lyset udelukkende anvendes til Kulsyreassimilation) de forskjellige Straalearters Virkning alene afhænge af deres Energi (Kraftmængde) uden Hensyn til »fortrinsvis« Absorption. Større Objekter vise ogsaa Antydninger heraf (sml. Botan. Zeitung. 1882. S. 426). I svagt Lys vil dette Forhold faa særlig Betydning. — Ogsaa dette Forhold viser, hvor indviklet hele Sagen er, og kan maaske tildels forklare nogle Uoverensstemmelser mellem Forsøgene.

Næringsforraad; Lysets levende Kraft omdannes derved til Spændkraft.

Om Bladenes Bygning.

Hos de højere Planter findes Bladgrøntet stedse bundet til smaa, rundagtige, linseformede eller mangedekantede og flade Dele af Celleslimen. Disse farvede Dele kaldes Bladgrøntlegemerne. De ere skarpt afgrænsede mod den øvrige Celleslim, af hvilken de altid synes omgivne. De ligge nær op til Cellevæggen og danne et enkelt Lag; snart ere de stillede tættere sammen, snart fjærnere fra hverandre. Kun hos visse lave Alger er Farvestoffet fordelt jævnt over den største Del af Celleslimen; andre have kun et eller faa, men store Bladgrøntlegemer af forskjellig Form hos forskjellige Arter. I det Følgende holde vi os især til højere Planter. Hos disse er det Løvbladenes Forretning at besørge Kulsyreassimilationen, idet de tage Kulsyren direkte fra Luften.

Engelmann paaviste ved sin Bakteriemethode (sml. S. 479), at kun selve Bladgrøntlegemerne, eller Brudstykker deraf, udskille Ilt, medens den øvrige Celleslim ikke har Evne dertil. Bladgrøntlegemerne ere saaledes de egentlige Organer for Kulsyreassimilationen. Hver Kulsyre assimilerende Celle indeholder, som vi saa, talrige saadanne «Elementarorganer», som det gjælder at lade arbejde paa den gunstigste Maade. For at udnytte Lyset saa meget som muligt, er en stor Fladeudstrækning naturligvis formaalstjenlig. Da Løvbladene endvidere, foruden Kulsyreassimilationen, have den Opgave at fordampe Vand og lette Plantens Forsyning med Luft, saa kan det ikke undre, at de som Regel have en i Forhold til Massen meget betydelig Overflade. Planter, der ere afpassede til at udholde meget tørre Perioder, eller som voxe i tør, stenet Jordbund, have dog ofte kjødede, tykhudede Blade (eller tilsvarende Organer), f. Ex. Aloer, Kaktusplanter o. s. v., hos os Stenurtfamilien. Her forklares den afvigende Bygning af Nødvendigheden af at hæmme Fordampningen.

De simpleste Blade, saaledes som de findes hos de fleste Mosplanter, bestaa — bortset fra Nerven — kun af et enkelt Lag Celler, som alle føre Bladgrønt. Den ofte nævnte Vandpest o. fl. a. have to Lag Celler i deres Blade. Hos Blomsterplanterne findes dog sædvanlig flere Cellerlag i Bladene, og disse have paa begge Sider en Overhud, et bladgrøntløst Cellerlag med mere eller mindre tykke Vægge.

Det fuldkomne Blads*) Plade bestaaer af følgende Dele (sml. Fig. 2). Overhuden, der alene eller dog fortrinsvis paa Undersiden har smaa Aabninger, Spalteaabninger. (Dette gjælder Landplanterne; hos Blade, der svømme paa Vand, har Oversiden alene Spalteaabninger.

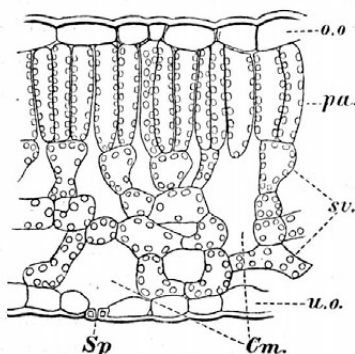


Fig. 2. (Brudstykke efter Strasburger) Tværnsnit af et Bøgeblad, et Stykke mellem to Nervegrene. o. o. Oversidens Overhud. pa. Palissade-cellerne, her eet Lag. sv. det svampede Væv. u. o. Undersidens Overhud. Sp. Spalteaabning. Cm. Celle-Mellemrum. De smaa runde Korn i Cellerne ere Bladgrøntlegemer.

