

Forsøgsberetning  
116.

Beretning Nr. 116.

POUL LARSEN:

REGENERERENDE KULSYREASSIMILATION  
HOS ASKÉGRENE  
(REGENERIERENDE KOHLENSÄUREASSIMILATION  
BEI ESCHENÄSTEN).

(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, XIV).  
MCMXXXVI

# REGENERERENDE KULSYRE- ASSIMILATION HOS ASKEGRENE

AF

POUL LARSEN

## *I. Indledning. Forsøgsmateriale.*

I Det forstlige Forsøgsvæsens Meddelelser er der af BOYSEN JENSEN og MÜLLER, 1927, og BOYSEN JENSEN, 1930, offentliggjort nogle Stofproduktionsberegninger for Prøveflader i yngre Bevoksninger af Ask og Bøg. I disse Beregninger indgaar de paagældende Træers Stoftab ved Respirationen i de i Modsætning til Bladene »uproduktive« Organer, Grene og Stammer. Dette Stoftab er kalkuleret paa Grundlag af Forsøg, ved hvilke de paagældende Organer holdtes i Mørke, medens deres Kulsyreudskilning maalttes. Den deraf beregnede Respirationsintensitet i mg Kulsyre udskilt pr. 100 g Friskvægt pr. Time multipliceredes med 24 for at give Respirationen i et Døgn.

Nu indeholder alle yngre Grene en Del Klorofyl; men medens dette hos Bøgen paa Grund af Korklagets Tykkelse og Farve m. m. ikke skinner igennem, er selv 20-30 aarige (og ældre) Askestammer grønne, og navnlig de yngre Grene og Stammer er iøjnefaldende grønne som Følge af, at Klorofyllet gennemskinner Korklaget. Man kunde derfor tænke sig, at Askegrenene ved Hjælp af deres Klorofylindhold i Lys igen kunde assimilere noget af den Kulsyremængde, som i Mørke eller uden dette Klorofylindhold vilde gaa tabt.

I Sommeren 1934 paaviste Professor BOYSEN JENSEN en saadan besparende Kulsyreassimilation hos Askegrene og paabegyndte Maalinger af, hvor meget den kunde betyde i Træets Økonomi, og i Sommeren 1935 overtog jeg Arbejdet, idet de allerede vundne Resultater velvilligst blev stillet til min Disposition.

Undersøgelserne blev udført i Lille Bøgeskov ved Sorø med

15—20 aarige ikke-undertrykte Træer fra de nærmeste Omgivelser af de samme Prøveflader, som BOYSEN JENSEN og MÜLLER benyttede.

Den anatomiske Bygning af en Askegren tyder paa, at det tilstedeværende Grønvæv kun kan assimilere af den Kul-syre, som dannes ved Grenens Respiration, medens der er minimale Chancer for, at der kan trænge Kulsyre ind til Grønvævet

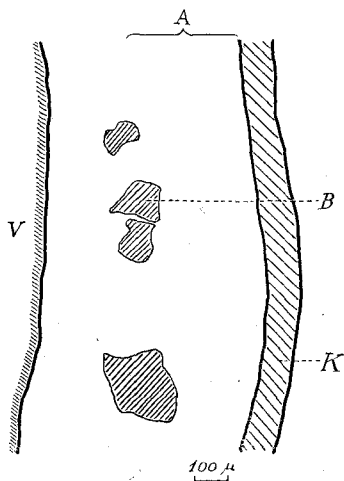


Fig. 1.

Fig. 1. Tværsnit af en Askegren i første Aar, ca. 1. August. Svag Forstørring.

K Kork, A levende, klorofylførende Celler, B Bastavebundter, V Ved.

Querschnitt eines 1-jährigen Eschenastes am 1. August. Schwache Vergrößerung.

K Kork, A lebende, chlorophyllführende Zellen, B Bastfaserbündel, V Holz.

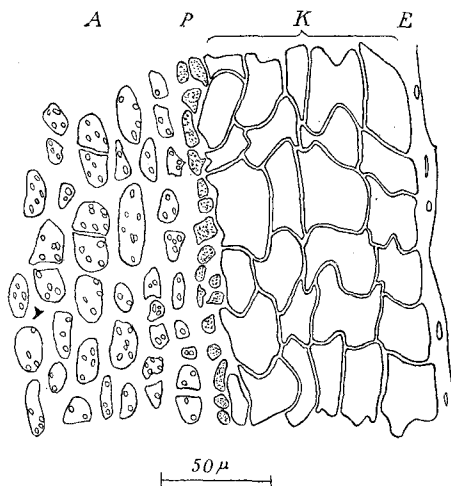


Fig. 2.

Fig. 2. Tværsnit af Barken af en Askegren i første Aar, ca. 1. August. Stærkere Forstørring. E Overhuden (død), K Korkceller, P levende, klorofyllfrie Celler

(Korkkambium), A levende klorofylførende Celler med glasklare Vægge.

Querschnitt der Rinde eines 1-jährigen Eschenastes am 1. August. Stärkere Ver-

größerung. E Epidermis (tot), K Korkzellen, P lebende, chlorophyllfreie Zellen

(Korkkambium), A lebende, chlorophyllführende Zellen mit glasklaren Wänden.

fra den atmosfæriske Luft, der kun indeholder 0.03<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Fig. 1 viser i svag Forstørring et Tværsnit af en Askegren i første Aar omkring d. 1. August. Yderst findes et ca. 100 μ tykt Korklag (K), dernæst et ca. 300 μ tykt Lag af levende Celler (A), som fører Klorofyl. Inden for Basttavebundterne (B) findes ikke eller kun uvæsentlige Mængder Klorofyl. Fig. 2 viser de yderste Lag af Grenen i stærkere Forstørring. Man ser den døde Overhud (E), Korklaget (K) (uden Intercellulærrum) og

det inden for dette beliggende bladgrøntførende Kollenkym (A) med tykke Cellevægge og ligeledes næsten uden Intercellulærer. Heller ikke inden for Kollenkymet findes Intercellulærer af nogen Betydning. Inden for Lenticellerne findes et svagt udviklet Intercellulærsystem. Disse Bygningsforhold er særdeles ugunstige for en Tilførsel udefra af Kulsyre til Grønvævet. Lenticellerne kan ogsaa kun spille en underordnet Rolle i denne Henseende. De staar i Antal langt tilbage for Spalteaabningerne i Blade. Medens Lenticellernes Antal paa Askegrene ligger mellem 15 og 30 pr.  $\text{cm}^2$ , findes Spalteaabningerne i Blade i Antal af 4000 til 30000 eller flere pr.  $\text{cm}^2$ . Luftudvekslingsforholdene hos Stammer og Grene maa da opfattes saaledes: Den atmosfæriske Lufts relativt høje Iltryk er tilstrækkeligt til at forsyne selv de indre Dele af Grenen med Ilt ved Diffusion. Ved Respirationen dannes inde i Grenen Kulsyre, som kommer til at staa under et i Sammenligning med Yderluften højt Tryk og derfor diffunderer ud<sup>1</sup>). Derimod maa det anses for udelukket, at den atmosfæriske Lufts lave Kulsyrespænding selv i Tilfælde af, at al Kulsyre inde i Grenen var blevet assimileret i Lys, skulde være i Stand til at drive saadanne Mængder Kulsyre ind i Grenen, at vi kan vente en positiv Kulsyreassimilation som hos Blade. Der mangler et Svampvæv, som staar i direkte Forbindelse med den ydre Luft.

Denne Beskrivelse af Askebarkens Anatomi gælder som nævnt en Gren i første Aar omkring 1. August. For ældre Grene er Indtrængningsmulighederne for Kulsyre naturligvis paa Grund af det tykkere Korklag endnu ugunstigere.

For de ganske unge, faa Uger gamle Grenes Vedkommende kunde man derimod tænke sig, at en Kulsyreoptagelse ude fra er mulig. De har et ganske tyndt Korklag og Spalteaabninger — hvor senere Lenticellerne dannes — som, saa længe Grenen endnu ikke er helt udviklet, sidder tættere end paa den fuldt udviklede Gren. Hvorvidt disse ganske

---

<sup>1</sup>) Om Lenticellerne har Betydning for Aandingen, er undersøgt af ORTZ (1931), der viser, at Kulsyreafgivelsen er lige saa stor hos Grene med tilklæbede Lenticeller som hos Grene med ubehandlede. Han slutter derfor, at Lenticellerne ingen Betydning har for Aandingen, at altsaa Korklaget skulde være tilstrækkelig gennemtrængeligt for Ilt og Kulsyre til den normale Respiration. Medens dette meget vel kan gælde ORTZ' Forsøgsobjekter, som var unge Grene (3—5 Aar gamle), slaar det sikkert ikke til for ældre Grene og Stammer; man tænke blot paa Korkegen for at tage et ekstremt Tilfælde.

unge Grene kan bidrage til Forøgelse af deres eget Tørstofindhold, er et aabent Spørgsmaal. Meget kan en saadan eventuel, positiv Assimilation imidlertid ikke betyde i Træets Økonomi. De Forsøg, der her skal omtales, har kun til Hensigt at fremskaffe et Skøn over, hvor meget fuldt udviklede Grene og Stammedele i Lys kan genvinde af Respirationskulsyren.

Ogsaa i andre Planteorganer finder man en besparende eller regenererende Kulsyreassimilation. I WARMING og JOHANNSEN: Den almindelige Botanik (4. Udg. 1900) omtales p. 339 regenererende Grønvæv hos unge Frugter: »Disse Grønvæv assimilere af den Kulsyre, der dannes i Frugten især ved de unge Frøs livlige Aandedræt, og tilbagevinde saaledes en Del af Aandedrætstabet. Kulsyren fra den ydre Luft spiller derimod ingen Rolle for disse *regenererende Grønvæv*, der ligge mere eller mindre dybt under Overhuden, som tilmed oftest mangler Spalteaabninger.« Disse Bemærkninger hentyder til nogle Forsøg af W. JOHANNSEN (1887 p. 26 og 1897 p. 283), hvor der med Jodprøven kunde paavises Stivelse i de paagældende Grønvæv hos Bygkorn, som havde været belyst, men ikke i Korn, som havde været formørket. Heraf sluttede JOHANNSEN sig til en Kulsyreassimilation som normal Funktion hos disse Væv.

Endvidere har KURSSANOW (1934) undersøgt Assimilationen hos andre unge Frugter, Æbler, Agurker og Ærtebælge. KURSSANOW angiver ikke Lysstyrkerne ved de enkelte Forsøg, men Lyset har været diffust Sollys en Meter bag en Papirskærm, hvorpaa Solen skinnede. KURSSANOW finder, at de undersøgte Frugter under normale Forhold ikke er i Stand til at optage Kulsyre fra Luften (ved den paagældende Lysstyrke), ja Agurkefrugterne har endog en reel Assimilation paa Nul, medens Æbler og Ærtebælge dog kan assimilere største Delen af deres Respirationskulsyre. Ved at sætte Bladene ud af Funktion (ved Formørkning eller Afplukning) eller ved at afbryde Assimilatiltførslen til Frugterne kunde KURSSANOW fremtvinge en positiv Kulsyreoptagelse fra Atmosfæren hos alle tre Forsøgsobjekter.

Om Paavisning af Kulsyreassimilation i Træstammer har jeg i Literaturen kun fundet nogle Forsøg af NILS JOHANSSON (1933 a, p. 66—67), i hvilke han hos Røn ikke fandt nogen Forøgelse af Kulsyreudskilningen, naar Forsøgsmaterialet formørkedes<sup>1)</sup>.

## II. Metodik.

Saavel i Respirations- som i Assimilationsforsøgene er der blevet afgivet Kulsyre fra Forsøgsgrenen, men mindre i Assimilationsforsøgene end i Respirationsforsøgene med samme

<sup>1)</sup> Se endvidere HAGERUPS interessante Meddelelse om Skærmakacier, hvis Grene skal kunne optage Kulsyre fra Luften (O. HAGERUP: Über die Bedeutung der Schirmform der Krone von *Acacia seyal* DEL. Dansk Bot. Arkiv, 6, Nr. 4).

Gren. Den fundne Differens — Formindskelsen i Kulsyreproduktion ved Belysning — er den reelle Assimilation.

Forsøgsmethodiken er i alt væsentligt den samme som den af BOYSEN JENSEN 1933 beskrevne for Assimilationsforsøg med Blade, dog med visse Ændringer som Følge af det særlige Forsøgsobjekt, Grenen. Princippet er, at man suger en Luftstrøm (ca. 2 l Luft paa 10—15 Minutter) hen over Grenen, hvorefter Luftstrømmen passerer et Absorptionsrør med Bariumhydroxydopløsning, hvori dens Indhold af Kulsyre absorberes. Efter Forsøget kan den absorberede  $\text{CO}_2$ -Mængde bestemmes ved Titring. Der anvendtes i nærværende Forsøg atmosfærisk Luft, hvis Kulsyreindhold før hver Forsøgsserie bestemtes med samme Apparat, uden at Luften passerede en Gren. Differensen mellem  $\text{CO}_2$ -Indholdet i Luften før og efter at Luftstrømmen har passeret Grenen er da den af Grenen afgivne Kulsyremængde.

Apparatur og Reagentier er for Kulsyrebestemmelsens Vedkommende ganske som beskrevet hos BOYSEN JENSEN 1933, Recipienter til Forsøgsmaterialet samt Belysningsanordning derimod afvigende. Som Recipienter benyttedes 50 cm lange Glasrør dels med 2.5, dels med 3.5 cm Lysning og en Vægttykkelse af  $1-1\frac{1}{2}$  mm. Disse Rør forsynedes med Gummi-propper, en med enkelt og en med dobbelt Gennemboring. I den første anbragtes et Glasrør til Tilledning af Luften, i den sidste et til Bortledning samt et Termometer. Naar Forsøgs-grenen var skaaret af Træet og Blade eller Sideskud fjernet, blev den vejjet, hvorpaa alle Snitflader blev besmurt med smeltet Kakaosmør (under  $30^\circ \text{C}$  varmt) for at undgaa abnorm  $\text{CO}_2$ -Afgivelse. Derpaa maalttes Længden af Grenen samt øvre og nedre Diameter; hver af de sidste bestemtes som Gennemsnit af fire Maalinger med Skydelære. Under disse Bestemmelser var Kakaosmørret som Regel størknet, og Grenen kunde anbringes i en af Recipienterne, som derpaa blev lukket med Gummi-propperne. Der blev sørget for, at Termometerbeholderen rørte ved Grenen. Recipienten omvikledes til Respirationsforsøgene med sort Papir inderst og hvidt Papir yderst. Den blev saa spændt fast i et Stativ og med en Gummislange forbundet med  $\text{CO}_2$ -Absorptionsrøret.

Naar der skulde foretages Assimilationsbestemmelser, blev det sorte og det hvide Papir fjernet, og Recipienten anbragtes

saaledes, at den modtog omtrentlig lige meget Lys paa Over- og Undersiden. Dette opnaaedes paa følgende Maade (Fig. 3, 4 og 5): Paa et Havebord fastspændtes en Kasse, ca. 65 cm høj, saaledes at der fremkom to paa hinanden vinkelrette Flader af en Udstrækning paa ca.  $65 \times 35$  cm, en i lodret og en i vandret Plan. Disse Flader beklædtes med hvidt Papir. Recipienten

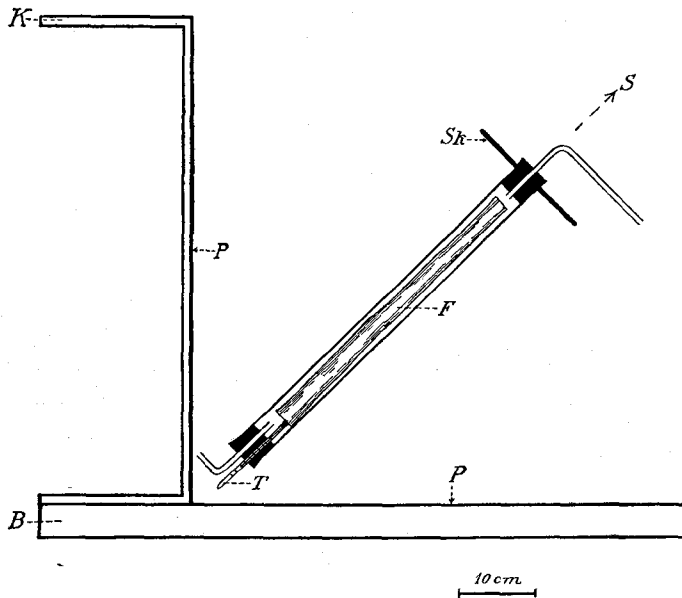


Fig. 3. Skema af Belysningsanordningen ved Assimilationsforsøg. *B* Havebord, *K* Kasse, *P* hvidt Papir, *F* Forsøgsgrenen i Recipienten, *T* Termometer, *Sk* hvid Papirskærm, *S* Retning mod Solen.

