

## STRALINGSMETING IN EN BUITEN HET BOSCH

door Prof. Dr. D. VAN GULIK.

Verslag van een lezing, met demonstratie der behandelde instrumenten, gehouden te Wageningen op 2 October 1930, voor den 6en wetenschappelijken cursus van de Nederlandsche Boschbouwvereniging.

Om een denkbeeld te krijgen van de sterkte der belichting,<sup>1)</sup> of meer algemeen van de bestraling onder het kronendak van een bosch, hetzij in absolute maat of in vergelijking met die in het open veld, staan verschillende meetmethoden en -instrumenten ten dienste. Het zijn uit den aard der zaak dezelfde, waarmee men de sterkte van daglicht of zonnebestraling meet; alleen moet hier, wegens de zware tempering die de straling ondergaat, bijzondere aandacht worden geschonken aan groote gevoeligheid van het instrumentarium, dat niettemin transportabel moet zijn.

Door een zeer groot aantal grotere en kleinere openingen tusschen de bladeren lekt n.l. een zeker percentage van het directe zonnelicht als zonnevlekken door tot den bodem, en hetzelfde — hoewel minder opvallend voor het oog — geldt voor het diffuse licht van den al of niet bewolkten hemel. Door den wind en tengevolge van de dagelijkse beweging der zon verplaatsen zich deze lichtere plekken, wat de regelmatige verdeeling van het licht over den bodem en ook over de lagere boomtakken ten goede komt. In een loofhoutopstand met goede kronensluiting vond Wiesner, dat het licht van 16—1 % werd verzwakt. Recente bepalingen in Engeland van Atkins<sup>2)</sup> met de (straks te bespreken) fotoëlectrische cel geven ook lichtverzwakkingen tot 1 en 2 % en Klugh<sup>3)</sup> vindt fotografisch in de bosschen van Nieuw Brunswijk (V. St.) zelfs verzwakking tot 0,1 %, in welk armoedig overschot bovendien het groen overheerscht.

Bij de straling door de openingen doorgelaten, voegt zich namelijk nog eenig licht, afkomstig zoowel van zon als van hemel, dat een of twee bladeren heeft doordrongen (wat vooral bij de bladnerven mogelijk is) of dat door herhaalde

<sup>1)</sup> In de natuurkunde heet deze grootheid de „verlichting”; de eenheid is de meterkaars of lux. Men spreekt echter veelal van de „lichtsterkte” in het bosch, een benaming, die physisch een andere beteekenis heeft en dient om het lichtuitzendend vermogen (eenheid: de kaars) van lichtbronnen te vergelijken.

<sup>2)</sup> Conference of meteorologists II, 1929, p. 67.

<sup>3)</sup> Ecology 6 : 203, 1925 en 8 : 415, 1927.

terugkaatsing op de bladeren zich een doortocht door de kronen heeft weten te verschaffen, licht dus van overwegend geel-groene kleur (0,52—0,59 micron).<sup>1)</sup>

In beginsel is het niet moeilijk het bedrag van dit laatste aandeel proefondervindelijk te bepalen. Men meet op een lichten dag, maar zonder eigenlijken zonnenschijn, de verlichting eerst in het vrije veld, zoowel zonder lichtfilter (I) als met voorgeplaatst groen lichtfilter ( $I_g$ ). Vervolgens herhaalt men beide metingen in het bosch en vindt:  $i$  zonder, en  $i_g$  met groenfilter. Dit filter verzwakt dus het vrije daglicht in de verhouding  $I_g : I$  en dat in het bosch volgens  $i_g : i$ . Was op beide plaatsen het licht van dezelfde samenstelling dan moeten beide verhoudingen blijken gelijk te zijn. Overheerscht in het bosch het groene licht, dan is dit surplus :

$$(i_g : i - I_g : I) \times i$$

In de practische uitvoering gaan deze metingen evenwel met groote bezwaren gepaard, waarvan één in het klein bedrag van  $i_g$  is gelegen. Het is echter wel aan Knuchel en anderen gebleken, dat dit surplus onder loofboomen betrekkelijk aanzienlijk kan zijn, doch onder naaldhout ontbreekt. Echter is dit groengele licht van een soort, dat door het loof als minder bruikbaar voor de assimilatie is afgekeurd en teruggegeven. Het kan daarom voor den plantengroei in het bosch waarschijnlijk niet van groote beteekenis zijn.

Wij zullen nu een viertal meetmethoden, die hier in aanmerking komen, bespreken.