Planter, der leve helt under Vand, have ingen). Overhuden er bladgrøntfri, undtagen i de anderledes formede »Lukkeceller« eller »Læbeceller«, mellem hvilke Spalteaabningerne findes. Indenfor Overhuden findes Grundvævet, der fører Bladgrønt. De nærmest Oversiden værende Celler ere temmelig cylindriske, og strakte lodret paa Bladets Flade. De kaldes efter deres Form og Ordning »Palissade-cellerne«. Palissadevævet har, hvor det er mest typisk udviklet, meget smalle og kun smaa Celle-Mellemrum (sml. Fig. 4).

*) I Warmings Lærebog i almindelig Botanik, der sikkert er de fleste Læsere bekendt, maa flere i denne Skildring ikke medtagne Enkeltheder søges.

Saadanne findes derimod store og talrige i det svampede Væv, Grundvævets mod Undersiden liggende Celler. Celle-Mellemrummene staa i Forbindelse med Spalteaabningerne og tillige med Luftgangene i Stængelen; Planten har saaledes et helt Luftkanal-System, der fuldstændiggøres ved de saakaldte Barkporer o. s. v. Det svampede Vævs Celler ere uregelmæssige og grenede (sml. ogsaa Fig. 7), samt ikke saa høje som Palissadecellerne; de ere strakte parallelt med Bladets Flade. Gjennem Grundvævet løbe Nerverne, stærkt forgrenede, fra Stængelen gennem Bladstilken kommende Strænge, hvis Hovedbestanddele ere forskellige Kar og langstrakte, ofte tykvæggede Celler. Disse Strænge, der, naar et Blad raadner, blive tilbage som et helt Nætværk, bidrage meget til at give Bladet den fornødne Fasthed; de have ogsaa den vigtige Forretning at lede Vand ud til Grundvævet samt at føre de ved Kulsyreassimilationen vundne Stoffer fra Bladene til Stængelen. Ved denne Transport medvirke i høj Grad visse umiddelbart omkring Nerverne liggende tyndvæggede, ugrenede Celler.

Mellem Bladenes Overside og Underside findes ikke altid den nys skildrede Forskjel; hos mange Blade (f. Ex. Græssernes), der stedse eller i en lang Periode staa mere eller mindre lodret, ere begge Sider meget nær ens byggede. Fysiologisk talt findes her ingen Over- eller Underside, eller, som vi ogsaa kunne kalde dem »Lysside« og »Skyggeside«. Som Regel er imidlertid Forskjellen saa tydelig, at den sees med blotte Øjne: Lyssiden (Oversiden) er mere eller mindre blank og mørkere grøn, Skyggesiden (Undersiden) mat og blegere. Dette har sin Grund dels i Skyggesidens talrige Spalteaabninger og store Celle-Mellemrum, dels deri, at Bladgrøntlegemerne findes i langt større Mængde i Palissadecellerne end i det svampede Vævs Celler. Hos mange Blade giver desuden en rigere eller fattigere Haarbeklædning Skyggesiden et meget lyst, indtil hvidligt Udseende, medens Oversidens Cellevægge ere glatte og næsten se ud som ferniserede.

Drejes et ikke for gammelt Blad, saa at Skyggesiden viser opad, saa vil det efter kort Tids Forløb atter have bøjet sig saaledes, at Lyssiden atter vender i Vejret. Heri, ligesom overhovedet i den omtalte Forskjel mellem de to Sider, se vi en Tilpasning efter Belysningens Retning og Styrke. Vi komme senere tilbage hertil.

Spalteaabningerne og Celle-Mellemrummene synes ikke at have nogen umiddelbar Betydning ved Kulsyreassimilationen. Dette slutter Boussingault af et Forsøg, ved hvilket Undersiden af et Blad (Nerium) indsmurtes med Svinefedt, saa at Spalteaabningerne, der her ligge i smaa Gruber, tilstoppedes. Denne Behandling var uden Indflydelse paa Iltudskilningen. Kulsyren kan sikkert ogsaa med tilstrækkelig Lethed trænge ind gennem Bladenes Overhud. Spalteaabningerne staa derimod navnlig i Vandfordampningens Tjeneste; hvilket ogsaa viser sig deri, at disse Aabninger lukke sig ved indtrædende Tørke. Denne Lukning skeer, idet Lukkecellerne begynde at indskrumpe ved Mangel paa Vand, rent mekanisk som en Følge af disse Cellers ejendommelige Vægbygning. Schwendener har paavist dette og meget smukt anskueliggjort Forholdet ved Hjælp af Guttaperkamodeller, byggede paa lignende Maade som disse Celler.