*Schema der Beleuchtungsanordnung bei den Assimilationsversuchen. B Gartentisch, K Holzkasten, P weisses Papier, F Rezipient mit einem Eschenast, T Thermometer, Sk weisser Papierschirm, S Richtung gegen die Sonne.*

spændtes fast i et Stativ, saaledes at dens Længdeakse dannede en Vinkel paa  $45^{\circ}$  med hver af de hvide Flader. Bordet stilledes skraat ved Hjælp af Klodser under Benene, saa at Recipienten pegede lige mod Solen. Paa den mod Solen vendende Prop anbragtes en hvid Papirskærm, saaledes at Recipienten ikke blev truffet af direkte Sollys, men kun af det, der reflekteredes fra Himmelhvælvingen og fra det hvide Papir, altsaa diffust Lys; Papirarkene virker ikke som Spejle, men snarere som Lysgivere, idet de reflekterer Lys i alle Retninger. Ved denne

Anordning bliver den nedre Ende af Recipienten noget bedre belyst end den øvre, men Belysningen af Over- og Undersiden bliver tilnærmelsesvis ens.

Lysmaalingerne foretoges paa den Maade, at BOYSEN JEN-

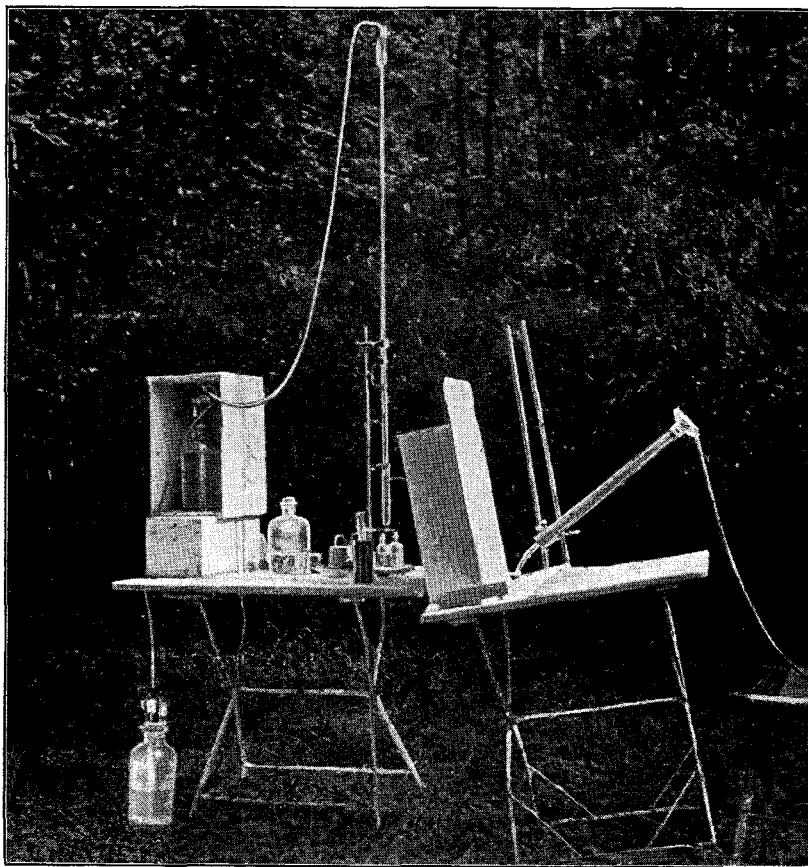


Fig. 4. Apparat til Bestemmelse af Assimilations- og Respirationsintensiteten. Til venstre Sugeflaskerne, i Midten Kulsyreabsorptionsrøret og til højre Bordet med Recipienten.

*Apparat zur Bestimmung der Assimilations- und Respirationsintensität. Links die Saugflaschen, in der Mitte das Kohlensäureabsorptionsrohr und rechts der Tisch mit dem Rezipienten.*

SENS Insulator (BOYSEN JENSEN 1932 p. 21 ff.) holdtes parallel med Recipienten med den følsomme Side henholdsvis opad og nedad. Den førtes langsomt frem og tilbage langs Recipienten for at udligne Forskellen mellem Belysningen af den øvre og nedre Ende. Man faar saaledes ved en bestemt Stilling af Recipienten to



Lysmaalingsværdier, af hvilke den ene er den gennemsnitlige Lysstyrke paa Oversiden, og den anden er den gennemsnitlige Lysstyrke paa Undersiden. Af disse to Værdier tages et Gennemsnit, som multipliceres med 0.95, fordi Recipientens Glasvægge reflekterer ca. 5% af det Lys, som træffer dem (konsta-

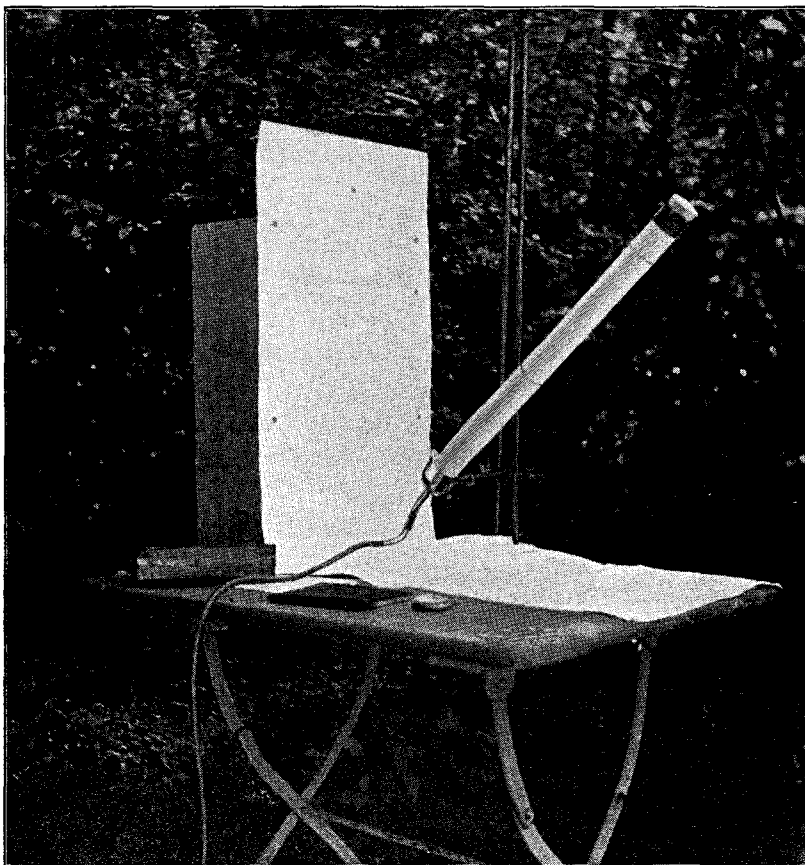


Fig. 5. Belysningsanordningen ved Assimilationsforsøg. Recipienten belyses ved Hjælp af de hvide Papirark.

*Die Beleuchtungsvorrichtung bei den Assimilationsversuchen. Der Rezipient wird mittels der weissen Papierbogen beleuchtet.*

teret ved Maaling med en lille Insolator, som kunde ligge inde i Recipienten). Den saaledes fundne Værdi betragtes som den Lysstyrke ved hvilken Grenen assimilerer. Herved begaar man den Fejl, at man ikke tager Hensyn til, at Lysstyrken paa Siden af Grenen er en anden end paa Over- og Under-

siden, men ved de senere Bestemmelser af Lysstyrkerne paa skraa Grene *in situ* er Lyset maalt paa samme Maade uden Hensyntagen til Sidelyset, saaledes at den nævnte Fejl atter omtrent elimineres, naar man omregner Resultaterne paa et Træ, som det staar i Skoven. Da det viser sig, at Assimilationsintensitetens Afhængighed af Lysstyrken, i hvert Fald inden for visse Grænser, fremstilles ved en ret Linie, er det fuldt tilfældigt at tage Middeltal af selv ret stærkt afvigende Lysstyrker paa Over- og Underside af Forsøgsgrenen. Forskellen holdtes dog i de allerfleste Tilfælde under ca. 30—40% af Gennemsnittet (Eks.: Overside 3500 Lux, Underside 2500 Lux, Forskel 1000 Lux = 33% af Middeltallet). Naar Himlen var klar, voldte det som Regel ingen Vanskelighed at faa Lysstyrkerne ret nær ens paa Over- og Underside; var den overskyet, var det vanskeligere at indstille Recipienten rigtigt.

Det var ikke gør ligt at udføre Forsøgene ved konstant Temperatur under de foreliggende Omstændigheder. Fremgangsmaaden blev derfor den, at der først udførtes en Serie Respirationsforsøg, ved hvilke de forhaandenværende Temperaturer noteredes (i Begyndelsen med en halv, i de senere Forsøg med med en kvart Grads Nøjagtighed). Derefter udførtes en Serie Assimilationsforsøg ved Temperaturer, som ligeledes noteredes, og der afsluttedes med endnu en Serie Respirationsforsøg som de første. Respirationsværdierne indsattes i et Koordinatsystem med Temperaturen som Abscisse og Respirationsintensiteten som Ordinat, og der tegnedes en Kurve gennem Punkterne, saafremt disse strakte sig over et passende Temperaturinterval<sup>1)</sup>. Af den saaledes konstruerede Kurve udtoges dernæst de Værdier, som svarede til Temperaturen i hvert enkelt af Assimilationsforsøgene. Differensen mellem en af disse Værdier og den tilsvarende CO<sub>2</sub>-Afgivelse i Lys, er da den reelle Assimilationsintensitet ved den paagældende Lysstyrke.

Tabel I er et Eksempel paa Fremgangsmaaden og Protokolføringen i en Forsøgsserie. Fig. 6 viser den tilhørende Temperatur/Respirationskurve, samt en tilsvarende Kurve fra et andet Forsøg.

I samtlige Tabeller og Kurver forstaar jeg ved en 1 aarig

---

<sup>1)</sup> I modsat Fald omregnedes ved Hjælp af Forholdstal fra en anden, lignende Kurve.

Tabel I. Forsøg d. 31. Juli 1935 med en Askegren i 4. Aar  
(Aargang 1932), Hovedakse.  
Versuch d. 31. Juli 1935 mit einem Eschenast im 4. Jahr  
(Jahrgang 1932), Hauptachse.

| A.  |   |                                   |  |  |  |  |  |  |                                |      |
|---|---|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--------------------------------|------|
| Barytopløsningens Titer efter Gennemslugning af atmosfærisk Luft  |   |                                   |  |  |  |  |  |  |                                |      |
| Titer der Barytløsning nach Durchsaugung von atmosphärischer Luft |   |                                   |  |  |  |  |  |  |                                |      |
| $\text{cm}^3 \frac{n}{110} \text{HCl}$                            |   |                                   |  |  |  |  |  |  |                                |      |
| (20.15) 20.80 20.63 20.70. Middel (Mittel): 20.71 (1.)            |   |                                   |  |  |  |  |  |  |                                |      |
| B. (2.)   | (3.)  | (4.)                              | (5.)   | (6.)   | (7.)   | (8.)   | (9.)   | (10.)  | (11.)                          |      |
| Grenstykets Friskvægt og Barkoverflade <sup>1)</sup>              | Temperatur i Rezipienten, <sup>2)</sup><br>°C | Forsøgstid, Minuter <sup>3)</sup> | Barytopløsningens Titer efter Gennemslugning af atm. Luft, som har passeret Grenen <sup>4)</sup><br>$\text{cm}^3 \frac{n}{110} \text{HCl}$ | Titreringsdifferens <sup>5)</sup><br>(1.) ÷ (5.), $\text{cm}^3 \frac{n}{110} \text{HCl}$ | mg CO <sub>2</sub> udskilt pr. 100 g Friskvægt pr. Time <sup>6)</sup><br>(6.) × 0.27 × 1.28 × 60 × 100<br>(4.) × Friskvægt (Frischgewicht) | Respiration ved Assimilationstemperaturen pr. 100 g Friskvægt pr. Time. Smlgn. Teksten og Fig. 6 <sup>9)</sup><br>mg CO <sub>2</sub> | Reel Assimilation pr. 100 g Friskvægt pr. Time <sup>10)</sup><br>(8.) ÷ (7.), mg CO <sub>2</sub> | Reel Assimilation pr. 50 cm <sup>2</sup> Barkoverflade pr. Time <sup>11)</sup><br>mg CO <sub>2</sub> | Lysstyrke, Lux. <sup>12)</sup> |      |
| 180.5 g<br>352 cm <sup>2</sup>                                    | 24  | 10.55                             | 8.19   | 12.52  | 9.5  |  |  |  | } 0                            |      |
|   | 23  | 9.38                              | 11.10  | 9.61   | 8.2  |  |  |  |                                |      |
|   | 23.5  | 10.67                             | 7.43   | 13.28  | 9.9  |  |  |  |                                |      |
|   | 22  | 9.75                              | 10.70  | 10.01  | 8.2  |  |  |  |                                |      |
|   | 21.5  | 13.40                             | 6.98   | 13.73  | 8.2  |  |  |  |                                |      |
|   | 21  | 9.10                              | 11.32  | 9.39   | 8.2  |  |  |  |                                |      |
|   | 23  | 11.55                             | 11.00  | 9.71   | 6.7  | 8.9  | 2.2  | } 1.9  | 0.49                           | 2850 |
|   | 22.5  | 10.15                             | 12.10  | 8.61   | 6.8  | 8.6  | 1.6  |  |                                |      |
|   | 22  | 11.65                             | 10.86  | 9.85   | 6.7  | 8.3  | 1.6  | } 10.8   | 0.41                           | 1400 |
|   | 21.5  | 9.70                              | 12.05  | 8.66   | 7.1  | 7.9  | 0.8  |  |                                |      |
|   | 27  | 9.50                              | 17.20  | 3.51   | 2.9  | 13.0   | 10.1   | } 10.8   | 0.20                           | 770  |
|   | 27.5  | 11.67                             | 17.40  | 3.31   | 2.3  | 13.6   | 11.3   |  |                                |      |
|   | 27.5  | 9.12                              | 17.87  | 2.84   | 2.5  | 13.6   | 11.1   | } 10.8   | 2.77                           | 9500 |
|   | 26.5  | 11.50                             | 17.35  | 3.36   | 2.3  | 12.3   | 10.0   |  |                                |      |
|   |   |                                   |  |  |  |  |  | 2.56   | 8600                           |      |
| 22.5  | 13.58   | 6.61                              | 14.10  | 8.3  |  |  |  |  | } 0                            |      |
| 20.5  | 11.30   | 9.80                              | 10.91  | 7.7  |  |  |  |  |                                |      |
| 19.5  | 12.43   | 10.10                             | 10.61  | 6.8  |  |  |  |  |                                |      |
| 18.5  | 9.80  | 12.30                             | 8.41   | 6.9  |  |  |  |  |                                |      |

1) Frischgewicht und Rindenoberfläche des Aststückes. 2) Temperatur in dem Rezipienten. 3) Versuchsdauer, Minuten. 4) Titer der Barytlösung nach Durchsaugung von atm. Luft, die den Ast passiert hat. 5) Titrierungs-differenz. 6) mg CO<sub>2</sub> ausgeschieden pro 100 g Frischgewicht pro Stunde. 7)  $1 \text{ cm}^3 \frac{n}{110} \text{HCl}$  svarer til (entspricht) 0.2 mg CO<sub>2</sub>. 8) Der multipliceres med dette Tal, fordi der er udtaget  $\frac{25}{30}$  af hele Barytmængden. ( $\frac{30}{25} = 1.2$ ). Es wird mit dieser Zahl multipliziert, weil  $\frac{25}{30}$  der ganzen Barytmenge titriert wurde. ( $\frac{30}{25} = 1.2$ ). 9) Respiration bei der Assimilationstemperatur pro 100 g Frischgewicht pro Stunde. Vgl. Text und Fig. 6. 10) Reelle Assimilation pro 100 g Frischgewicht pro Stunde. 11) Reelle Assimilation pro 50 cm<sup>2</sup> Rindenoberfläche pro Stunde. 12) Beleuchtungsstärke, Lux.