In den fotometer van L. Weber wordt de verlichting van een plaatje melkglas door het daglicht vergeleken met die van een dergelijk glasplaatje door een constant brandende benzinevlam van voorgeschreven afmetingen. De op een schaal afleesbare afstand van vlam tot glasplaat moet door den proefnemer zoo geregeld worden dat beide belichtingen even sterk zijn. Door nu een aantal snel opeenvolgende metingen te doen, afwisselend onder de boomen en in het vrije veld — en dit op een dag van vrij constante helderheid — is de verzwakking van het daglicht door het bladerdak te bepalen. Met behulp van gekleurde glazen, lichtfilters, zijn ook de verschillende lichtsoorten afzonderlijk te onderzoeken.

Voor dit laatste doel is evenwel meer geschikt de spectrofotometer van Glan, die o.a. door Knuchel voor lichtmetingen in het bosch is gebruikt. De benzinevlam is hier door een electrisch lampje vervangen, wat voor experimenten buitenshuis van voordeel is. Een bezwaar van deze methode is, dat zij het licht in het bosch vergelijkt met het diepe

<sup>1)</sup> Voor het reflecteerend vermogen van jonge loofbladeren is 15% gevonden, voor dat van naaldhout een minimaal bedrag. Licht dat meer dan twee bladeren heeft doordrongen is van geen beteekenis meer.

hemelblauw van het zenith, dat van geheel andere samenstelling is dan het licht dat primair op de boomen invalt.

Oud en veel gebruikt, doch daarbij in haar waarde sterk overschat (o.a. door Wiesner), is de fotografische methode, waarbij men het te onderzoeken licht laat inwerken op een strookje fotografisch papier. Uit den tijdsduur der inwerking noodig om een bepaalden graad van zwarting van het chloorzilverpapier te bereiken, was dan de aangewende belichtingssterkte af te leiden. Eerst door Eder en Hecht is volgens dit beginsel een bruikbaar (hoewel nog onnauwkeurig) <sup>1)</sup> meetapparaat te voorschijn gebracht, den z.g.n. „Graukeil“-fotometer. Het is een smal afdrukraampje, waarin (in plaats van een fotografisch negatief) een lineaire schaalverdeeling op een strookje lichtgevoelig papier wordt afgedrukt. Het licht moet echter eerst den „Graukeil“ passeeren, d.i. een wigvormig gelatinevlies, dat met Oostindischen inkt is gekleurd. Door de oplopende dikte van dit vlies bij de hoogere cijfers der schaalverdeeling komen deze alleen bij sterkere (of langere) belichting te voorschijn. Het hoogste schaaldeel, dat nog even zichtbaar is afgedrukt geeft dan, met behulp van een bijbehorende tabel, een relatieve maat voor de totale belichting.

Voor al nu op initiatief van Dorno het vermaarde physikalisch-meteorologisch Observatorium te Davos de afwerking en levering van dezen fotometer, in een tegen het weer bestand zijnde uitvoering, alsook die van het lichtgevoelige papier heeft op zich genomen, en van beide de aan te brengen correcties opgeeft, is het mogelijk de fout dezer relatieve bepalingen beneden 15 à 20 % te houden.

Een voordeel van deze methode, die dus (in tegenstelling met de eerst besprokene) niet de belichting op een bepaald oogenblik meet, maar lichtsommen over den geheelen duur der expositie, is hierin gelegen, dat men bij zwakke verlichting dezen expositietijd over een langeren duur, desnoods over meer dan één dag kan uitstrekken. Verdere voordeelen zijn de geringe kosten (f 35) van het instrument, en zijn gemakkelijke bediening. Een groot bezwaar blijft evenwel, dat de gevoeligheid van het fotografisch papier niet gelijk is over het geheele spectrum, maar veel sterker in de korte golven: blauw en violet. Het hemelblauw werkt bijv. daarom betrekkelijk wel 3 à 4 maal sterker in dan direct, of door wolken weerkaatst, zonlicht, terwijl het ultrarood in het geheel niet tot uiting komt. Er bestaat wel papier met een meer regelmatige verdeeling der gevoeligheid, maar bij gebruik hiervan begeeft men zich buiten de geijkte Davos'sche schaal en buiten de daar uitgeoefende contrôle. Toch kan dit wel eens noodig zijn, ook als een groote gevoeligheid wordt vereischt wegens korteren expositietijd van bijv. eenige seconden, want

<sup>1)</sup> Dorno wijst foutenbronnen aan, die tot 40 % kunnen oploopen.

het geijkte papier kan een geheelen dag lang in het volle zonnelicht worden afgedrukt. Het gebruik van het zeer gevoelige bromide papier, dat ontwikkeld moet worden, is alleen mogelijk ter onderlinge vergelijking van stroken, die in hetzelfde bad gelijktijdig en evenlang ontwikkeld worden, omdat het ontwikkelingsprocédé invloed heeft op den graad van zwarting.