Efter Schwendeners vigtige Arbejder om Planternes »mekaniske System«^{*)} har der ogsaa i Plantefysiologien dannet sig en »ny Retning«, der især repræsenteres af Schwendeners talrige Elever. Retningen karakteriseres tildels ved den Opfattelse, at Cellernes og Vævenes Bygning er formaalstjenlig, svarer til Cellernes fysiologiske Virksomhed, og at man derfor af Bygningen kan slutte sig til Virksomheden. Den nævnte Retning viser

^{*)} D. e. de Cellegrupper og Væv, der give Planteorganerne den nødvendige Styrke, Fasthed og Bøielighed — kort sagt: Planternes Skelet. I det desværre ophørte »Tidsskrift for populære Fremstillinger af Naturvidenskaben«, 30te Bd. 1883, gjengives et af Professor Warming herom holdt Foredrag, der meget anbefales til Læserne af »plantefys. Medd.«

ogsaa en anden Tilbøjelighed. Gaaende ud fra »Arbejdsdelingens« bekjendte Princip, søger især Haberlandt at henvise de forskjellige fysiologiske Processer hver til sin særlige Celle- eller Vævsart. I denne Bestræbelse er der meget berettiget, og den kan sikkert hjælpe meget til en rigtig Forstaaelse af Organismernes Virksomhed. Imidlertid bør man dog undlade at konstruere nye fysiologiske Læresætninger med Tilsidesættelse af Forsøg og uden at benytte den foreliggende fysiologiske Litteratur.

Haberlandt, der bl. a. har beskæftiget sig meget med Bladenes Bygning, og herom meddelt mange interessante Forhold, er ikke fri for slige Fejl. Derfor maa hans fysiologiske Angivelser, der ofte have Karakter af rene Paastande, gennemgaaende optages med et vist Forbehold, selv om de lyde meget sandsynlig og ere godt »opstillede«. Efter Haberlandts Mening ere Palissadecellerne de egentlige, typiske Kulsyreassimilations-Organer det svampede Væv forarbejder vel ogsaa Kulsyre i betydelig Mængde, men dets »Hovedfunktion« skal her være at bortlede de navnlig ved Palissadernes Virksomhed dannede Stoffer til de omkring Nerverne liggende Celler, i hvilke de føres videre til Stængelen.

Denne Anskuelse er alene dannet ved Betragtning af Bladenes Bygning, der ogsaa som Regel svarer til det Meddelte. Palissadesiden indeholder saaledes indtil 4—5 Gange saa mange Bladgrøntlegemer som det svampede Væv. (Dette gjælder dog kun Blade, der ere udviklede i kraftig Belysning, hos Skyggeplanter er Forholdet derimod langt fra altid saaledes, sml. nedenfor S. 495). Palissadecellerne ere byggede og ordnede saaledes, at det ovenfra kommende Lys kan naa saa langt som muligt ned i Bladet, væsentlig kun svækket ved Bladgrøntets Absorption. Dette er opnaaet ved deres langstrakte Form (sml. Fig. 2, ogsaa Fig. 4); Tværvægge vilde derimod være til Hinder for Gjennembelysningen. Plads til Palissadevævets talrige Bladgrøntlegemer er, i Overensstemmelse hermed, skaffet derved, at de enkelte Celler ere meget smalle. I

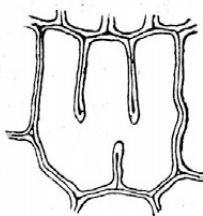


Fig. 3. Armpalisadeceller af Østerigsk Fyr. (Brudstykke efter Haberlandt). Kun Væggene ere tegnede.

flere Planters Palissadevæv opnaaes paa en anden Maade en Forøgelse af den med Bladgrøntlegemer belagte Flade. Her ere nemlig de enkelte Celler brede, men have lodrette Folder eller Indbugtninger i Væggen. Ved disse Folder opnaaes det samme som ved et større Antal Cellevægge, og her hindres ej heller Gjennembelysningen. Saadanne Celler kaldes »Armpalissadeceller« (Fig. 3).

Fine Celle-Mellemrum løbe op imellem Palissaderne, hvorved Luftfornyelsen lettes noget. Disse luftfyldte Mellemrum maa imidlertid ogsaa bevirke, at de Stoffer, som skulle føres bort fra Palissadevævet, hindres i at udbrede sig til Siden, men tvinges ad den korteste Vej bort, nemlig lige lodret ned i det svampede Vævs Celler. Det gjælder nemlig at fjerne de vundne Stoffer hurtig, da Kulsyreassimilationen hæmmes ved Ophobningen af dens egne Produkter*). Ogsaa her, ligesom med Hensyn til Gjennembelysningen, er Palissadernes langstrakte Form heldig; Tværvægge vilde hindre noget.

Fig. 2 viser et hyppigt, især hos ikke for stærkt belyste Blade, forekommende Forhold. Palissaderne sidde her gruppevis paa »Samleceller«, som Haberlandt kalder disse Celler, der danne en Overgangsform til det svampede Væv. Gjennem Samlecellerne føres Stofferne ned i det svampede Væv. Dette sidste har, foruden sin Opgave at lede Stofferne videre, især ogsaa den Forretning at fordampe Vand, at være Plantens Transpirationsvæv. Hertil gjøre Spalteaabningerne og de store Celle-Mellemrum det særlig skikket.