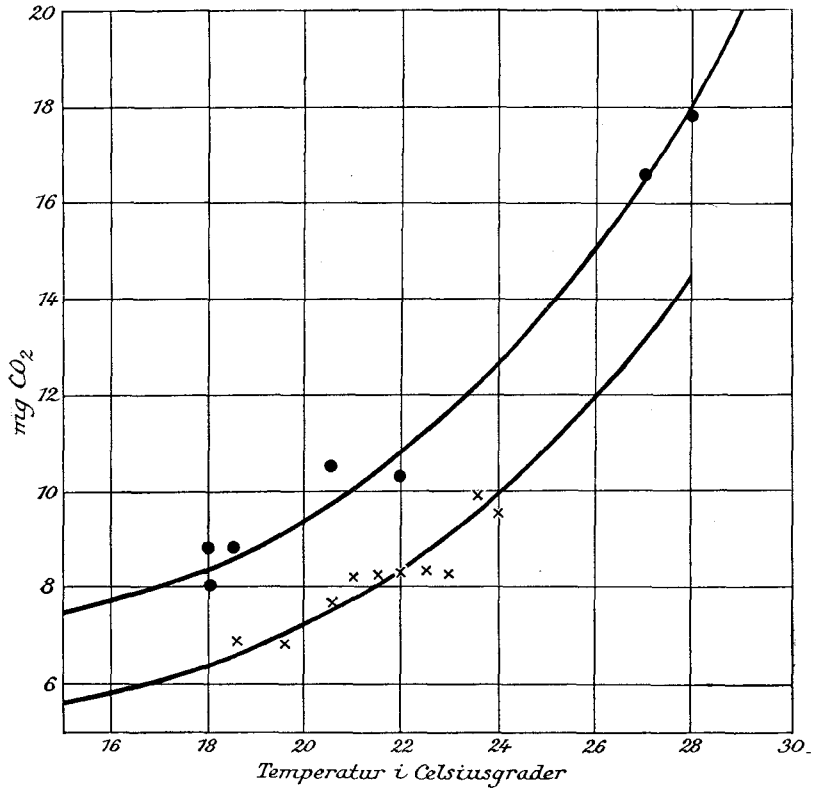


Fig. 6. Respirationen i mg CO<sub>2</sub> pr. 100 g Friskvægt pr. Time hos Hovedakser.  
*Respiration in mg CO<sub>2</sub> pro 100 g Frischgewicht pro Stunde bei Hauptachsen.*

× × × i 4. Aar; (Tabel 1), im 4. Jahr; (Tabelle 1).

• • • i 3. Aar, im 3. Jahr.

Gren, en Gren der er udviklet i indeværende Aar, ved en 2-aarig, en der er udviklet i Fjor o. s. v.

### III. Assimilation og Respiration i forskellige Dele af Træet.

I Tabel II er de forskellige Stamme- og Grenstykkers Assimilationsintensiteter opført, og Fig. 7 og 8 viser de tilsvarende Kurver over den reelle Assimilationsintensitets Afhængighed af Lysstyrken. Bortset fra Hovedakserne i 1ste Aar er Kurverne retlinede. Det vil ses, at Assimilationsintensiteten i visse Tilfælde betydeligt overstiger den gennemsnitlige Respi-

Tabel II. Stamme- og Grenstykkers Assimilation.  
*Assimilation von Stamm- und Aststücken.*

| Datum <sup>1)</sup>                 | Alder;<br>Aar<br>Alter;<br>Jahre | Reel Assimilation pr.<br>100 g Friskvægt pr. Time<br><i>Reelle Assimilation pro 100 g Frischgewicht pro Stunde</i><br>mg CO <sub>2</sub> | Reel Ass. pr. 50 cm <sup>2</sup><br>pr. Time<br><i>Reelle Ass. pro 50 cm<sup>2</sup> pro Stunde</i><br>mg CO <sub>2</sub> | Temperatur i Rezipienten<br><i>Temperatur in dem Rezipienten</i><br>°C | Lysstyrke<br><i>Beleuchtungsstärke</i><br>Lux |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|---|--|---|
| <b>Hovedakser<br/>(Hauptachsen)</b> |                                  |  |   |  |   |
| 9-7-34                              | 1                                | 10.4 }<br>11.8 } (11.7)<br>13.0 }  | 0.75  | 25<br>25<br>25   | } 1150  |
| 25-7-35                             | 1                                | 20.0 }<br>19.9 } 20.0  | 2.28  | 24.5<br>24   | } 9500  |
| 26-7-35                             | 1                                | 7.1 }<br>8.6 } 7.9<br>7.9 }  | 0.84  | 20<br>20<br>20   | } 1400  |
| 3-8-35                              | 1                                | 11.8 }<br>13.9 } 13.9<br>13.9 }  | 1.25<br>1.72  | 22<br>24.25<br>23.5  | 2100<br>3600 } 3500<br>3400                   |
|                                     |                                  | 12.5 }<br>10.9 } 11.7  | 1.44  | 22.75<br>21.75   | } 2400  |
| 2-7-34                              | 2                                | 5.3  | 0.72  | 17.5 (?)   | 2650  |
| 4-7-34                              | 2                                | 10.6 }<br>10.6 } 11.3<br>11.2 }<br>12.7 }  | 1.51  | 21.8<br>21.9<br>21.9<br>23.9   | } 4550  |
| 30-7-35                             | 2                                | 7.2 }<br>7.5 } 7.6<br>8.1 }  | 1.11  | 26.5<br>26<br>25   | } 5200  |
|                                     |                                  | 9.8 }<br>14.4 } 13.5<br>14.4 }<br>13.3 }   | 1.43<br>1.97  | 27<br>30<br>30<br>30<br>29   | 6650<br>8600 } 9400<br>11000<br>9000          |
| 1-8-35                              | 2                                | 5.1 }<br>7.0 }<br>12.4 }<br>8.7 }<br>15.3 }  | 0.71<br>0.97<br>1.73<br>1.22<br>2.14  | 23.5<br>24.5<br>26.5<br>26.5<br>29                                     | 4100<br>6200<br>8100<br>6200<br>9500          |
| 27-7-35                             | 3                                | 19.8 }<br>21.0 } 19.8<br>18.6 }  | 4.15  | 32<br>32<br>31   | } 13000                                       |
|                                     |                                  | 5.0 }<br>6.2 } 6.2<br>6.2 }  | 1.05<br>1.29  | 24<br>23.5<br>23.5   | 3400<br>3800                                  |

Tabel II (fortsat).

| Datum <sup>1)</sup>                          | Alder;<br>Aar<br>Alter;<br>Jahre | Reel Assimilation pr.<br>100 g Friskvægt pr. Time<br><i>Reelle Assimilation pro 100 g Frischgewicht pro Stunde</i><br>mg CO <sub>2</sub> | Reel Ass. pr. 50 cm <sup>2</sup> pr. Time<br><i>Reelle Ass. pro 50 cm<sup>2</sup> pro Stunde</i><br>mg CO <sub>2</sub> | Temperatur i Rezipienten<br><i>Temperatur in dem Rezipienten</i><br>°C | Lysstyrke<br><i>Beleuchtungsstärke</i><br>Lux |               |
|--|----------------------------------|--|--|--|---|---------------|
| 11-7-34                                      | 4                                | 0.9 }<br>0.8 }<br>1.3 }<br>1.9 }   | 1.2  | 0.20   | 20.4 }<br>21.0 }<br>21.0 }<br>22.0 }          | 1400          |
| 31-7-35                                      | 4                                | 2.2 }<br>1.6 }<br>1.6 }<br>0.8 }<br>10.1 }<br>11.3 }<br>11.1 }   | 1.9  | 0.49   | 23 }<br>22.5 }                                | 2850          |
|  |                                  | 1.6 }<br>0.8 }<br>10.1 }<br>11.3 }<br>11.1 }   | 10.8   | 0.41   | 22 }<br>21.5 }                                | 1400          |
|  |                                  | 10.0 }   | 10.8   | 0.20   | 21.5 }  | 770           |
|  |                                  | 10.1 }<br>11.3 }<br>11.1 }   | 10.8   | 2.77   | 27 }<br>27.5 }<br>27.5 }                      | 9500          |
|  |                                  | 10.0 }   | 10.8   | 2.56   | 26.5 }  | 8600          |
| 2-8-35                                       | 5                                | 3.7 }<br>1.2 }<br>1.5 }  | 1.4  | 1.05   | 28 }<br>26 }                                  | 2650          |
|  |                                  | 1.5 }  | 1.4  | 0.40   | 24.25 }                                       | 1900          |
|  |                                  | 0.2 }<br>7.7 }   | 0.2  | 0.06   | 23.5 }  | 950           |
|  |                                  | 6.5 }  | 6.5  | 2.18   | 29.25 }                                       | 9500          |
|  |                                  | 6.5 }  | 6.5  | 1.85   | 29 }  | 6650          |
| 30-6-34                                      | 16                               | ÷ 0.3 }<br>0.1 }   | ÷ 0.1  | 0.0  | 24.5 }<br>24.5 }                              | 2650          |
| <b>Sideskud</b><br>( <i>Seitensprossen</i> ) |                                  |  |  |  |   |               |
| 14-8-35                                      | 1                                | 15.3 }<br>14.2 }   | 14.8   | 1.58   | 24 }<br>23.75 }                               | 4200          |
|  |                                  | 18.3 }<br>17.5 }   | 17.7   | 1.89   | 22.25 }<br>22 }                               | Overside 8940 |
|  |                                  | 17.2 }   | 17.7   | 1.89   | 22 }  | Underside 380 |
|  |                                  |  | 17.7   | 1.89   |   | Middel 4660   |
| 7-7-34                                       | 2                                | 10.5 }<br>13.9 }<br>15.0 }   | 13.7   | 1.30   | 27.4 }<br>27.8 }<br>28.8 }                    | ca. 5700      |
|  |                                  | 15.3 }   | 13.7   | 1.30   | 28.4 }  | ca. 5700      |
| 13-8-35                                      | 3                                | 3.0 }<br>1.6 }   | 1.6  | 0.32   | 19.5 }<br>17.75 }                             | 2150          |
|  |                                  | 1.6 }  | 1.6  | 0.17   | 17.25 }                                       | Overside 2650 |
|  |                                  |  | 1.6  | 0.17   |   | Underside 190 |
|  |                                  |  | 1.6  | 0.17   |   | Middel 1420   |

<sup>1)</sup> Forsøgene fra 1934 er udført af Professor BOYSEN JENSEN.  
Die Versuche von 1934 sind von Professor BOYSEN JENSEN ausgeführt.

rationsintensitet i Juli Maaned (som f. Eks. for Hovedaksernes Vedkommende er 1.47 mg CO<sub>2</sub> pr. 50 cm<sup>2</sup> Barkoverflade pr. Time; se pag. 30). Dette betyder dog ikke, at der er optaget Kulsyre fra Luften, hvilket i intet af Forsøgene har fundet Sted,

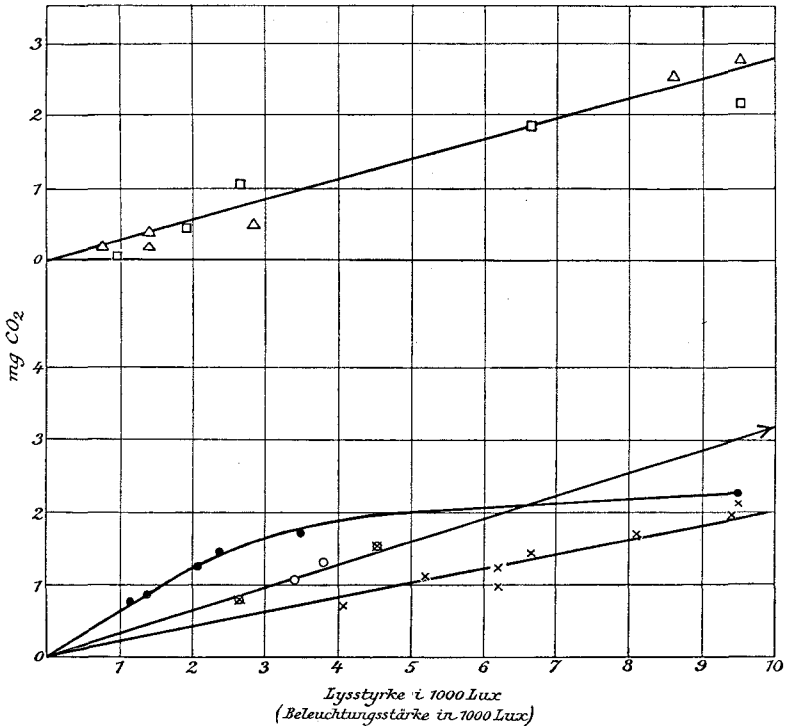


Fig. 7. Den reelle Assimilationsintensitet i mg CO<sub>2</sub> pr. 50 cm<sup>2</sup> pr. Time hos Hovedakser.

Die reelle Assimilationsintensität in mg CO<sub>2</sub> pro 50 cm<sup>2</sup> pro Stunde bei Hauptachsen.

- ● ● i 1. Aar, im 1. Jahr.
- × × × » 2. » ; Forsøg 1935, im 2. Jahr; Versuche 1935.
- ⊗ ⊗ ⊗ » 2. » ; » 1934, » 2. » ; » 1934.
- ○ ○ » 3. » , im 3. Jahr.
- △ △ △ » 4. » , » 4. » .
- □ □ » 5. » , » 5. » .

men hænger sammen med, at Forsøgene ved de høje Lysstyrker gennemgaaende ogsaa er gjort ved højere Temperaturer end ved de lave Lysstyrker. Hvis det havde været muligt at holde Temperaturen konstant, vilde Resultatet højst sandsynligt være blevet, at Kurverne »knækkede om« og blev vand-

rette ved en eller anden Lysstyrke, fordi Grenene ved denne Lysstyrke kunde assimilere al den ved Respirationen producerede Kulsyre. Naar derimod Temperaturen stiger samtidig med Lysstyrken, forøges ogsaa Kulsyreproduktionen, og dermed er der givet Grønvævet Mulighed for en forøget Assimilation. Kun hos de særlig kraftigt assimilierende Hovedakser i 1ste Aar har Kulsyreproduktionen ved 25° C, hvor Forsøget ved 9500 Lux er gjort, ikke været tilstrækkelig til den Assimilation, man efter Kurvens første Del maatte vente<sup>1</sup>).

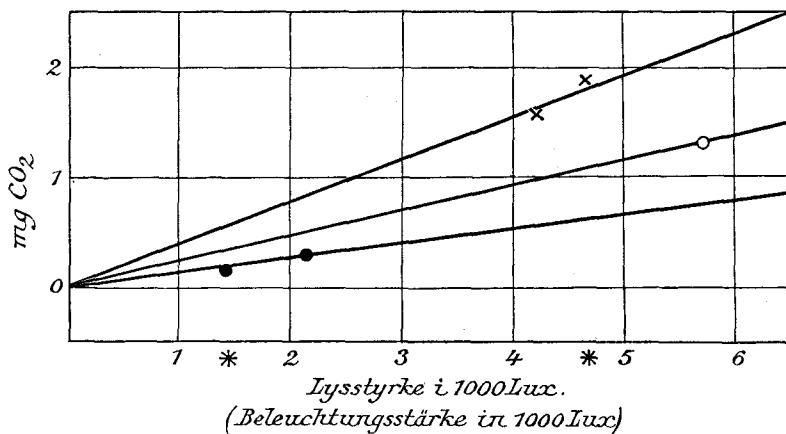


Fig. 8. Den reelle Assimilationsintensitet i mg CO<sub>2</sub> pr. 50 cm<sup>2</sup> pr. Time hos Sideskud.

Die reelle Assimilationsintensität in mg CO<sub>2</sub> pro 50 cm<sup>2</sup> pro Stunde bei Seitensprossen.

× × × i 1. Aar, im 1. Jahr.

○ ○ ○ » 2. » , » 2. » .

● ● ● » 3. » , » 3. » .

\* \* \* ensidig belyst; se Teksten p. 28, *einseitig beleuchtet*; vgl. Text S. 49.