De Graukeil-fotometer van E d e r—H e c h t is ook in den handel verkrijgbaar voorzien van vier verschillende kleurfilters, in smalle strookjes naast elkaar aangebracht, maar deze complicatie heeft het Davos'sche observatorium niet overgenomen.

Een derde methode berust op het opwekken van thermoelectrische stroomen. De klassieke thermozuil van M e l l o n i is voor ons doel hier geschikt gemaakt in den solarimeter, dank zij vooral de samenwerking van den Utrechtschen hoogleeraar M o l l met de firma K i p p te Delft. De door de bestraling in den solarimeter opgewekte thermostroom is een maat voor eerstgenoemde, hij wordt gemeten met een microampèremeter. Beide instrumenten zijn door K i p p ook in een gemakkelijk transportabel kastje vereenigd, terwijl het meetinstrument dadelijk in gramcaloriëen per  $\text{cm}^2$  afleesbaar is gemaakt. De solarimeter bepaalt uit den aard de totale stralingsenergie van het geheele spectrum, de donkere stralen van het ultrarood inbegrepen. Aangezien deze laatste niet rechtstreeks voor het plantenleven van belang zijn, heeft B u r g e r om den eigenlijken solarimeter, binnen een concentrischen glazen ballon, een watermantel van 10 cm dikte aangebracht, die de donkere stralen vrijwel volkomen absorbeert, doch het licht doorlaat.

Deze methode der thermostroomen is ook bij uitstek geschikt om de zonnestraling doorlopend te registreren, wat gedurende de zomermaanden reeds een aantal jaren achtereen in mijn laboratorium heeft plaats gehad.

Tenslotte moge nog de fotoelectrische cel worden behandeld, een luchtledige glazen ballon met een inwendig beslag van een alkali-metaal. Aan de voorzijde is hierin echter een rond venster vrijgelaten om het te onderzoeken licht te laten binnendringen, en voorts is nog een metaalnetje binnen de ballon aangebracht, dat als anode moet dienst doen; het metaalbeslag is kathode. De benodigde hulpspanning van bijv. 60 Volt of meer, wordt aan een anode-batterij ontleend. In het donker laat de cel, ondanks de hoog e spanning, in het geheel geen stroom door, haar weerstand is oneindig groot. Maar bij belichting zendt het alkalimetaal electronen uit, waf aan de cel tijdelijk eenig geleidingsvermogen meedeelt, hetwelk evenredig met de bestralingssterkte toeneemt, maar bij afbreken der bestraling onmiddellijk weer verdwijnt.

Om het geheele instrumentarium goed transportabel en buiten gemakkelijk opstelbaar te maken is in mijn laboratorium

als gevoelig meetinstrument hier de snaar-galvanometer van Edelman gekozen, die met de cel op hetzelfde fotografisch statief bevestigd is. <sup>1)</sup>

De gevoeligheid van de fotoëlectrische cel bepaalt zich in hoofdzaak tot een betrekkelijk smal spectraal gebied, dat voor verschillende metalen verschillend is, maar dat — evenals bij fotografisch papier — groote voorkeur voor de korte golven vertoont. Philips heeft echter een cel kunnen leveren, die het volle daglicht kan verdragen en waarvan het zwaartepunt toch bij de golflengten van omstreeks 0.6 micron, dus in geel en oranje, is gelegen. De wensch was geweest dat te brengen in den zwaren absorptieband van chlorophyl in het rood bij omstreeks 0,65—0,70 micron. <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Deze snaar-galvanometer is een slechts vijf micron dik gouddraadje (de snaar), zwak gespannen in het veld van twee sterke hoefmagneten. Gaat door de snaar een zwakke elektrische stroom, dan wijkt de snaar in het magnetveld een weinig zijdelings af. Deze verplaatsing wordt met behulp van een microscoop met oculair-micrometer gemeten en is een maat voor de bestraling.

<sup>2)</sup> Ter bestudeering van dit onderwerp wordt nog aanbevolen: Grasoovsky, Some aspects of light in the forest, Yale Univ. Sch. of Forestry, bull. no. 23, 1929.