*) Dette kan med nogen Omtanke udledes af en Række Forsøg af Boussingault, hvad Haberlandt, der intet Bevis leverer, men nøjes med almene Betragtninger, har overseet.

Alle de skildrede Bygningsforhold tyde ganske vist paa en Berettigelse af Haberlandts Anskuelse. Selv har han dog ikke anstillet Forsøg. Boussingault har derimod allerede i 1866 foretaget saadanne; mærkelig nok synes Haberlandt heller ikke at kjende disse; han nævner dem i alt Fald ikke, skjøndt de tilsyneladende bekræfte hans Formodninger. At Sagen ikke er saa ganske simpel, skulle vi senere se.

Boussingault kom til det Resultat, at Bladenes Overside i stærkest Grad forarbejder Kulsyren. Han beklæbede med sort, uigjennemsigtigt Papir snart den ene, snart den anden Side af saa vidt muligt ens Blade. Saaledes hindredes Lyset i direkte at paavirke den bedækkede Side. Med Stivelseklister bleve andre Blade parvis klæbede sammen, hvorved man kunde sammenligne Bladpar, der havde begge Oversider fri eller begge Undersider fri eller endelig fremviste een Over- og een Underside, altsaa nærmest lignede et naturligt Blad.

Det viste sig da, at i Sollyset udskilte de Blade, hvis Oversider vare udsatte for Lysets Paavirkning, indtil fire Gange saa megen Ilt som de Blade, hvis Undersider bleve belyste. I spredt Dagslys var Forskjellen sædvanlig kun ringere. Disse Resultater gjælde for sværere Blade (f. Ex. Nerium o. a), samt for saadanne tynde Blade, hvis Underside er haaret og hvidlig (f. Ex. Hindbærblade, Poppel). Derimod fandtes hos de mere gjennemsigtige, tynde Blade (f. Ex. Hestekastanie) ingen eller kun ringe Forskjel. Dette har vel sin Grund dels deri, at Lyset hos de sidstnævnte Blade kan paavirke alle Bladkjødets Celler tilstrækkelig, selv om det kun trænger ind fra en Side, samt vel især deri, at Lyset kan trænge lige let ind fra begge Bladets Sider, og derfor virker ens, fra hvad Side det end kommer. Hos de tykkere, paa Oversiden sædvanlig meget blanke Blade, ere Forholdene ikke saaledes; der trænger Lyset lettere ind fra Oversiden. Den ringe Iltudskilning fra de tynde, men paa Undersiden haarede Blade, naar de belyses fra den hvidlige Side, for-

klares ligeledes naturligt ved den store Svækkelse, som Lyset lider ved at passere Haarlaget. Som allerede ovenfor nævnt, ere Haardannelser jo ogsaa særdeles ofte Beskyttelsesmidler mod for stærk Belysning. — Vi se altsaa, at Boussingaults Forsøg i Grunden slet intet sige om de to Bladsiders Delagtighed i Kulsyreassimilationen.

Areschoug i Lund meddelte paa Naturforskermødet i Stockholm 1880 vigtige Iagttagelser om Klimaets Indflydelse paa Bladenes indre Bygning. Denne Indflydelse er meget betydelig. Planter, der leve udsatte enten for stærk Hede eller stærk Kulde samt Tørke, udvikle sædvanlig meget stærkt deres Blades Palissadeceller. Hos Planter, der høre hjemme paa fugtige, mere jævnt varme Steder, f. Ex., i Skove baade hos os og i varme Lande, naa Palissadecellerne langt fra saa stor en Udvikling som hos det svampede Væv. Areschoug skildrer mange forskellige Midler, ved hvilke Planterne beskytte sig mod uheldige klimatiske Forhold, og faaer ved Betragtning af alt dette den Anskuelse, at Palissadecellerne ere fremkomne, hvor Vandfordampningen skal hæmmes, altsaa just paa tørre, solhede Steder. Det svampede Væv, som paa Grund af sin løse Bygning begunstiger Fordampningen, er derimod afpasset efter fugtige Forhold. Vi se, at denne Forklaring af Bladets Bygning afviger en Del fra Haberlandts, og tillige, at Fugtigheds- og Temperaturforholdene i høj Grad have bestemt Forskjellighederne mellem Bladenes indre Bygning.