Foruden gennem sin Virkning paa Kulsyreproduktionen kunde Temperaturen ogsaa tænkes at have en direkte Indflydelse paa den reelle Assimilationsintensitet. Forudsætningen herfor er imidlertid, at Temperaturen er »begrænsende Faktor« (cf. BLACKMAN 1905) eller er nær ved at være det. Dette maa dog antages ikke at have været Tilfældet i nærværende Forsøg. I hvert Fald for de Dele af de her givne

<sup>1</sup>) Det maa dog yderligere bemærkes, at det nævnte Punkt paa Kurven ved 9500 Lux er fundet ved Forsøg med et 4 aarigt Stubskuds sidste Aarsskud, medens alle andre Forsøg er gjort med Materiale fra ældre Træer. Stubskudets Respiration, Form og Farve var dog ganske normal, og jeg tror ikke, dets Assimilationsforhold adskiller sig fra de større Træers.



Kurver, som jeg gør Brug af ved Beregningen af Kulsyrebesparelsen for et Asketræ i Lys, nemlig Partierne under 7000 Lux, maa Lyset have været den begrænsende Faktor, medens Kulsyre og Temperatur (som Regel over 20° C) har været i Overskud. Baade Frøken MATTHÆI (1904) og MÜLLER (1928) og flere finder, at ved lave Lysstyrker er den reelle Assimilationsintensitet uafhængig af Temperaturen. I nærværende Forsøg tør vel i hvert Fald de Lysstyrker betegnes som »lave«, der ligger under Kompensationspunktet ved 16.1° C, og det er væsentlig dem, der har Interesse. Jeg er følgelig ved Beregningerne gaaet ud fra, at Temperatursvingningerne ingen Indflydelse har haft paa den reelle Assimilation.

Nogle af Forsøgene med Sideskud er foretaget under Belysningsbetingelser, der afviger fra de under Metodiken omtalte. I de med en Stjerne paa Abscisseaksen mærkede Forsøg (Fig. 8) er Grenen anbragt vandret og belyst fra oven med det diffuse Lys fra en jævnt overskyet Himmel, medens der under Recipienten laa sort Papir. Det viser sig, at den til denne Belysningsmaade svarende Assimilationsintensitet er den samme, som man faar ved at belyse Grenen med den gennemsnitlige Lysstyrke fra begge Sider. I de nævnte Forsøg er Lysstyrken paa den ene Side kun 4% eller 7% af Lysstyrken paa den anden, og alligevel svarer Assimilationsintensiteten til Middellysstyrken. Kendskab til dette Forhold er af Vigtighed ved Beregningen af Assimilationen hos Sidegrene *in situ*.

I Tabel III er de fundne Respirationsintensiteter opført. For at kunne sammenlignes er Værdierne henført til samme Temperatur, nemlig Juli Maanedes Middelttemperatur 16.1° C<sup>1)</sup>. Ved Konstruktion af Kurver over Grenenes Kulsyreudskilning ved forskellige Lysstyrker (se p. 33) har man Brug for Respirationsintensiteterne beregnet paa Grundlag af Overfladen. Værdierne er derfor i Tabellen og i Fig. 9 og 10 foruden pr. 100 g Friskvægt pr. Time tillige anført pr. 50 cm<sup>2</sup> Barkoverflade pr. Time.

<sup>1)</sup> Jeg har anset det for rigtigst at finde denne Værdi ikke ved Ekstrapolation af Temperatur/Respirationskurverne, paa hvilke der overhovedet ikke findes Punkter ved Temperaturer under 18° C, men derimod paa den Maade, at der først er taget en grafisk Interpolation i de direkte konstruerede Temperatur/Respirationskurver, hvorved Værdien for 20° C er fundet, og denne Værdi er dernæst omregnet til 16.1° C ved Multiplikation med 0.72 efter KUIJPERS Kurve for Respirationen hos Ærter (KUIJPER 1910, se ogsaa BOYSEN JENSEN 1921 p. 334).

Tabel III. Stamme- og Grenstykkers Respiration.

Respiration von Stamm- und Aststücken.

| Datum <sup>1)</sup>         | Alder;<br>Aar<br>Alter;<br>Jahre | Vægt af Træcy-<br>linder med 50 cm <sup>2</sup><br>Barkoverflade<br>Gewicht von Holz-<br>zylinder mit 50 cm <sup>2</sup><br>Rindenoberfläche<br>g |                                      | Respiration pr.<br>100 g Friskvægt<br>pr. Time<br>Resp. pro 100 g<br>Frischgewicht<br>pro Stunde<br>mg CO <sub>2</sub> |                     | Respiration pr.<br>50 cm <sup>2</sup> Barkover-<br>flade pr. Time<br>Resp. pro 50 cm <sup>2</sup><br>Rindenoberfläche<br>pro Stunde<br>mg CO <sub>2</sub> |                     |      |
|-----------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|--|---------------------|---|---------------------|------|
|                             |                                  | Udmaalt<br>Træ<br>Ausge-<br>messener<br>Baum  | Forsøgs-<br>Træ<br>Versuchs-<br>baum | ved  | ved                 | ved   | ved                 |      |
|                             |                                  |   |                                      | 20 <sup>o</sup> C  | 16.1 <sup>o</sup> C | 20 <sup>o</sup> C   | 16.1 <sup>o</sup> C |      |
| Hovedakser (Hauptachsen)    | 25-7-35                          | 1   | 11.2                                 | 11.4   | 21.5                | 15.5  | 2.19                | 1.58 |
|                             | 26-7-35                          | 1   | 11.2                                 | 10.6   | 19.0                | 13.6  | 2.02                | 1.45 |
|                             | 3-8-35                           | 1   | 11.2                                 | 12.3   | 18.3                | 13.2  | 2.26                | 1.63 |
|                             | 30-7-35                          | 2   | 17.6                                 | 14.5   | 7.3                 | 5.3   | 1.07                | 0.77 |
|                             | 1-8-35                           | 2   | 17.6                                 | 14.0   | 14.8                | 10.6  | 2.06                | 1.48 |
|                             | 2-7-34                           | 2   | 17.6                                 | 13.5   | 21.8                | 15.6  | 2.96                | 2.12 |
|                             | 4-7-34                           | 2   | 17.6                                 | 13.4   | 15.1                | 10.9  | 2.02                | 1.45 |
|                             | 27-7-35                          | 3   | 24.8                                 | 21.0   | 9.4                 | 6.8   | 1.97                | 1.41 |
|                             | 31-7-35                          | 4   | 29.3                                 | 25.6   | 7.2                 | 5.2   | 1.85                | 1.33 |
|                             | 30-6-34                          | 16  | 58.5                                 | 31.4   | 4.7                 | 3.4   | 1.48                | 1.06 |
| Sideskud<br>(Seitenprossen) | 14-8-35                          | 1   | 6.9                                  | 10.7   | 13.5                | 9.7   | 1.45                | 1.04 |
|                             | 7-7-34                           | 2   | 8.2                                  | 8.8  | 10.9                | 7.8   | 0.96                | 0.69 |
|                             | 13-8-35                          | 3   | 7.8                                  | 10.6   | 6.2                 | 4.5   | 0.66                | 0.48 |

<sup>1)</sup> Forsøgene fra 1934 er udført af Professor BOYSEN JENSEN.

Die Versuche von 1934 sind von Professor BOYSEN JENSEN ausgeführt.

For at en Omregning af Respirationen fra det ene Beregningsgrundlag til det andet kan være tilladelig, naar man vil beregne Respirationen for et helt Træ, maa man sikre sig, at Forholdet Vægt: Overflade er nogenlunde ensartet hos Forsøgsmaterialet og det Træ, man senere vil beregne Respirationen for. Dette Forhold er opført i Tabel III for et til nævnte Formaal udmaalt Træ (se p. 34 f.) og for de tilsvarende Aargange af Forsøgsmaterialet. Det ses af Tabellen, at i de fleste Forsøg med Stammestykker har Forsøgsmaterialet været tyndere Stykker end de tilsvarende Aargange af det udmaalte Træ (mindre Vægt pr. 50 cm<sup>2</sup> Overflade). Forskellene er dog ikke særlig store (for det meste omkring 10%; for 2aarige Stykker dog omkring 20%), og et Par Forsøg med stærkt afvigende Stykker er skudt ud. Den be-  
gaaede Fejl modvirkes ved, at der i Forsøgene med Sidegrene er be-  
nyttet Grene, som er tykkere end Gennemsnittet af det udmaalte Træs  
tilsvarende Aargange.

Beregner man Grenenes og Stammedelenes Respirationintensitet pr. 100 g Friskvægt pr. Time, viser det sig, at den ikke har samme Værdi for alle Dele af Træet. De yngre Dele respirerer livligere end de ældre. Forklaringen paa dette Forhold maa vel søges deri, at hos de yngre Grene udgør de levende Elementer en større Del af Grenens Vægt end hos de ældre. Beregner man derimod Respirationen pr. 50 cm<sup>2</sup> Overflade pr. Time, faar man for Hovedstammens Vedkommende

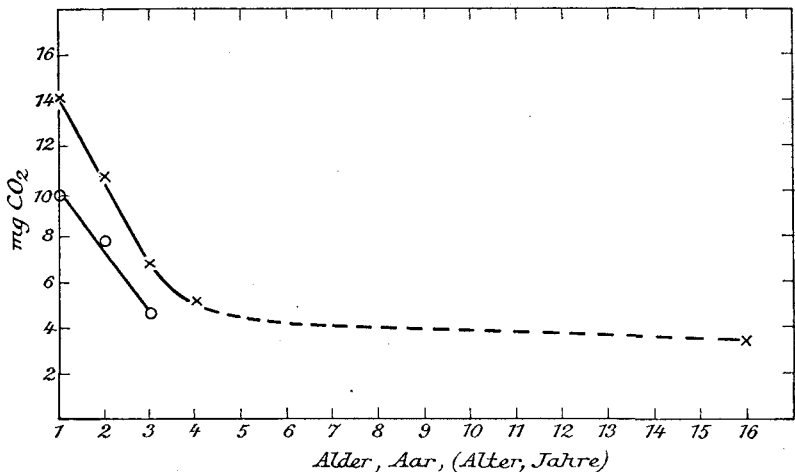


Fig. 9. Respiration i mg CO<sub>2</sub> pr. 100 g Friskvægt pr. Time ved 16.1<sup>0</sup> C.  
Respiration in mg CO<sub>2</sub> pro 100 g Frischgewicht pro Stunde bei 16.1<sup>0</sup> C.

× × × Hovedakser. *Hauptachsen.*

o o o Sideskud. *Seitensprossen.*

omtrent samme Respiration for alle Aldersklasser, i Gennemsnit 1.47 mg CO<sub>2</sub> (Fig. 10).

Noget tilsvarende finder JOHANSSON (1933 a) for *Picea* og *Betula*, hvor Respirationen, naar den beregnes pr. 50 cm<sup>2</sup> pr. Time, i hvert Fald for visse Dele af Stammen er uafhængig af Alderen.

At man ved Beregning af Sideskuddenes Respiration<sup>1)</sup> pr. 50 cm<sup>2</sup> Overflade pr. Time faar et Fald i Intensiteten med

<sup>1)</sup> For Sideskuddenes Vedkommende er hvert af Punkterne paa Kurverne (Fig. 9 og 10) kun bestemt ved Forsøg med een Gren. Da imidlertid hver af de fundne Respirationintensiteter beregnet pr. 100 g Friskvægt pr. Time er ca.  $\frac{2}{3}$  af Værdien for samme Aargang af Hovedaksen, maa Værdierne siges at støtte hinanden.

stigende Alder (i Modsætning til Hovedakserne) er blot et Udtryk for, at Sideskuddene ikke har saa kraftig Tykkelsevækst som Hovedstammen og altsaa større Overflade pr. 100 g Friskvægt, hvorved Respirationen pr. Overfladeenhed bliver mindre. Dette indses, naar man sammenholder Fig. 9 og 10 med Tabel III.

Hvad den absolute Størrelse af Respirationsintensiteterne angaar, er der Overensstemmelse mellem mine Tal og dem, MÜLLER (1924) har

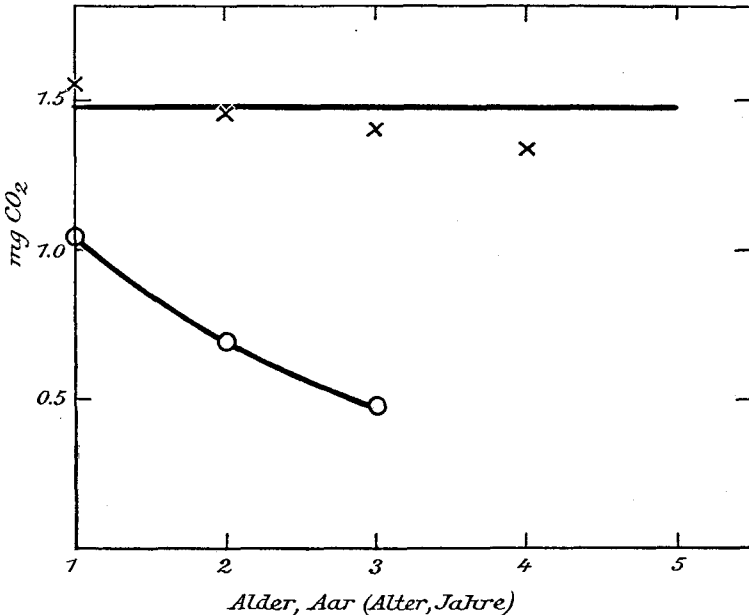


Fig. 10. Respiration i mg CO<sub>2</sub> pr. 50 cm<sup>2</sup> pr. Time ved 16.1° C.  
Respiration in mg CO<sub>2</sub> pro 50 cm<sup>2</sup> pro Stunde bei 16.1° C.

× × × Hovedakser. *Hauptachsen.*  
○ ○ ○ Sideskud. *Seitensprossen.*

fundet med en lignende Metode. MÜLLER har to Tal, som kan sammenlignes med mine, nemlig Askegrenes Respiration d. 17/6 2 Timer efter Afskæring af Grenene. For henholdsvis 3—8-aarige og 3—6-aarige Grene findes ved 18.5° C 6.31 og 7.73 mg CO<sub>2</sub> udskilt pr. 100 g Friskvægt pr. Time; omregnet til 16.1° C faas henholdsvis 5.1 og 6.2 mg, hvilket er Tal af omtrent samme Størrelse som mine for de paagældende Aldersklasser. Det maa bemærkes, at mine Forsøg er gjort 1—1½ Maaned senere paa Aaret end MÜLLERS; overensstemmende hermed er mine Værdier snarest noget lavere end MÜLLERS (se MÜLLERS Fig. 23, en Kurve over Respirationsintensitetens Størrelse i de forskellige Maaneder).

Ogsaa OPITZ' Respirationsintensiteter (1931), fundet med en lignende Metode, er af samme Størrelsesorden som mine.

Endvidere har JOHANSSON (1933 a) arbejdet med Respirationen hos Træer. Nogle af hans Værdier kommer op paa Siden af mine, men de fleste er lavere. JOHANSSON (1933 a og b) hævder, at Forsøg med afskaarne Gren- og Stammestykker paa Grund af Saarpirring giver for høje Respirationsværdier, og udfører derfor sine Forsøg med intakte Træer, hvilket ganske vist udelukker Saarpirringen, men medfører Fare for andre metodiske Fejl.

Til Spørgsmaalet om hvilken Rolle Saarpirring har spillet i mine Forsøg, skal jeg bemærke følgende: Forsøgene er foretaget paa en Aarstid, hvor den maksimalt opnaelige Saarpirring ifølge MÜLLER har sin omtrent laveste Værdi, omkring 100%. Den maksimale Saarpirring indtræder ca.  $\frac{1}{2}$ —1 Døgn efter Afskæringen, medens mine første Bestemmelser er taget ca.  $\frac{1}{2}$  Time efter Afskæringen, og de følgende Værdier — henført til samme Temperatur — holder sig nogenlunde konstant i flere (2, 3, 4) Timer. De sidste Bestemmelser i en Serie er lige saa hyppigt lavere, som de er højere end de første. Variationerne kan gaa op til 10—20%. Hvis ikke man vil hævde, at Saarpirring indtræder momentant ved Afskæringen af Grenene og derpaa holder sig konstant i flere Timer — hvad der er yderlig usandsynligt — maa det hævdes, at Saarpirringen aldeles ingen Rolle har spillet i mine Forsøg.