Stahl og flere andre have (1880—84) fundet, at ogsaa Belysningsforholdene have en ganske lignende, meget betydelig Indflydelse. Endog samme Planteart kan have helt forskjellig byggede Blade, eftersom den under Udviklingen er udsat for stærk eller svag Belysning. Ja, selv paa samme Træ kan der være stor Forskel mellem Blade fra Kronens solbelyste Del og fra dybere, beskyttede Grene. Et af de smukkeste Exempler herpaa er vor almindelige Rødbøg. Fig. 4 viser et Tværnsnit af et i stærkt Lys udviklet Bøgeblad, et »Solblad«; Fig. 5 gjengiver Tværnittet

af et »Skyggeblad«, begge ved samme Forstørrelse. Forskjellen er i Øjne faldende. Solbladet er meget sværere og kraftigere bygget; dets Overhud, især paa Oversiden, bestaaer af tykvæggede Celler, medens Skyggebladet har en tyndvægget Hud. Mest paafaldende er dog Palissadevævet's mægtige Udvikling hos Solbladet, der har 2 à 3 Lag, og endog kan have palissade-

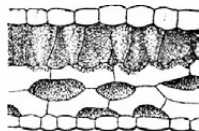
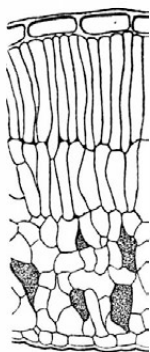


Fig. 4 og 5. Tværnsnit af Bøgeblade, Brudstykker. Efter Stahl. Fig. 4 »Solblad«, Fig. 5 »Skyggeblad«. Kun Væggene ere tegnede.

agtige Celler paa Undersiden, medens Skyggebladets enkelte Palissadelag knap nok fortjener denne Betegnelse. Cellerne her ere tragtformede, korte, løst forbundne og have meget store Celle-Mellemrum. De have færre Bladgrøntlegemer end sædvanlige Palissadeceller og ligne saaledes i flere Henseender det svampede Væv. Skyggebladene have fremdeles en meget større Overflade end Solbladene — indtil dobbelt saa stor. De vende stedse Fladen mod det svage Lys, de ere udsatte for, idet de søge at udnytte det paa bedste Maade, medens Solbladene sædvanlig stille sig mere eller mindre skraat, ja undertiden helt paa Kant, ligesom for at hindre det stærke Lys i skadelig Virkning.

Der findes mange Mellemformer og jævne Overgange mellem disse to skildrede Typer, saaledes staaer f. Ex. Fig. 2 (noget stærkere forstørret end Fig. 4 og 5) nær Skyggebladet, medens Warmings Billede af et Bøgeblad (Fig. 128 i den S. 20 nævnte Lærebog) mere nærmer sig Solbladets Form.

Tilpasningsevne efter vexlende ydre Forhold findes hos særdeles mange Væxter. Imidlertid ere dog langt fra alle Planteorganer i saa høj Grad som Bøgens Blade i Stand til at variere deres Bygning efter Omstændighederne. Talrige, vel maaske de fleste højere Planters Blade ere nu engang afpassede efter bestemte, mere ensartede ydre Forhold. Deres Udviklingsmaade maa antages at være bleven mere eller mindre »fast«, arvelig, efter at utallige Slægtled have levet under samme Betingelser. Man siger, at saadanne Planter, hos hvilke Arveligheden i høj Grad overvejer det enkelte Individ's Tilpasningsevne, ere mindre »plastiske«, mindre »føjelige«. At en større eller mindre Tilpasningsevne spiller en stor Rolle ved Akklimatisation af Kulturplanter fra andre Klimater er indlysende. — Som Exempler paa lidet plastiske Planter med Hensyn til Belysningsforholdene kan Egen nævnes; den er meget fordringsfuld, en ægte »Lysplante«. Skovsyren derimod er en typisk »Skyggeplante«, hvis Blades Palissadeceller (om man kan kalde dem saa) minde om dem i Fig. 5, selv om de udvikles i Sollys. Herved gaaer imidlertid Planten hurtig til Grunde. At Bøgen i vore Skove saa sejrrig har bekæmpet Egen, beroer paa dens Evne til at afpasse sig baade efter Lys og Skygge.

Forøges Vandfordampningen for stærkt hos en Plante, vil den let visne og dø. Derfor kunne Blade, hvis svampede Væv er stærkt udviklet (Skyggeplanter), ikke taale stærkt Sollys, Hede og Tørke; thi disse Faktorer forøge hver især Fordampningen, der tilmed begunstiges af slige Blades løse Bygning. Derimod trives de tættere byggede Solblade just godt under slige Forhold. Omvendt er i Skyggen, hvor der sædvanlig ogsaa findes Fugtighed og Kølighed, et vel udviklet svampet Væv nødvendigt for at fremkalde en for Plantens normale Trivsel tilstrækkelig Fordampning. Jo større Overflade et Blad har, desto stærkere bliver Fordampningen, og ligeledes vil en tyndvægget Overhud begunstige, en tykvægget, som Solbladenes, hæmme Fordampningen. — Vi se altssa, at Areschongs

Opfattelse (S. 26) særdeles godt forenes med, eller vel rettere supplerer, Stahls ovenfor meddelte Iagttagelser.

Vesque fik lignende Resultater og fremhæver slige Undersøgelers praktiske Betydning for Dyrkning af Grøntsager. I Skygge og Fugtighed blive disse sikkert mere møre (fine i Bygning) end i stærk Belysning og tør Luft.

Men ikke alene med Hensyn til Fordampningen, ogsaa med Hensyn til Kulsyreassimilationen, som vi her særlig have for Øje, ere de to Bladformer formaalstjenlig indrettede. For at gjøre dette forstaaeligt, maa nogle flere Enkeltheder anføres. Borodin og andre have paavist, at Bladgrøntlegemerne hos mange simpelt byggede Blade, ved vexlende Belysning, kunne forandre deres Plads i Cellerne. Stahl har nærmere undersøgt Forholdene, der ere anskueliggjorte ved Figurene 6—7. Ved svag Belysning stille Bladgrøntlegemerne sig med Fladen mod Lyset (Fig. 6 A.).

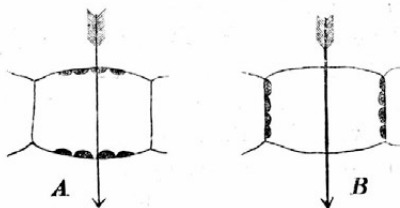


Fig. 6.

Naaer Belysningen derimod en vis Styrke, ville de vende den smalle Side til. (Fig. 6 B.). For at dette kan ske, forandres deres Plads i Cellen, idet de glide langs Celleræggene. Fig. 6 er et Skema for de to Stillinger, A. svagt belyst: Fladestilling, B. stærkt belyst: Profilstilling. Fig. 7 viser det samme Forhold, som det sees, naar man betragter de paagjældende Celler i samme Retning som Belysningens. Ved disse Bladgrøntlegemernes Bevægelser forklares det, at Blade ofte ved Belysning blive blegere. Navnlig hos Hylden kan dette Forhold let iagttages.

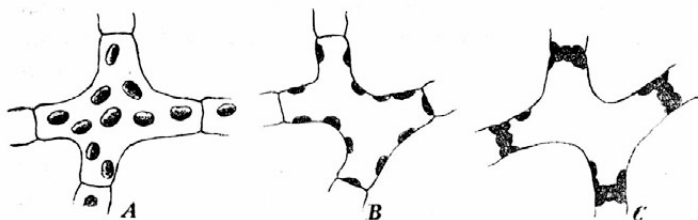


Fig. 7. Efter Stahl. Tre Celler af Skovsyrens Bladjød, sete ovenfra, stærkt forstørrede. A. svagt belyst; B. stærkt belyst; C. en inogen Tid stærkt belyst Celle. I denne have Bladgrøntlegemerne efterhaanden ophobet sig i Hjørnerne.

Det svampede Vævs Celler have slige bevægelige Bladgrøntlegemer; derimod ikke de typisk udviklede Palissadeceller. Disses Bladgrøntlegemers store Antal vilde alene være en Hindring; der er jo ikke Plads til dem paa Cellernes smaa Tværvægge. Skyggebladernes afvigende byggede, tragtformede Palissader have dog mere eller mindre bevægelige Bladgrøntlegemer, ogsaa i dette Forhold nærmere de sig det svampede Væv. Ganske ufor-



Fig. 8. Efter Stahl. To Palissadeceller i Tværsnit; sete fra oven. Stærkt forstørrede. A. svagt belyst ovenfra: Bladgrøntlegemerne udbugede; B. stærkt belyst: Bladgrøntlegemerne pressede tæt op til Væggen.

anderlige ere dog de ægte Palissadecellers Bladgrøntlegemer ikke; i stærk Belysning lægge de sig tæt op til Væggen, i svagt Lys buge de sig ud derfra (Fig. 8). Disse Formforandringer svare vel til de nys omtalte Stillingsforandringer hos det svampede Væv; men hos dette opnaaes det dog langt fuldkommere for Bladgrøntlegemerne at byde det svage Lys en stor Overflade.

Stahl mener nu, at de ægte Palissadeceller, hvis Bladgrøntlegemer stedse have en kun lidet foranderlig Profilstilling, ere særlig indrettede til i stærk Belysning at assimilere Kulsyre, og at dette (selv bortset fra Vandfordampningen) ikke alene gjør Solbladernes stærke Udvikling af Palissadeceller formaalstjenlig, men ogsaa forklarer den Nytte, som Bladet i Almindelighed har af at udvikle Palissader paa Oversiden. Det svampede Væv, med dets Cellers bevægelige Bladgrøntlegemer, egner sig derimod til at arbejde i dæmpet Belysning; thi her kunne Bladgrøntlegemerne byde det svage Lys den største Overflade og saaledes drage al mulig Nytte deraf. Vi se her ogsaa det hensigtssvarende deri, at Skyggebladernes Bygning i meget ligner Bladundersidens.