---

Hvis man fra Aandingen trækker den reelle Assimilation ved de forskellige Lysstyrker, faar man som Resultat Kulsyreudskilningen ved disse Lysstyrker. I Mørke er denne Kulsyreudskilning lig med Aandingen, da Assimilationen er Nul. Ved en for hver Kurve bestemt Lysstyrke — Kompensationspunktet — er Assimilationen lig med Aandingen. Her finder der overhovedet ingen Kulsyreudskilning Sted. Fig. 11 viser Kulsyreudskilningen ved de forskellige Lysstyrker ved 16.1° C, dog er den her afsat som en negativ Størrelse.

Disse Kurver fremstiller den saakaldte *apparente Assimilation* og svarer til den under Kompensationspunktet liggende Del af Assimilationskurver, som de for Blades Vedkommende er fremstillet f. Eks. hos BOYSEN JENSEN, 1929, Fig. 2, 3, 4 og 5 (se ogsaa BOYSEN JENSEN

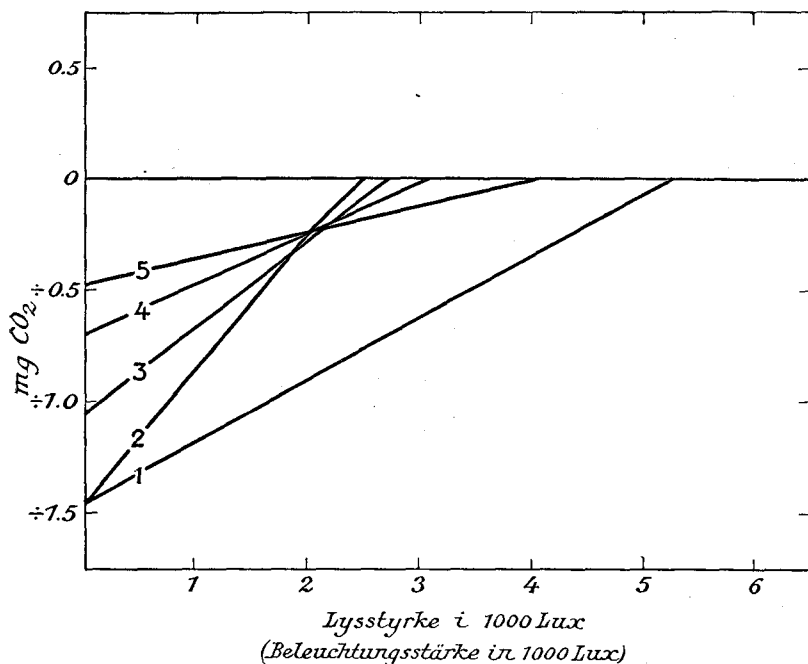


Fig. 11. Den apparente Assimilationsintensitet pr. 50 cm<sup>2</sup> pr. Time ved 16.1<sup>o</sup> C.  
Die apparate Assimilationsintensität pro 50 cm<sup>2</sup> pro Stunde bei 16,1<sup>o</sup> C.

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 1 Hovedakser 2—6 Aar gl. | 1 Hauptachsen 2—6 Jahre alt. |
| 2 » 1 » » . 2 »          | 1 Jahr » .                   |
| 3 Sideskud 1 » » . 3     | Seitensprossen 1 » » .       |
| 4 » 2 » » . 4 »          | 2 Jahre » .                  |
| 5 » 3—5 » » . 5 »        | 3—5 » » .                    |

1932). — Grenenes og Stammedelenes Kompensationspunkter ligger ved betydelig højere Lysstyrker, end Tilfældet er hos Blade, og med stigende Temperatur vil Kompensationspunkterne stige mod højere Lysstyrker direkte proportionalt med Aandingen for de retlinede Kurvers Vedkommende; omvendt vil de synke med aftagende Temperatur.

Kurve 1 er et Gennemsnit af alle Kurverne for 2—6 aarige Stammestykker, hvis Respiration og reelle Assimilation jo ligger omkring samme Værdi. Den 1 aarige Hovedakse har en betydeligt højere reel Assimilation og maa derfor tages for sig (Kurve 2). Kurverne 3, 4 og 5 gælder Sideskud.

Disse Kurver skal benyttes til en Beregning af, hvor meget Kulsyre et Asketræ udskiller ved de forskellige Lysstyrker Døgnet igennem.

#### IV. Beregning af Besparelsen ved regenererende Kulsyreassimilation.

For at kunne skønne over, hvor stor Betydning regenererende Kulsyreassimilation kan have for en yngre Askebevoksnings Økonomi, har jeg først omregnet de fundne Resultater til et enkelt, konkret Træ og er dernæst gaaet over til at betragte Bevoksninger.

Tabel IV. Det af mig udmaalte Træ sammenlignet med  
BOYSEN JENSEN og MÜLLERS Gennemsnitstræer af Klasse I.

*Der von mir ausgemessene Baum im Vergleich mit BOYSEN JENSEN  
und MÜLLERS Durchschnittsbäumen aus Klasse I.*

|  | B. J. og M. 1927                              |  | P. L. 1935 |
|--|---|--|------------|
|  | Ingen Udtynding<br><i>Keine Durchforstung</i> | Stærk Udtynding<br><i>Starke Durchforstung</i> |            |
| Alder, Aar ( <i>Alter, Jahre</i> ) .....   | ca. 16  | ca. 16   | 16         |
| Højde ( <i>Scheitelhöhe</i> ), m .....   | 6.25  | 7.16   | 6.79       |
| Diameter ( <i>Durchmesser</i> ), cm.....   | 3.81  | 4.46   | 4.0        |
| Bulhøjde ( <i>Schafthöhe</i> ), m .....  | 3.63  | 3.40   | 2.55       |
| Grenmassekoefficient ( <i>Quotient der Astmasse : Stammmasse</i> ) .....           | 0.14  | 0.15   | 0.165      |
| Friskvægt ( <i>Frischgewicht</i> ), kg.....  | 4.45  | 6.62   | 5.35       |
| Tørstofvægt ( <i>Trockensubstanzgewicht</i> ),<br>kg .....                         | 2.70  | 4.11   | 3.32       |
| Volumen, l.....  | 5.96  | 8.07   | 6.14       |
| 1 Liter = kg Tørstof ( <i>1 l = kg Trockensubstanz</i> ) .....                     | 0.455   | 0.522  | 0.541      |
| Vægtfylde af Grene ( <i>Spezif. Gewicht der Äste</i> ) .....                       | 0.82  | 0.82   | (0.85)     |
| do. do. af Stammen ( <i>do. do. des Stammes</i> ) .....                            | 0.76  | 0.80   | (0.87)     |
| do. do. af Træet ( <i>do. do. des Baumes</i> ) .....                               | 0.76  | 0.81   | (0.87)     |
| Bladareal pr. Træ ( <i>Blattfläche pro Baum</i> ), m <sup>2</sup> .....            | 4.67  | 8.31   | 6.20       |
| Bladvægt pr. Træ ( <i>Blattgewicht pro Baum</i> ), kg.....                         | 1.04  | 1.75   | 1.25       |
| 1 g Blade = cm <sup>2</sup> ( <i>1 g Blätter = cm<sup>2</sup></i> )                | 46.0  | 47.0   | 49.7       |
| Gren- og Stammeoverflade ( <i>Ast- und Stammoberfläche</i> ), m <sup>2</sup> ..... | —   | —  | 1.12       |

Jeg valgte et første Klasses (det vil sige herskende) Træ og udmaalte det med Hensyn til Grenoverflade og Vægt af de forskellige Aargange m. m. Træet viser sig at indtage en Mellemstilling mellem et 1ste Klasses Træ fra den stærkt udhuggede

Tabel V. Analyse af det udmaalte Træ.

*Analyse von dem ausgemessenen Baum.*

| Alder, Aar<br><i>Alter, Jahre</i>         | Friskvægt<br><i>Frischgewicht</i><br>g | Længde<br><i>Länge</i><br>cm | Overflade<br><i>Oberfläche</i><br>cm <sup>2</sup> | Vægtfylde<br><i>Spezif. Gewicht</i> |
|---|--|------------------------------|---|-------------------------------------|
| <b>Hovedakser (<i>Hauptachsen</i>)</b>    |  |                              |   |                                     |
| 1   | 83.0                                   | 120.0                        | 370   | 0.92                                |
| 2   | 90.0                                   | 51.5                         | 256   | 0.89                                |
| 3   | 175.1                                  | 52.2                         | 353   | 0.92                                |
| 4   | 238.3                                  | 49.2                         | 407   | 0.89                                |
| 5   | 346.5                                  | 60.5                         | 564   | 0.83                                |
| 6   | 633                                    | 91.0                         | 933   | 0.83                                |
| 7   | 342                                    | 43.0                         | 484   | 0.79                                |
| 8   | 290                                    | 31.5                         | 368   | 0.85                                |
| 9   | 386                                    | 40.0                         | 498   | 0.79                                |
| 10  | 369                                    | 34.5                         | 433   | 0.85                                |
| 11  | 474                                    | 39.5                         | 519   | 0.88                                |
| 12—16                                     | 1165                                   | 66.5                         | 995   | 0.98                                |
| <b>Hele Stammen (<i>Ganzer Stamm</i>)</b> | 4592                                   | 679.4                        | 6180  | 0.87                                |
| <b>Sideskud (<i>Seitensprossen</i>)</b>   |  |                              |   |                                     |
| 1   | 274.4                                  |                              | 2000  | 0.88                                |
| 2   | 211.4                                  |                              | 1288  | 0.89                                |
| 3   | 170.3                                  |                              | 1091  | 0.85                                |
| 4   | 59.4                                   |                              | 365   | 0.85                                |
| 5   | 43.4                                   |                              | 292   | 0.83                                |
| <b>Sideskud (<i>Seitensprossen</i>)</b>   | 759                                    |                              | 5036  | 0.85                                |
| <b>Hele Træet (<i>Ganzer Baum</i>)</b>    | 5351                                   |                              | 11216   | 0.87                                |

Prøveflade (BOYSEN JENSEN og MÜLLER 1927) og et 1ste Klasses Træ fra den ikke udhuggede, hvilket fremgaar af Tabel IV. I Tabel V er opstillet en Specifikation over Fordelingen af Vægt og Overflade paa de forskellige Aargange. Overfladen er beregnet paa Grundlag af Diametermaalinger med Skydelære. (Endvidere er Vægtfylden beregnet, dog formodentlig ikke saa nøjagtigt,



som hvis Volumen var blevet bestemt ved Neddykning af Grenstykkerne i Vand.)

Det er naturligvis en Mangel, at der kun er udmaalt et enkelt Træ, men Sammenligningerne med BOYSEN JENSEN og MÜLLERS Gennemsnitstræer viser, at det af mig udmaalte Træ paa ingen Maade er ekstremt, og til et groft Skøn over Gren-

Tabel VI. Lysstyrken i Træets forskellige Dele i Procent af det frie Dagslys.

*Die Beleuchtungsstärke in den verschiedenen Teilen des Baumes in Prozenten des freien Tageslichtes ausgedrückt.*

| Hovedakser<br>Hauptachsen        |                                      | Sideskud<br>Seitensprossen       |                                      |                         |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Alder,<br>Aar<br>Alter,<br>Jahre | Lysstyrke<br>Beleuchtungsstärke<br>% | Alder,<br>Aar<br>Alter,<br>Jahre | Lysstyrke<br>Beleuchtungsstärke<br>% |                         |
|                                  |                                      |                                  | Overside<br>Oberseite                | Underside<br>Unterseite |
| 1                                | 25                                   | 1                                | 62                                   | 13                      |
| 2                                | 25                                   | 1                                | 46                                   | 15                      |
| 4                                | 29                                   |                                  |                                      |                         |
| 6                                | 25                                   |                                  |                                      |                         |
| Middel (Mittel): 26              |                                      | Middel (Mittel):                 | 54                                   | 14                      |
|                                  |                                      | Middel (Mittel):                 | 34                                   |                         |
|                                  |                                      | 2                                | 30                                   | 17                      |
|                                  |                                      | Middel (Mittel):                 | 24                                   |                         |
|                                  |                                      | 2—4                              | 37                                   | 9                       |
|                                  |                                      | Middel (Mittel):                 | 23                                   |                         |
|                                  |                                      | 5                                | 50                                   | 10                      |
|                                  |                                      | Middel (Mittel):                 | 30                                   |                         |
|                                  |                                      | 2—5                              |                                      |                         |
|                                  |                                      | Middel (Mittel):                 | 26                                   |                         |

assimilationens Størrelse hos et yngre 1ste Klasses Asketræ maa det være brugbart.

For at kunne skønne over Grenassimilationens Størrelse maa man endvidere vide lidt om hvor meget Lys, der normalt falder paa Grenene. Jeg plantede derfor en Askekroner (af et 1ste Klasses Træ 6.5 m højt, med en Bulhøjde paa 2.3 m) ud paa fri Mark i jævnt overskyet Vejr og maalte hvor mange Procent

Tabel VII. Kulsyreudskilningen i Kronens forskellige Dele  
Kl. 12—24 i Juli.

Die Kohlensäureausscheidung der verschiedenen Teilen der Krone  
von 12 bis 24 Uhr im Juli.

| Kl. (Stunde)   | Kulsyreudskilning (Kohlensäureausscheidung)<br>mg CO <sub>2</sub> pr. 50 cm <sup>2</sup> |  |       |       |       |  | Kulsyre-<br>udskilning<br>pr. 50 cm <sup>2</sup><br>i 12 Timer<br>Kohlensäure-<br>ausscheidung<br>pro 50 cm <sup>2</sup><br>pro<br>12 Stunden<br>mg CO <sub>2</sub> |
|--|--|--|-------|-------|-------|--|---|
|  | 12—18  | 18—19  | 19—20 | 20—21 | 21—22 | 22—24                                    |   |
| Lys-<br>styrke <sup>1)</sup><br>Beleuchtungs-<br>styrke <sup>1)</sup><br>Lux | 6 Timer ved<br>6 Stunden bei<br>5700—13000   | 1 Time ved (1 Stunde bei)<br>3300 1500 650 150 |       |       |       | 2<br>Timer<br>ved<br>2 Stde.<br>bei<br>0 |   |
| Hoved-<br>akser<br>Hauptachsen<br>1 Aar gl.<br>1 Jahr alt                    | 0  | 0  | 0.55  | 1.05  | 1.35  | 2.94                                     | 5.89  |
| 2—6 Aar<br>2—6 Jahre   | 0  | 0.55   | 1.05  | 1.30  | 1.40  | 2.94                                     | 7.24  |
| Sideskud<br>Seiten-<br>sprossen<br>2 Aar<br>2 Jahre                          | 0  | 0  | 0.35  | 0.55  | 0.65  | 1.38                                     | 2.93  |
| 3—5 Aar<br>3—5 Jahre   | 0  | 0.05   | 0.30  | 0.40  | 0.45  | 0.96                                     | 2.16  |
| Lys-<br>styrke <sup>2)</sup><br>Beleuchtungs-<br>styrke <sup>2)</sup><br>Lux | 6 Timer ved<br>6 Stunden bei<br>7500—17000   | 1 Time ved (1 Stunde bei)<br>4300 1950 850 200 |       |       |       | 2<br>Timer<br>ved<br>2 Stde.<br>bei<br>0 |   |
| Sideskud<br>1 Aar gl.<br>Seiten-<br>sprossen<br>1 Jahr alt                   | 0  | 0  | 0.30  | 0.70  | 0.95  | 2.08                                     | 4.03  |

1) = 26 0/0 af det frie Dagslys (= 26 0/0 des freien Tageslichtes).

2) = 34 0/0 af det frie Dagslys (= 34 0/0 des freien Tageslichtes).

af det frie Dagslys, der faldt paa de enkelte Dele af Træet. Resultatet er gengivet i Tabel VI. For Sideskuddenes Vedkommende har jeg taget Gennemsnit af Oversidens og Undersidens Belysning, da det jo viste sig, at Assimilationsintensiteten rettede sig efter et saadant Gennemsnit. Det viser sig da, at Sideskud i første Aar faar ca. 34% af Dagslyset, medens alle andre Dele af Kronen (Blade undtagen) faar ca. 26%.

Tabel VIII. Kronens totale Kulsyreudskilning pr. Døgn ved 16.1° C i Juli.

*Totale Kohlensäureausscheidung der Krone pro 24 Stunden bei 16.1° C im Juli.*

| Alder,<br>Aar<br><i>Alter,<br/>Jahre</i> |     | Areal<br>cm <sup>2</sup> | Total Respiration<br>i Mørke pr. Døgn<br><i>Totale Respiration<br/>im Dunkeln pro 24<br/>Stunden</i><br>mg CO <sub>2</sub> | Total<br>Kulsyreudskilning<br>i Lys pr. Døgn<br><i>Totale<br/>Kohlensäureausscheidung<br/>im Licht pro 24 Stunden</i><br>mg CO <sub>2</sub> |
|--|-----|--------------------------|--|---|
| Hovedakser<br><i>Hauptachsen</i>         | 1   | 370                      | 261  | 87  |
|  | 2—6 | 2513                     | 1770   | 727   |
| Sideskud<br><i>Seitensprossen</i>        | 1   | 2000                     | 996  | 322   |
|  | 2   | 1288                     | 426  | 151   |
|  | 3—5 | 1748                     | 403  | 151   |
| Hele Kronen. <i>Ganze Krone</i>          |     |                          | 3856   | 1438  |

Besparelsens Størrelse =  $3.86 \div 1.44 = 2.42$  g CO<sub>2</sub> pr. Døgn.

*Grösse der Ersparnis =  $3.86 \div 1.44 = 2.42$  g CO<sub>2</sub> pro 24 Stunden.*

Vi kan nu gaa over til en Beregning af, hvor meget et 1ste Klassenes Asketræ kan indvinde af sin Aandingskulsyre ved Assimilation i Grenene.

Ved Hjælp af BOYSEN JENSENS Kurve (1932 p. 36) over Middellysstyrken til Døgnets forskellige Tider i Juli er den absolute Middellysstyrke paa Grene og Stammedele beregnet (Tabel VII), og paa de apparente Assimilationskurver (Fig. 11) er aflæst den til de respektive Lysstyrker svarende Kulsyreudskilning, som ogsaa er opført i Tabellen. Heraf er beregnet hvor meget Kulsyre, de enkelte Dele af Træet udskiller pr. 50 cm<sup>2</sup> i Løbet af et halvt Døgn fra Kl. 12 Middag til Midnat, og

da Døgnet antages at være symmetrisk m. H. t. Lysfordeling, faar man Kulsyreudskilningen pr. 50 cm<sup>2</sup> i et helt Døgn ved Multiplikation med 2. I Tabel VIII er opført Kronens totale Kulsyreudskilning dels i Mørke i 24 Timer og dels i et med Hensyn til Lysstyrke gennemsnitligt Julidøgn. Det viser sig, at Forskellen — Besparelsen ved regenererende Assimilation — er 2.42 g CO<sub>2</sub> pr. Døgn eller 63 % af Kronens Kulsyretab ved Respiration. Denne Værdi er det maksimale, for i en Bestand faar Asketræerne altid mindre Lys, end jeg har maalt i en Krone paa fri Mark, selv om de er herskende. Besparelsen i Stammen under Kronen maa sættes lig Nul. Lysstyrkerne i vandret Plan paa Prøvefladerne var 6.3 og 2.1 % af det frie Dagslys paa henholdsvis den udhuggede og den ikke udhuggede (BOYSEN JENSEN og MÜLLER 1927). Dette giver 3200 og 1100 Lux Kl. 12 Middag. I lodret Plan er Lysstyrken endnu lavere. Dels af denne Grund, dels fordi ældre Stammedele overhovedet assimilerer meget svagt (hos en 16 Aar gammel Stamme kunde der ved 2800 Lux ingen Assimilation påvises, se Tabel II), kan Besparelsen i den nedre Del af Stammen lades ude af Betragtning.

For at beregne hvor meget Kronens Besparelse andrager i Procent af hele Træets Respiration, maa man først beregne denne Totalrespiration. Af BOYSEN JENSEN og MÜLLERS Kurver (1927) over det procentiske Tørstofftab pr. Maaned ved Respiration og de tilhørende Tabeller kan man beregne en Respirationsintensitet paa 1.33 g CO<sub>2</sub> pr. kg Friskvægt pr. Døgn i Juli ved 16.1° C for et 1ste Klasses Træ paa den udhuggede Prøveflade, og det tilsvarende Tal for et 1ste Klasses Træ fra den ikke udhuggede Prøveflade bliver 1.57 g<sup>1</sup>). Omregnes disse

<sup>1</sup>) De her benyttede Respirationsintensiteter for hele Træer er fundet ved luftanalytiske Forsøg, hvor Forsøgs materialet — et helt Træ skaaret i 120 cm lange Stykker — var indelukket i en Beholder. Ved Hjælp af Kulsyreprocentens Stigning i en vis Tid og det Volumen, Kulsyren har at brede sig over, kan man beregne Respirationsintensiteten. Det nævnte Volumen er regnet lig Beholderens Volumen ÷ Halvdelen af Træets Volumen, hvilket betyder, at man til Luftrumfanget lægger det halve Vedvolumen som Korrektion for den Kulsyre, der forbliver opløst i Veddets Vand, der udgør ca. 50 Volumenprocent af Veddet. Dette gælder ret nøjagtigt for Bøg; for Ask er Vandindholdet snarere 30 Volumenprocent, men Størrelsen behøver ikke at kendes særlig nøjagtigt, da Veddets Volumen i Forsøgene kun udgør 5—10 % af Beholderens. Da Berettigelsen af Indførelsen af denne Korrektion forekommer NILS JOHANSSON (1933 b p. 247) »fulkomligt obegripligt«, skal den her omtales lidt nærmere. Naar Træet befinder sig i Beholderen og respirerer, stiger Kulsyretrykket i

Tal til et Træ af Størrelse som det, jeg har udmaalt, faas en Totalrespiration af henholdsvis 7.1 og 8.4 g pr. Døgn. Besparelsen pr. Døgn er som anført 2.4 g CO<sub>2</sub>, hvorfor den procentiske Besparelse er 34% for et Træ fra den udhuggede Prøveflade og 29% for et Træ fra den ikke udhuggede — forudsat at Kronen staar frit.

Luften udenom Veddet. Hvis man foruden Veddet havde noget rent Vand i Beholderen, vilde dettes Kulsyreindhold stadig stige, idet der tilstræbes en Ligevægt mellem Luftens og Vandets Kulsyretryk. Da rent Vand ved almindelig Temperatur opløser omtrent lige saa meget Kulsyre, som findes i samme Rumfang Luft under samme Tryk, vil det altsaa sige, at det omtrent er ligegyldigt, om Beholderen er helt fuld af Luft, eller en Del af Luften er erstattet med Vand. Nu findes Vandet imidlertid ikke i Bunden af Beholderen, men i Veddet; men dette gør ingen principiel Forskel; man maa alligevel tage Hensyn til det. Da det imidlertid ikke er rent Vand, der findes i Veddet, vil Kulsyreabsorptionsevnen være noget afvigende, og man maa derfor sørge for, at den nævnte Korrektion ikke kommer til at spille for stor Rolle, hvilket sker ved at gøre Beholderen saa stor i Forhold til Vedmassen, som det er muligt, naar Forskellen mellem Luftens Sammensætning før og efter en passende Forsøgstid skal være maaelig med en Fejl paa under 0.05%. I det af JOHANSSON gennemregnede Tilfælde er det 14.8 Liter store Bøgetræ anbragt i 130 l-Beholderen, og ikke som af ham antaget i 80 l-Beholderen; Asketræer paa 6—8 l er anbragt i samme Beholder. — Medens JOHANSSON har Ret i, at Kulsyretrykket i et Træ, som det staar i Skoven, er omtrent konstant, er det lige saa sikkert, at det stiger, naar Kulsyretrykket i den Træet omgivende Luft stiger, og en Korrektion som den nævnte er principielt rigtigere end ingen Korrektion. Hos BOYSEN JENSEN, 1928, vil JOHANSSON kunne finde en saadan Korrektion anført og motiveret (p. 683).

Et andet Punkt, som ifølge JOHANSSON skulde have gjort de af BOYSEN JENSEN og MÜLLER fundne Respirationsværdier for høje, er Saarpirringen. Regner man imidlertid med, at Saarpirringen i Løbet af Forsøgstiden breder sig 20 cm bort fra Saarfladen, hvad der maa anses for stærkt overdrevet, og at den da andrager 100%, hvad der for 5—7 Timers Forsøg ogsaa i de fleste Tilfælde er overdrevet, saa faar man for et 120 cm langt Stammestykke en Respiration, der er 133% af den normale (33% for høj). Selv med disse overdrevne Tal kommer man altsaa ikke op paa Aandingsintensiteter, der er 3 Gange for store, som JOHANSSON i hvert Fald oprindeligt syntes tilbøjelig til at mene, at de danske var.

Forøvrigt viser det sig, at JOHANSSONS Respirationsværdier for større Partier af et Træ (beregnet i et Arbejde fra 1934) ikke er lavere end de danske, som for ca. 22 aarige Aske og Bøge af 1ste Kl. varierer mellem 12 og 20 mg CO<sub>2</sub> pr. Døgn for alle overjordiske Dele undtagen Blade, medens JOHANSSONS Værdier for Stammen alene for ca. 25-aarige Fyrretræer beregnes til 14—24 g CO<sub>2</sub> og for en ca. 50 aarig Birk til 17 g pr. Døgn.

Det kan tilføjes, at en Beregning af Besparelsen udført paa Grundlag af Vægten i Stedet for Overfladen har givet Tal af omtrent samme Størrelse, men en saadan Beregning er mere omstændelig, da Respirationsintensiteten pr. 100 g pr. Time ikke er konstant for de forskellige Aargange af Træets Dele. Endvidere kan det bemærkes, at Besparelsen for Sideskud og Hovedakser procentisk er omtrent ens.

Besparelsen den øvrige Del af Aaret afhænger af den Lysstyrke, Grenene er udsat for. I Juni Maaned er Lysforholdene de samme som i Juli, men i de øvrige Maaneder vil Grenene, saa længe der er Blade paa Træerne, faa mindre Lys end beregnet for Juli, idet Dagene bliver kortere. Ogsaa i de Maaneder Træerne staar bladløse (til Slutningen af Maj), maa de anførte Besparellesprocenter anses for at være de maksimale, thi selv om Grenene faar en større Procentdel af det frie Dagslys, er dette for det første meget svagere (ifølge GABRIELSEN (1934) i Januar kun ca. 10 % af Lyset i Juli), og for det andet er Døgnet lyse Timer færre. Endelig er selve Træets Respiration i December, Januar, Februar og Marts enten praktisk taget lig Nul eller ganske lav, saa at en Forskel mellem Besparellesprocenten i Juli og i de nævnte Maaneder ikke vil kunne mærkes paa den absolute Besparelse i et Aar. Lader man altsaa Besparellesprocenterne for Juli gælde ogsaa den øvrige Del af Aaret, faar man ogsaa i dette Tilfælde Maksimalværdier for den sparede Kulsyremængde.

For at kunne skønne over Besparelsen hos 2den og 3die Klases Træer har jeg beregnet en Kurve over Besparelsen i Procent af Kronens Respiration (Fig. 12) ved de forskellige Lysstyrker, som Kronen (Gren- og Stammedele) kan være belyst med, udtrykt i Procent af det frie Dagslys.

Af denne Kurve fremgaar det, at den teoretiske Maksimalbesparelse (77 %) er over Halvdelen af Kronens Respiration, hvilket naturligvis skyldes, at det er lyst over Halvdelen af Døgnet i Juli. Endvidere ses det, at først naar Belysningen gaar ned under 15 % af det frie Dagslys, synker Besparelsen væsentligt, medens den er omtrent den samme ved 15 % og f. Eks. 50 % af Dagslyset. Dette hænger sammen med, at først naar Lyset hele Dagen er under Kompensationspunktet (der ligger mellem 5 og 10 % af det frie Dagslys), er Besparelsen retlinet proportional med den procentiske Lysstyrke. Høje procentiske Lysstyrker kommer kun ned under Kompensationspunktet i Aften-

timerne, og den øvrige Del af Dagen er Lyset i Overskud og Besparelsen f. Eks. ved Middagstid ens ved 15 % og 50 % af det frie Dagslys nemlig lig 100 % af Aandingen.

Ved Hjælp af denne Kurve og et Skøn over Lysstyrkerne i Trækronerne kan man faa en Forestilling om Besparelsen i Træklasserne II og III og i en hel Bestand. Paa dette Grundlag har jeg udført nogle Beregninger, ved hvilke der yderligere er taget Hensyn til, at Kronen i de forskellige Træklasser ikke udgør samme procentiske Del af hele Træet. Resultaterne, der

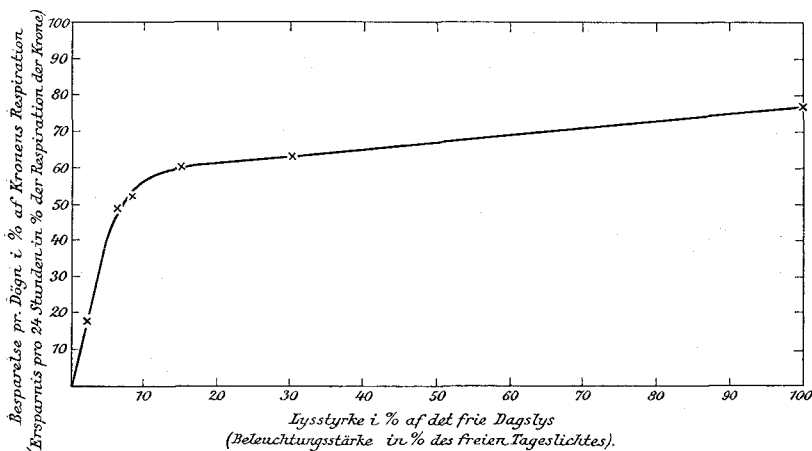


Fig. 12. Besparelsens Afhængighed af den procentiske Lysstyrke.  
 Abhängigkeit der Ersparnis von der prozentualen Beleuchtungsstärke.

gælder Prøvefladerne i 1923—24 er samlet i Tabel IX, hvoraf det fremgaar, at Besparelsen er 23—28 % af Bevoksningernes totale Respiration.

For Prøvefladerne, som de var i 1927—28, bliver Besparelsen — udregnet paa samme Maade — i den ikke udhuggede Prøveflade ca. 26 % og i den stærkt udhuggede ca. 30 % af hele Bestandens Respiration. Tallene er sikkert noget for høje, men et Blik paa Fig. 12 viser, at over ca. 10 % af det frie Dagslys vil selv en stærk Overvurdering af Lysstyrken kun medføre en ringe Overvurdering af Besparelsen. Man kommer vist Sandheden temmelig nær, hvis man siger, at Besparelsen ligger omkring 20—25 % aarlig og er noget større paa den stærkt udhuggede Prøveflade end paa den ikke udhuggede.

Tabel IX. Besparelsen ved regenererende Kulsyreassimilation  
i de enkelte Træklasser og i hele Bestande.

*Die Ersparnis bei regenerierender Kohlensäureassimilation in den einzelnen Baumklassen und in ganzen Beständen.*

1923—24.

|   | Ingen Udtynding<br><i>Keine Durchforstung</i> |                  |                   |           | Stærk Udtynding<br><i>Starke Durchforstung</i> |                  |                   |           |
|---|---|------------------|-------------------|-----------|--|------------------|-------------------|-----------|
|   | Kl. I   | Kl. II           | Kl. III           | Kl. I-III | Kl. I  | Kl. II           | Kl. III           | Kl. I-III |
| Lysstyrke i Kronen i Procent af det frie Dagslys<br><i>Beleuchtungsstärke in der Krone in Prozenten des freien Tageslichtes</i> | 30 <sup>1)</sup>                              | 16 <sup>2)</sup> | 2.1 <sup>3)</sup> |           | 30 <sup>1)</sup>                               | 18 <sup>2)</sup> | 6.3 <sup>3)</sup> |           |
| Besparelse i % af Kronens Respiration<br><i>Ersparnis in % der Respiration der Krone</i>  | 63  | 60               | 18                |           | 63   | 61               | 48                |           |
| Besparelse i % af hele Træets Respiration<br><i>Ersparnis in % der Respiration des ganzen Baumes</i>                            | 29  | 20               | 2                 |           | 34   | 22               | 11                |           |
| Besparelse i ton Tørstof pr. Hektar<br><i>Ersparnis in t Trockensubstanz pro ha</i>   | 0.49  | 0.20             | 0.01              | 0.70      | 0.54   | 0.23             | 0.01              | 0.78      |
| Besparelse i % af hele Bestandens Respiration<br><i>Ersparnis in % der Respiration des ganzen Bestandes</i>                     |   |                  |                   | 23        |  |                  |                   | 28        |

<sup>1)</sup> Maalt af mig i en Krone paa fri Mark.