Denne Stahls Opfattelse er meget interessant, og vi kunne fuldt ud slutte os til den. Tages nemlig Engelmans Resultater angaaende Forholdet mellem Lysabsorption og Iltudskilning i Betragtning, saa føres vi, idet et givet Bladgrøntlegeme i et givet Øjeblik ikke kan assimilere ud over en vis Mængde Kulsyre, til den Slutning, at under ellers ens Betingelser og ved tilstrækkelig stærk, men dog uskadelig Belysning og Kulsyretilførsel, maa en Celles Kulsyreassimilation (naar den foregaaer ubæmmet af ophobede Ass-Produkter være ligefrem proportionel med dens Bladgrøntmængde*). Af denne Grund ville utvivlsomt Palissadecellerne i tilstrækkelig stærk Belysning i et givet Øjeblik assimilere langt mere Kulsyre end det svampede Væv. Aftager Belysningen, saaledes at Bladgrøntlegemerne ikke faa saa meget Lys, som de ere i Stand til at udnytte, da kan Kulsyreassimilationen naturligvis ikke mere være proportional med Farvestofmængden; men retter sig

*) Saaledes tydes ogsaa bedst Reinkes Forsøgsresultater (sml. S. 472). Saa længe de stærke Belysninger ikke skade, bestemmes Iltudskilningen af Bladgrøntmængden, der i de korte Forsøgstider næppe forandres.

i høj Grad efter Lysstyrken. En mindre bladgrøntrig Celle kan under saadanne Forhold udskille indtil lige saa megen Ilt som en stærkt farvet. Synker Belysningen ned under en vis Styrke, maa Størrelsen af den Overflade, som Bladgrøntlegemerne vende imod Lyset, spille Hovedrollen. Saaledes vil en Celle, selv med faa og blege Bladgrøntlegemer, naar disse blot ere i Stand til at byde det svage Lys en stor Flade (»Fladestillingen« hos det svampede Vævs Celler), kunne forarbejde endog mere Kulsyre end en bladgrøntrig Celle, hvis Farvestoflegemer ere ugunstig lejrede (Palissadecellerne, med deres bestandige »Profilstilling«). I stærke Belysninger kan dette dog aldrig være Tilfældet; her bliver, som sagt, Bladgrøntmængden det afgjørende (Anm. III). Ved disse Betragtninger vinde Stahls Anskuelser i Sandsynlighed; og derfor kunne vi med ham sige: Palissadecellerne ere de for stærke Belysninger, det svampede Vævs Celler de for svage Belysninger bedst afpassede Celleformer.

Af det Meddelte sees tydelig, hvor indviklet hele Spørgsmaalet om »Lysstyrkens Indflydelse« er, og tillige, at Haberlandts ovenfor omtalte Anskuelse, at Palissadecellerne ere de »typiske Kulsyreassimilationsorganer«, er lidt ensidig. Den kan gjælde for de højere Planters »Solblade« og for »Lysplanter« i det Hele, for saa vidt de overhovedet udvikle Palissadeceller. Haberlandt har Ret deri, at hos de bedst organiserede Lysplanters Blade har det svampede Væv, ved Siden af sin forholdsvis ringe Kulsyreassimilation, især den Forretning at være »Aflægningsvæv«, endvidere »Fordampningsvæv« og endelig, hvad navnlig Dehneke har betonet, er det et midlertidigt Opbevaringssted for de ved Palissadernes kraftige Arbejde vundne Stoffer. Naar disse Stoffer ikke hurtig nok kunne fjernes fra Bladene, dannes betydelige Stivelsemængder især i det svampede Vævs Bladgrøntlegemer. Denne Stivelse forsvinder atter i Løbet af Natten; thi Kulsyreassimilationen er da standset, medens Stofvandringen fra Bladene stadig fortsættes. Stivelsekornenes Dannelse skyldes

saaledes Virksomheden i Palissadecellerne. Disses Bladgrøntlegemer synes derimod ikke selv at kunne danne videre store Stivelsekorn i deres Indre — de ere næsten udelukkende afpassede til selve Bearbejdelsen af Kul-syre (»assimilerende Bladgrøntlegemer«), medens det svampede Vævs Bladgrøntlegemer især bygge Stivelsekorn af det tilførte Materiale (»organisierende Bladgrøntlegemer«). Saaledes hos de højst organiserede Lysplanter; hos Skyggeplanterne og simple byggede Blade findes derimod ikke en saa udpræget Arbejdets Deling.