*Von mir in einer Krone auf freiem Felde gemessen.*

<sup>2)</sup> Skønnet (Middelværdien af Belysningen i Kronerne af Kl. I og Kl. III).  
*Geschätzt (Mittelwert der Beleuchtungsstärken in den Baumkronen aus Kl. I und Kl. III).*

<sup>3)</sup> Maalt af BOYSEN JENSEN og MÜLLER (1927) ca. 1½ m over Skovbunden.  
*Von BOYSEN JENSEN und MÜLLER (1927) etwa 1½ m über dem Waldboden gemessen.*



I Tabel X er opstillet nogle af de Størrelser, som staar i Relation til Stofproduktionen, dels som de er angivet af BOYSEN JENSEN 1930 og dels korrigeret for regenererende Assimilation. Det maa bemærkes, at Bruttoproduktionen bliver mindre end oprindelig beregnet, da den er fremgaaet ved Summering af Tilvækst, Bladtab og Respirationstab, og dette sidste bliver mindre ved den regenererende Assimilation. Man ser, at Korrektionen paa Bruttoproduktionen kun bliver 9—10%.

Tabel X. Beregning af nogle af de Størrelser, der staar i Relation til Stofproduktionen, pr. Hektar.

*Berechnung von einigen der Grössen, die zur Stoffproduktion in Beziehung stehen, pro Hektar.  
1927—28.*

|   | Ukorrigeret<br><i>Unkorrigiert</i> |                       | Korrigeret for regenererende Assimilation<br><i>Für regenerierende Assimilation korrigiert</i> |                       |
|---|------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|
|   | Udtynding<br><i>Durchforstung</i>  |                       | Udtynding<br><i>Durchforstung</i>  |                       |
|   | Ingen<br><i>Keine</i>              | Stærk<br><i>Stark</i> | Ingen<br><i>Keine</i>  | Stærk<br><i>Stark</i> |
| Tørstoffab ved Bladtab, ton<br><i>Trockensubstanzverlust durch Laubfall, t</i>        | 2.4                                | 2.3                   | 2.4  | 2.3                   |
| Tørstoffab ved Respiration, ton<br><i>Trockensubstanzverlust durch Respiration, t</i> | 3.7                                | 2.8                   | 2.8 <sup>1)</sup>  | 2.0 <sup>2)</sup>     |
| Tilvækst i Tørstof, ton <sup>3)</sup><br><i>Zuwachs an Trockensubstanz, t</i>         | 2.9                                | 4.0                   | 2.9  | 4.0                   |
| Bruttoproduktion af Tørstof, ton<br><i>Bruttoproduktion von Trockensubstanz, t</i>    | 9.0                                | 9.1                   | 8.1  | 8.3                   |

1) Besparelsen sat lig 23%. *Die Ersparnis gleich 23% gesetzt.*

2) — — — 27%. — — — 27% —

3) 1 ton Tørstof = 2.09 m<sup>3</sup> Ved. 1 t Trockensubstanz = 2.09 m<sup>3</sup> Holz.

Spørgsmaalet om, hvilken Betydning den regenererende Kulsyreassimilation har for Tilvæksten pr. Hektar, kan besvares ved følgende Oversigt, der angiver Besparelsen i Procent af Tilvæksten:

|                   | Ingen Udtynding | Stærk Udtynding |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| 1923—24 . . . . . | 15%             | 25%             |
| 1927—28 . . . . . | 30%             | 20%             |

Det vil saaledes for den sidste Periodes Vedkommende sige, at 20—30 % af Tilvæksten paa Prøvefladerne skyldes Assimilation i Barken.

Resultatet af denne Undersøgelse bliver altsaa, at Asken i sin Bark har et Assimilationsvæv, som for saa vidt er gunstigere stillet end Bladenes, som det ikke er hemmet af Spalteaabninger, der kan lukke for Kulsyretilførslen, da denne udelukkende sker indefra. Selv om dette Assimilationsvæv ikke kan forøge Træets Tørstofindhold, kan det dog ved sin besparende Virksomhed bevirke, at Tilvæksten bliver større, og det i en ikke ganske uvæsentlig Grad.

### *Resumé.*

1. Udvoksede Askegrene er i Stand til, i tilstrækkelig stærkt Lys, at assimilere al den Kulsyre, de producerer ved Aandingen, men kan ikke optage Kulsyre fra Luften.

2. I et med Hensyn til Temperatur og Lysstyrke gennemsnitligt Julidøgn kan en yngre fritstaaende Askekroner ved regenerende Kulsyreassimilation spare 63 % af den ved Aandingen producerede Kulsyremængde, som ellers vilde gaa tabt.

3. Denne Besparelse andrager for herskende Træer i en yngre Bestand maksimalt 29—34 % af hele Respirationen i Stammer og Grene.

4. Besparelsen paa Prøvefladerne som Helhed ligger omkring 20—25 % af Stammers og Grenes aarlige Respiration, men er noget større i den udhuggede end i den ikke udhuggede Prøveflade. Bruttoproduktionen bliver 9—10 % mindre end tidligere beregnet.

5. Den i Barken assimilerede Stofmængde andrager 15—30 % af Tilvæksten paa Prøvefladerne.

## CITERET LITTERATUR

- BLACKMAN, F. F. 1905. Optima and Limiting Factors. *Ann. of Bot.* 19, p. 281.
- BOYSEN JENSEN, P. 1921. Studier over Stoffproduktionen i Skov. *Dansk Skovforenings Tidsskr.* p. 306.
- , 1928. Messung des Gaswechsels während der aeroben und anaeroben Pflanzenatmung. I OPPENHEIMER-PINCUSSEN: Die Fermente und ihre Wirkungen, Bd. III: Die Methodik der Fermente, p. 671.
- , 1929. Studier over Skovtræernes Forhold til Lyset. *Dansk Skovforenings Tidsskr.* p. 5.
- , 1930. Undersøgelser over Stoffproduktionen i yngre Bevoksninger af Ask og Bøg, II. (Undersuchungen über die Stoffproduktion in jungen Beständen von Esche und Rotbuche.) *Det forstl. Forsøgsvæsen i Danmark.* X, p. 365.
- , 1932. Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena.
- , 1933. Über die Bestimmung der Assimilationsintensität. *Planta (Berl.)*, 21, p. 368.
- BOYSEN JENSEN, P. og D. MÜLLER. 1927. Undersøgelser over Stoffproduktionen i yngre Bevoksninger af Ask og Bøg, I. (Undersuchungen über die Stoffproduktion in jungen Beständen von Esche und Rotbuche.) *Det forstl. Forsøgsvæsen i Danmark.* IX, p. 221.
- GABRIELSEN, E. K. 1934. Untersuchungen über den Kohlenstoffhaushalt einer Gewächshauspflanze im Winter bei Tageslicht und mit elektrischer Zusatzbeleuchtung. *Planta (Berl.)* 22, p. 180.
- JOHANNSEN, W. 1887. Iagttagelser over det »besparende« Kulsyre-Assimilationssystem i Græsfrugtknuden. Foredrag ref. i *Medd. fra Den Bot. Foren. i Kjøbenhavn*, 2, p. 26.
- , 1897. Studier over Planternes periodiske Livsytringer. I. Om antagonistiske Virksomheder i Stofskiftet særlig under Modning og Hvile. *Dsk. Vidensk. Selsk. Skr.* 6. Række, naturv. og mathem. Afd. VIII, 5, p. 273.
- JOHANSSON, NILS. 1933a. Sambandet mellan vedstammens andning och dess tillväxt. *Svenska Skogsvdsfören. tidskr.* 31, p. 53.
- , 1933b. Om förvedade stammers andning, dess fastställande och betydelse. *Ibid.* p. 242.
- , 1934. Über den Einfluss des Bestandes auf den Kohlensäuregehalt der Waldluft. *Ibid.* 32, p. 51.
- KUIJPER, J. 1910. Über den Einfluss der Temperatur auf die Atmung der höheren Pflanzen. *Rec. d. trav. Néerlandais*, VII, p. 1.
- KURSSANOW, A. L. 1934. Die Photosynthese grüner Früchte und ihre Abhängigkeit von der normalen Tätigkeit der Blätter. *Planta (Berl.)* 22, p. 240.
- MATTHAEI, GABRIELLE L. C. 1904. Experimental Researches on Vegetable Assimilation and Respiration, III. On the Effect of Temperature on Carbon-Dioxide Assimilation. *Phil. Trans. Roy. Soc. London.* B. 197, p. 47.

- MÜLLER, D. 1924. Studies on Traumatic Stimulus and Loss of Dry Matter by Respiration in Branches from Danish Forest-Trees. Dansk Bot. Arkiv, 4, No. 6.
- , 1928. Die Kohlensäureassimilation bei arktischen Pflanzen und die Abhängigkeit der Assimilation von der Temperatur. Planta (Berl.) 6, p. 22.
- OPITZ, F. 1931. Beitrag zur Kenntnis der Holzatmung. Bot. Archiv, 31, p. 209.
- WARMING, E. og W. JOHANNSEN. 1900. Den almindelige Botanik. København.

## REGENERIERENDE KOHLENSÄUREASSIMILATION BEI ESCHENÄSTEN

### I. Einleitung. Versuchsmaterial.

Durch Untersuchungen von BOYSEN JENSEN und MÜLLER (1927) und BOYSEN JENSEN (1930) ist der Substanzverlust durch Atmung in Stämmen und Ästen junger Bestände von Eschen und Rotbuchen bestimmt und für Stoffproduktionsberechnungen verwendet worden. Die Objekte waren während der Messungen im Dunkeln gehalten. Nun enthalten alle jungen Äste Chlorophyll, und es wäre deshalb möglich, dass im Licht etwas von der sonst verlorengehenden Kohlensäure wieder assimiliert werden könnte. Dies dürfte besonders für die Ökonomie der Eschen, deren Stämme und Äste mehrere Jahre hindurch auch aussen grün erscheinen, von wesentlicher Bedeutung sein. Bei der Buche durchscheint dagegen die Farbe des Chlorophylls nicht die Korkschicht.

Im Jahre 1934 hat Professor BOYSEN JENSEN eine solche besparende Kohlensäureassimilation bei Eschenästen nachgewiesen, und im Sommer 1935 habe ich die Arbeit übernommen. Die Untersuchungen wurden in Lille Bøgeskov bei Sorø mit 15—20jährigen, nicht-unterdrückten Bäumen aus der nächsten Umgebung von denselben Probestflächen ausgeführt, die BOYSEN JENSEN und MÜLLER benutzt haben.

Die Figuren 1 und 2 zeigen den anatomischen Bau der Rinde eines 1-jährigen Eschenastes. Man sieht, dass Kohlensäure aus der Atmosphäre (mit nur 0.03%) sehr geringe Möglichkeiten hat eindringen zu können, (während Sauerstoff und Atmungskohlensäure, die höhere Spannungen haben, in für die Atmung genügenden Mengen diffundieren können). Die Lentizellen verbessern wegen ihrer geringen Anzahl, 15—30 pro cm<sup>2</sup> (gegen 4000—30000 Spaltöffnungen pro cm<sup>2</sup> von Blättern) diese Möglichkeiten nur ganz verschwindend. Es fehlt ein Schwammparenchym in direkter Verbindung mit der Atmosphäre um ein wesentliches Eindringen von CO<sub>2</sub> in die Äste zu ermöglichen.

In Früchten haben W. JOHANNSEN (1887 p. 26, und 1897) mittels der Jodprobe und KURSSANOW (1934) durch Kohlensäurebestimmungen eine regenerierende Assimilation nachgewiesen. NILS JOHANSSON (1933) konnte bei *Sorbus*stämmen keine Abnahme der Kohlensäureausscheidung bei Beleuchtung nachweisen.

## II. Methodisches.

Sowohl in den Respirations- als in den Assimilationsversuchen ist Kohlensäure abgegeben worden, weniger aber in den Assimilations- als in den Respirationsversuchen mit demselben Ast. Die gefundene Differenz — die Verminderung der Kohlensäureproduktion bei Beleuchtung — ist die reelle Assimilation. Prinzip der Methode bilden daher Kohlensäurebestimmungen in Luft, die den Ast passiert hat, wobei der Ast teils verdunkelt, teils beleuchtet ist. Apparatur und Reagenzien für die Kohlensäurebestimmungen waren genau wie bei BOYSEN JENSEN (1933), Rezipienten und Beleuchtungsweise dagegen abweichend. Als Rezipienten für das Versuchsmaterial wurden Glasröhren, 50 cm lang und mit 2.5 oder 3.5 cm Lumen, Wandstärke 1—1½ mm, benutzt. Sie wurden mit durchbohrten Kautschukstöpsel mit Zu- und Ableitungsröhren versehen. Ein Thermometer konnte den Ast berühren und ragte durch einen Stöpsel hinaus. (Fig. 3). Sobald der Ast abgeschnitten war, und Blätter oder Seitensprossen entfernt waren, wurde er gewogen, und alle Schnittflächen wurden mit geschmolzener Kakaobutter beschmiert, um abnorme CO<sub>2</sub>-Abgabe zu verhindern. Nach Messung der Oberfläche wurde er im Rezipienten angebracht, dieser geschlossen, für Respirationsversuche innen mit schwarzem und aussen mit weissem Papier umhüllt und mit dem CO<sub>2</sub>-Absorptionsrohr verbunden.

Wenn Assimilationsversuche vorgenommen werden sollten, wurde das Papier entfernt und der Rezipient wie in den Figuren 3, 4 und 5 angebracht. Mittels weisser Papierbogen wurden Ober- und Unterseite des Astes annähernd gleich beleuchtet, wobei jedoch das untere Ende etwas besser beleuchtet wurde als das obere. Die Lichtmessungen wurden nach BOYSEN JENSEN (1932, p. 21) vorgenommen. Der Lichtmesser wurde parallel zum Rezipienten, die empfindliche Seite aufwärts bzw. abwärts gekehrt, gehalten. Der Lichtmesser wurde langsam am Rezipienten entlang geführt, um den Unterschied der Beleuchtung zwischen dem oberen und dem unteren Ende auszugleichen. Man erhält dann einen Durchschnitt der Beleuchtungsstärke an der Ober- und Unterseite, der mit 0.95 multipliziert wird als Korrektion für die Reflexion der Glaswand, die 5% beträgt.

Es war nicht möglich, die Versuche bei konstanter Temperatur durchzuführen. Der Versuchsgang wurde daher der folgende: Erst wurde eine Serie Respirationsversuche bei den vorhandenen Temperaturen, die aufgezeichnet wurden, dann eine Serie Assimilationsversuche bei Temperaturen, die ebenfalls aufgezeichnet wurden, und schliesslich eine Serie Respirationsversuche wie die ersten ausgeführt. Die Respirationswerte wurden in ein Koordinatensystem eingesetzt mit der Temperatur als Abszisse und der Respirationsintensität als Ordinate. Durch die Punkte wurde eine Kurve gezogen, wenn sie sich über ein passendes Intervall erstreckten (widrigenfalls wurde mittels Verhältniszahlen aus einer anderen, ähnlichen Kurve umgerechnet). Der so konstruierten Kurve wurden dann die der Temperatur in jedem einzelnen Assimilationsversuch entsprechenden Werte entnommen. Die Differenz

zwischen einem dieser Werte und der entsprechenden CO<sub>2</sub>-Abgabe in Licht ist dann die reelle Assimilationsintensität bei der betreffenden Beleuchtungsstärke.

Tabelle I veranschaulicht das Verfahren und Protokollieren in einer Versuchsserie, und Fig. 6 zeigt die zugehörige Temperatur/Respirationskurve sowie eine entsprechende Kurve aus einem anderen Versuch.

In sämtlichen Tabellen und Abbildungen bedeutet 1jährig: in diesem Jahre entwickelt, 2jährig: im vorigen Jahr entwickelt usw.

### III. Assimilation und Respiration in den verschiedenen Teilen des Baumes.

In der Tabelle II sind die Assimilationsintensitäten der verschiedenen Stamm- und Aststücke angeführt, und Fig. 7 und 8 zeigen die entsprechenden Kurven über die Abhängigkeit der reellen Assimilationsintensität von der Beleuchtungsstärke. Mit Ausnahme der Hauptachsen im 1. Jahr sind die Kurven geradlinig. Die Assimilationsintensitäten übersteigen in gewissen Fällen beträchtlich die durchschnittliche Respirationsintensität im Juli (vergl. Fig. 10). Dies bedeutet jedoch nicht, dass Kohlensäure aus der Aussenluft aufgenommen worden sei, was in keinem der Versuche stattgefunden hat; es hängt vielmehr damit zusammen, dass die Versuche bei hohen Beleuchtungsstärken auch bei höheren Temperaturen ausgeführt wurden als die bei den niedrigen Beleuchtungsstärken ausgeführten. Wenn es möglich gewesen wäre, die Temperatur konstant zu halten, hätte sich höchst wahrscheinlich ergeben, dass die Kurven bei irgend einer Beleuchtungsstärke »knickten« und horizontal würden, weil die Äste bei dieser Beleuchtungsstärke die gesamte bei der Respiration produzierte Kohlensäure zu assimilieren vermöchten. Wenn dagegen die Temperatur gleichzeitig mit der Beleuchtungsstärke steigt, wird auch die Kohlensäureproduktion gesteigert, und damit ist dem grünen Gewebe die Möglichkeit einer gesteigerten Assimilation gegeben. Nur bei den besonders stark assimilierenden Hauptachsen im 1. Jahr ist die Kohlensäureproduktion bei 25° C, wo der Versuch bei 9500 Lux gemacht wurde, für die Assimilation, die man nach dem ersten Teil der Kurve erwarten sollte, nicht hinreichend.

Da anzunehmen ist, dass das Licht als begrenzender Faktor gewirkt hat, bin ich davon ausgegangen, dass die Temperaturschwankungen keinen Einfluss auf die reelle Assimilation ausgeübt hat.

In den mit einem Stern auf der Abszissenachse bezeichneten Versuchen (Fig. 8) sind die Äste horizontal gelegt und nur von oben beleuchtet. Unten lag schwarzes Papier, und hiervon war die Beleuchtung nur 4—7% der Beleuchtung der Oberseite. Die dieser Beleuchtungsweise entsprechende Assimilationsintensität ist dieselbe, die einer Beleuchtung mit der durchschnittlichen Beleuchtungsstärke von beiden Seiten entspricht. Dies ist bei der Berechnung der Assimilation bei Seitensprossen *in situ* von Wichtigkeit.

Die Atmungsintensitäten sind in der Tabelle III angeführt, und zwar bei  $16.1^{\circ}$  C — der Mitteltemperatur im Juli. Zwecks Verwendung bei späteren Berechnungen sind die Atmungswerte ausser pro 100 g Frischgewicht pro Stunde auch pro  $50\text{ cm}^2$  Rindenoberfläche angegeben (Fig. 9 und 10). Man muss sich bei dieser Umrechnung sichern, dass das Verhältnis Gewicht : Oberfläche einigermaßen gleichartig ist für das Versuchsmaterial und den Baum, für den man später die Respiration berechnen will. Dieses Verhältnis ist auch in der Tabelle angeführt. Einige Versuche, in welchen dieses Verhältnis stark abweichend war, sind ausgeschaltet.

Pro  $50\text{ cm}^2$  Rindenoberfläche und Stunde berechnet, ist die Respirationsintensität der Hauptachsen verschiedenen Alters annähernd konstant, im Durchschnitt  $1.47\text{ mg CO}_2$  bei  $16.1^{\circ}$  C. Für die Seitensprossen ist dagegen die Atmungsintensität mit dem Alter sinkend, (was damit zusammenhängt, dass die Oberfläche pro 100 g Frischgewicht bei den Seitensprossen mit dem Alter nicht so stark abnimmt wie bei den Hauptachsen).

Die von mir gefundenen Respirationsintensitäten sind mit denen von MÜLLER (1924) und OPITZ (1931) gut übereinstimmend. — Der Wundreiz hat höchst wahrscheinlich in meinen Versuchen keine Rolle gespielt, weil die ersten Messungen schon etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde nach dem Abschneiden der Äste vorgenommen sind, und die letzten Werte einer Versuchsserie eben so häufig niedriger wie höher als die ersten sind.

Subtrahiert man von der Atmung die reelle Assimilation bei den verschiedenen Beleuchtungsstärken, bleibt die Kohlensäureausscheidung bei diesen Beleuchtungsstärken übrig. Fig. 11 zeigt diese Kohlensäureausscheidungen, jedoch als negative Grössen abgesetzt. Diese Kurven stellen die sogenannte *apparente Assimilation* dar und entsprechen dem unter dem Kompensationspunkt — die Beleuchtungsstärke, bei der die Assimilation und Atmung gleich sind — verlaufenden Teil der Assimilationskurven der Blätter (vgl. z. B. BOYSEN JENSEN 1932). Die Kompensationspunkte der Kurven in Fig. 11 werden sich bei steigender Temperatur nach höheren Beleuchtungsstärken verschieben. Diese Kurven sollen für Berechnung der Kohlensäureausscheidung eines Eschenbaums bei den verschiedenen Beleuchtungsstärken während der Dauer von 24 Stunden benutzt werden.

#### *IV. Berechnung der Ersparnis bei regenerierender Kohlensäureassimilation.*

Um die Ersparnis bei regenerierender Kohlensäureassimilation für einen Eschenbaum zu berechnen, habe ich einen Baum 1. Klasse (d. h. einen herrschenden) hinsichtlich der Astoberfläche und des Gewichts der verschiedenen Jahrgänge usw. ausgemessen. Der Baum nimmt eine Zwischenstellung zwischen einem Baum 1. Klasse aus der stark durchforsteten Probefläche und einem Baum 1. Klasse aus der nicht durchforsteten Probefläche ein (BOYSEN JENSEN und MÜLLER 1927), was aus der Tabelle IV hervorgeht. In der Tabelle V sind die Messungen für die verschiedenen Jahrgänge spezifiziert.

Weiter habe ich eine Eschenkrone (von einem Baum 1. Klasse, 6.5 m hoch, Schafthöhe 2.3 m) auf freiem Felde bei gleichmässig überwölktem Himmel ausgepflanzt und dann gemessen, wie viel Prozent des freien Tageslichts die verschiedenen Teile des Baumes geniessen. Bei den Seitensprossen wurde ein Durchschnitt der Beleuchtung auf der Oberseite und der Unterseite genommen, da es sich ja gezeigt hat, dass die Assimilationsintensität sich nach einem solchen Durchschnitt richtet. Das Resultat wird, dass auf Seitensprossen im 1. Jahr 34<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, während auf alle anderen Teile der Krone (Blätter ausgenommen) 26<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des Tageslichts entfallen (Tabelle VI).

Mittels der Kurve BOYSEN JENSEN'S (1932 p. 36) über die durchschnittliche Beleuchtung in den verschiedenen Stunden im Juli sind die absoluten, durchschnittlichen Beleuchtungsstärken auf Ast- und Stammteilen berechnet worden (Tabelle VII), und auf den apparenten Assimilationskurven (Fig. 11) sind die den respektiven Beleuchtungsstärken entsprechenden Kohlensäureausscheidungen abgelesen und in der Tabelle angeführt. Hiervon ist berechnet worden, wieviel Kohlensäure die einzelnen Teile des Baums pro 50 cm<sup>2</sup> von Mittag bis Mitternacht ausscheiden, und durch Multiplikation mit 2 bekommt man die Kohlensäureausscheidung pro 50 cm<sup>2</sup> in 24 Stunden. In der Tabelle VIII ist die totale Kohlensäureausscheidung der Krone im Dunkeln und in dem pro 24 Stunden vorhandenen Licht aus den Zahlen der Tabelle VII berechnet. Der Unterschied — die Ersparnis bei regenerierender Assimilation — ist 2.42 g CO<sub>2</sub> pro 24 Stunden oder 63<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Verlust an Kohlensäure bei der Respiration der Krone. Die Ersparnis im Stammteil unter der Krone ist wegen der geringen Beleuchtungsstärke und der sehr schwachen Assimilation (Tabelle II, 16jährige Hauptachse) gleich Null zu setzen.

Um die Ersparnis in Prozenten der Respiration des ganzen Baums berechnen zu können ist es notwendig, zuerst diese Totalrespiration zu berechnen. Aus den Kurven BOYSEN JENSEN und MÜLLER'S (1927) über den prozentualen Verlust an Trockensubstanz pro Monat und den zugehörigen Tabellen errechnet sich eine Respirationsintensität von 1.33 g CO<sub>2</sub> je kg Frischgewicht pro 24 Stunden im Juli bei 16.1<sup>0</sup> C für einen Baum 1. Klasse auf der stark durchforsteten Probefläche. Der entsprechende Wert für einen Baum 1. Klasse auf der nicht durchforsteten Probefläche wird 1.57 g CO<sub>2</sub>. Werden diese Zahlen auf einen Baum einer Grösse wie der von mir ausgemessenen umgerechnet, ergibt sich eine Totalrespiration von 7.1 bzw. 8.4 g CO<sub>2</sub> pro 24 Stunden. Die Ersparnis pro 24 Stunden war wie erwähnt 2.4 g CO<sub>2</sub>. Die prozentuale Ersparnis wird dadurch 34<sup>0</sup>/<sub>0</sub> für einen herrschenden Baum aus der durchforsteten Probefläche und 29<sup>0</sup>/<sub>0</sub> für einen Baum aus der nicht durchforsteten Probefläche betragen, — wenn die Krone frei steht.

Die Ersparnis im übrigen Teil des Jahres hängt von der Beleuchtungsstärke auf den Ästen ab. Im Juni sind die Lichtverhältnisse wie im Juli, in den übrigen Monaten aber werden die Äste, solange Blätter auf den Bäumen sind, weniger Licht bekommen als für Juli berechnet. Auch in den Monaten, in welchen die Bäume entlaubt sind, dürfen die angeführten Ersparnisse als maximal anzusehen sein, denn obwohl



die Äste einen grösseren prozentualen Teil des Tageslichts bekommen, ist dieses Licht erstens viel schwächer (nach GABRIELSEN, 1934, im Januar nur 10% des Lichts im Juli), und zweitens gibt es weniger helle Stunden pro Tag. Schliesslich ist die Respiration des Baums im Dezember, Januar, Februar und März gleich Null oder jedenfalls ganz niedrig, sodass ein Unterschied zwischen den Ersparnisprozenten im Juli und in den genannten Monaten nicht an der absoluten Ersparnis eines Jahres merkbar ist. Die Ersparnisprocente für Juli können somit als die maximalen Ersparnisprocente für das ganze Jahr angesehen werden.

Um die Ersparnis auch bei Bäumen 2. und 3. Klasse schätzen zu können habe ich eine Kurve über die Ersparnis im Juli in Prozenten der Respiration der Krone bei den verschiedenen Beleuchtungsstärken auf Ast- und Stammteilen berechnet (Fig. 12). Man sieht hier, dass die Ersparnis z. B. bei 15% und 50% des Tageslichts ungefähr die gleiche ist. Erst wenn das Licht den ganzen Tag unter dem Kompensationspunkt (zwischen 5 und 10% des Tageslichts) gelangt, ist die Ersparnis geradlinig proportional zur prozentualen Beleuchtungsstärke. Bei Beleuchtungsstärken über 15% des Tageslichts ist das Licht den grössten Teil des Tages in Überschuss, d. h. über dem Kompensationspunkt. — Mittels dieser Kurve und einer Schätzung der Beleuchtungsstärken in den Baumkronen kann man sich eine Vorstellung von der Ersparnis in Bäumen 2. und 3. Klasse und in ganzen Beständen machen. Tabelle IX zeigt das Resultat einiger auf dieser Grundlage ausgeführten Berechnungen, bei welchen auch berücksichtigt wurde, dass die Krone in den verschiedenen Baumklassen nicht denselben prozentualen Teil des Baums ausmacht. Für 1923—24 betrug die Ersparnis 23—28% der Respiration der Probeflächen; für 1927—28 auf dieselbe Weise ausgerechnet 26—30%. Diese Zahlen sind gewiss etwas zu hoch; die wahre Ersparnis beträgt wohl etwa 20—25% und ist etwas höher auf der durchforsteten als auf der nicht durchforsteten Probefläche.

Tabelle X zeigt einige der Grössen, die in Beziehung zur Stoffproduktion stehen, und zwar teils wie bei BOYSEN JENSEN 1930 angegeben, und teils für regenerierende Assimilation korrigiert. Die Bruttoproduktion wird nur um 9—10% reduziert.

Die folgende Übersicht zeigt die Ersparnis in Prozenten des Zuwachses:

|                   | Keine<br>Durchforstung | Starke<br>Durchforstung |
|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 1923—24 . . . . . | 15 %                   | 25 %                    |
| 1927—28 . . . . . | 30 %                   | 20 %                    |

Dies bedeutet also, dass in der letzten Periode 20—30% des Zuwachses auf den Probeflächen von der Assimilation in der Rinde herrührt.

## INDHOLD AF BD. XI—XIII

**Bd. XI.** Nr. 96. C. H. BORNEBUSCH: The Fauna of Forest Soil (Skovbundens Dyreverden), S. 1. — Nr. 98. A. OPPERMANN og C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Skov og Hede (La forêt et la lande de Nørholm), S. 257. — Nr. 99. Hedeskovenes Foryngelse I—II (Verjüngung der Heidewälder I—II), S. 361. — Nr. 100. A. OPPERMANN: Lawsoniens Vækst i Danmark (Chamaecyparis Lawsoniana Parl. in Denmark), S. 377. — Nr. 101. A. OPPERMANN: Bøgekvas (Reisholz der Rotbuche), S. 395.

**Bd. XII.** Nr. 104. A. OPPERMANN: Egens Træformer og Racer (Les configurations et races du chêne).

**Bd. XIII, H. 1:** Nr. 102. C. H. BORNEBUSCH: Dybtgaaende Jordbundsundersøgelser, Hedeskovenes Foryngelse III (Tiefgehende Bodenuntersuchungen), S. 1. — Nr. 103. A. OPPERMANN: Nordmannsgranens Vækst i Danmark (Abies Nordmanniana in Dänemark), S. 51. **H. 2:** Nr. 105. C. H. BORNEBUSCH: Skovbundsfloraen i Mølleskoven (The flora in »Mølleskoven«), S. 57. — Nr. 106. FR. WEIS: Beplantningsforsøg paa et afføgent Sande (Boisement d'un terrain du sable mouvant éventé), S. 63. — Nr. 107. C. H. BORNEBUSCH: Et Udhugningsforsøg i Rødgran (Ein Durchforstungsversuch in Fichte), S. 117. — Nr. 108. MATH. THOMSEN: Sprøjtemidler til Bekæmpelse af Chermes paa Ædelgran (Spritzmitteln gegen Chermes auf Weisstannen), S. 215. **H. 3:** Nr. 109. C. H. BORNEBUSCH og FOLKE HOLM: Kultur paa trametesinficeret Bund med forskellige Træarter (Replanting of areas infected with Polyporus annosus), S. 225. — Nr. 110. C. MUHLE LARSEN: To gamle fynske Egeprøveflader (Zwei alte Eichenprobeflächen auf Fünen), S. 265. **H. 4:** Nr. 111. E. C. L. LØFTING: Bjergfyrbævningsplanter paa Hedebund og deres Foryngelse, Hedeskovenes Foryngelse IV (Mountain pine plantations in Jutland and their conversion into forests of more valuable tree-species), S. 305. **H. 5:** Nr. 112. C. H. BORNEBUSCH: Proveniensenforsøg med Rødgran (Ein Provenienzversuch mit Fichte), S. 325. — Nr. 113. FOLKE HOLM: Abies grandis i Danmark (Abies grandis in Denmark), S. 379. — Nr. 114. C. H. BORNEBUSCH: Forsøgsvæsenets Ordning og Ledelse, IX, S. 409.

## DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH EXPERIMENTAL FORESTRY SERVICE  
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE L'ÉTAT DANOIS  
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

udgives ved den forstlige Forsøgskommission under Redaktion af Dr. phil. C. H. BORNEBUSCH, i Hæfter sædvanlig paa 5—10 Ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen pr. Springforbi. Cirka 25 Ark (400 Sider) udgør et Bind. Prisen pr. Bind er 5 Kr., der tages ved Postgiro samtidig med Udsendelsen af 1ste Hæfte.

---

Fortegnelse over Indholdet af Bd. I—X, 1905—1930, Beretninger Nr. 1—95 og Nr. 97, findes i Slutningen af 10de Bind og tilsendes gratis ved Henvendelse til Forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. XI—XIII findes paa Omslagets indvendige Side.

---