Dette Tillæg om Bladets Bygning og dets Vævs Funktioner har langt fra skullet være en udtømmende Skildring; talrige, mere og mindre vigtige Spørgsmaal, Enkeltheder og Afvigelser bleve ikke omtalte. — Hensigten dermed var kun denne: at give en Skitse af Bladets, dette for Agerdyrkningen saa vigtige Værksteds Bygning, og tillige at gjøre anskueligt, hvorledes selv de »simple« grønne Blade ere Exempler paa den — man tør vel sige vidunderlige — Harmoni og Formaalstjenlighed, der overalt træder os imøde i den levende Natur.

Anmærkninger *).

I. Til Side 470. Karakteristisk for Kulsyreassimilationen er en Kulstof-Tilvæxt; men ikke, som det næsten altid siges, en »Tørstof-Tilvæxt«. Selvfølgelig skyldes den grønne Planter Tørstofmængde for den allerstørste Del Kul-syrens og Vandets vistnok samtidige Assimilation, men derfor er Tørstof-Tilvæksten dog ikke noget paalideligt Maal for Kulsyreassimilation $\div$ »Aandedrætsstab«. Der skeer i Planten flere Omdannelsesprocesser, med hvilke der er forbundet en Tørstof-Tilvæxt. Eksempelvis kan nævnes Stivelsens Omdannelse til Sukker (Vand bindes), og Fedtstoffers Omdannelse til Kulhydrater (Ilt bindes). Den udskilte Iltmængde er intet absolut Maal for Kulsyreassimilationens Styrke. Naturligvis maa ogsaa den Iltmængde medregnes, der optages ved det

*) Her meddeles Læsere, der ønske nærmere Oplysninger, et Par Bemærkninger, som, indarbejdede i Texten, vilde kræve en altfor stor Plads.

samtidige »Aandedræt«. En ringe Kulsyreassimilation ytrer sig kun ved en tilsyneladende Formindskelse af Iltoptagelsen. I Teksten er der seet bort fra disse Forhold.

Med Hensyn til andre kemiske Spørgsmaal ved Kulsyreassimilationen henvises til Tidsskrift f. pop. Fremstillinger af Naturvidenskaben for 1883.

II. Til Side 483. Engelmanns Methode har flere Fordele fremfor de andre, ved hvilke den udskilte Iltmængde eller den forbrugte Kulsyremængde maales. Ved disse Undersøgelser maa »Aandedrættet« tages med i Beregning, da naturligvis ellers smaa Værdier findes for lave, store forholdsvis for høje. — Derved, at Engelmann gjør Iltudskilningen saa forsvindende, at den kan sættes = 0, faaes et Stadium, hvor Kulsyreassimilationen just opvejes af »Aandedrættet«, der her tør forudsættes at være upaavirket af de smaa Belysningsforskelligheder. Spaltens forskellige Brede udtrykker da umiddelbart (omvendt) Forholdet mellem de paagældende Straalers Virksomhed. Dette har navnlig Betydning ved Beregning af de i det prismatiske Spektrum fundne Værdier for Diffractionsspektret. Endvidere behøves ved Methoden intet Hensyn til Lysstyrkens Indflydelse.

Engelmanns Resultaters Rigtighed vinder i Sandsynlighed maaske allermest derved, at hans Beregninger af Farvestraalernes relative Energi — udførte efter Bestemmelsen af Straalernes »Assimilationsværdi« og deres Absorptionskoefficienter for de forskellige Farvestoflegemer, og med den Forudsætning, at det i Farvestoflegemet absorberede Lys alene virker i K-Assimilationens Tjeneste, — vise god Overensstemmelse med de Værdier, som Fysikere paa forskellige Maader have fundet. Denne mærkelige Overensstemmelse støtter omvendt paa en vis Maade den forudsatte Antagelse, at alt det i Farvestoflegemerne absorberede Lys virker ved K-Ass.

III. Til Side 500. Derfor maa Famintzins og Reinkes Anskuelse, at den af F. oftere fundne Nedgang i Kulsyreassimilationen ved stærk Belysning (saml. S. 471) skyldes Bladgrøntlegemernes Stillingsforandringer, optages med Forbehold. En »skadelig« Virkning af stærk Belysning (maaske en delvis Blegning) turde være sandsynligere.

At Boussingault i spredt Dagslys sædvanlig fandt en ringere Forskjel end i direkte Sol-Belysning, mellem de ved Paavirkning af Over- resp. Underside udskilte Iltmængder (sml. Side 493), kan derimod snarere bringes i Forbindelse med Stillingsforandringerne.