

inval was gekomen, onzen Denekampschen gastheer, die toch ook gezorgd had, dat alle zestig een goed onderdak in het dorpje hadden genoten, eens blij te maken. Nog denzelfden avond van de excursie konden wij hem telegrafisch verrassen met een sommetje, waarvoor hij zijn vele pia vota met een of meer kon verminderen, door het museum verrijken.

Ten slotte nog dit: Wie zijn zomervacantie voor een deel of geheel in Denekamp wil doorbrengen, moet vroeg logies bestellen; dat is in dit jaar gebleken. E. HEIMANS.

ZONLICHT..... BRON VAN KRACHT EN LEVEN.



WANNEER de Zon niet het eigendom van de gansche wereld ware en niet een ieder van hare verkwikkende straling (in ons gewest helaas maar al te dikwijls verstoord door mist en regen) kon genieten, dan zou het opschrift van dit artikel wel kunnen doorgaan voor de aanprijzing van een of ander nieuw middel tegen ouderdomsgebreken of lichaamszwakte. Maar 't is slechts het verhalen van dien goddelijken onuitwischbaren gloed, waaraan ons leven gebonden is, wat ik thans beoog.

Want in een vorig artikel was 't mij vergund, een en ander mee te deelen omtrent het bladgroen, dat als 't ware de bemiddelaar is van de enorme hoeveelheid kracht, welke de zon aan de levende dieren en planten toevoert. Zij kan voor ons slechts weldadig zijn met behulp van de groene bladeren en gewassen. Ik vertelde dan in dat artikel over bladgroen, hoe in de groene bladeren onder invloed van zonlicht het koolzuur, dat door de huidmondjes der bladeren binnendringt, ontleed wordt in koolstof en vrije zuurstof. Hoe de koolstof wordt achtergehouden en den hoeksteen vormt van het gebouw der koolhydraten, dat immers wordt opgetrokken uit de koolstof en de elementen van het water. Zoo vormt de plant het zetmeel, dat ze ophoopt in haar zaden, welke ons ten voedsel strekken.

Over de *krachten*, welke bij die ontleding werkzaam waren, heb ik toen niet gesproken en evenmin over den aard van het zonlicht en hare verhouding tot de groene kleur der planten. Thans wil ik zulks doen en allereerst eenige algemeene opmerkingen geven aangaande de krachten, welke bij een en ander optreden. Want niet alleen is de koolzuurontleding de eenige bron van organische stof in de natuur, zij is tevens de eenige oorsprong van alle levenskrachten en levensuitingen der plant.

De taaie klimplant, welke met hare wortels soms muren uiteenwringt, de treurboom, welke na lange jaren somtijds de grafzerk, welke hij overschaduwde, doet springen, ontleenen aan dit proces hunne dan zichtbaar geworden groote krachten.

Om nu ineens in natuurkundige termen te gaan spreken, wil ik dan zeggen dat het door de plant gevormde organische voedsel met de zuurstof, welke aan de plant toegevoerd wordt in de lucht, welke de huidmondjes binnendrong, tezamen een zekere hoeveelheid arbeidsvermogen vertegenwoordigen, scheikundig arbeidsvermogen geheeten.

Hoewel het begrip arbeidsvermogen in vele gevallen te ingewikkeld is om er in korte trekken een volslagen duidelijk beeld van te geven, geloof ik toch dat het voor mijne uitleg voldoende zal zijn, geene verdere betekenis aan deze physische zegswijze toe te schrijven dan die, welke in het woord zelve ligt opgesloten. Wij zullen dus zeggen dat een lichaam dan het grootste arbeidsvermogen heeft, wanneer het in de meest gunstige omstandigheden van arbeidsverrichting verkeert.

Ter verduidelijking van het begrip „scheikundig” arbeidsvermogen nog het navolgende.

Wanneer een kogel een dikke plaat doorboort of andere min of meer ernstige verwoestingen aanricht, wanneer met reusachtig geweld de alheerschende, en toch nog zwakke mensch, rotsen van eeuwen oud doet uiteenspringen, dan is dit alles te danken aan het scheikundig arbeidsvermogen van het kruit, de dynamiet, de nitroglycerine of ander gevaarlijk

goedje. Deze stoffen bezitten het vermogen een zekere arbeid te verrichten, bloedig of nuttig, wanneer de omstandigheden daartoe gunstig zijn. Precies zoo gaat het bij plant en dier, al is daar de uiting van het machtsgevoel groote dingen te kunnen doen, minder oogenblikkelijk, minder heftig en komt het proces neer op een langzame ontketening van inwendige capaciteiten met aanwending van „volle kracht”, daar waar zulks noodig mocht blijken. Het zijn, zooals gezegd, bij de plant de organische stof in vereeniging met de luchtzuurstof, welke de plant de krachten leveren, noodig voor het verrichten harer levensverschijnselen. Volgens de wet van het behoud van arbeidsvermogen moet echter dat arbeidsvermogen der organische stof ten opzichte van de zuurstof ontstaan zijn uit een anderen vorm van arbeidsvermogen. Die vorm van energie is de zonnestraling. Het moge vreemd klinken dat de straling der zon arbeidsvermogen vertegenwoordigt, toch zullen eenige voorbeelden, naar ik hoop, dat genoegzaam verduidelijken.

Want talrijk zijn de verrichtingen der zon, ja alle leven, alles op aarde is van haar, de stralende moeder, afkomstig. Zij verwarmt het water van rivieren en zeeën, zoodat het als damp hemelwaarts stijgen kan om zich, na verdichting tot water, weer als zoodanig op de bergen te verzamelen en dan donderend als waterval of bruisend als bergbeek de schoepen in beweging te brengen, die dan wellicht door hunne wenteling een dynamo zullen drijven en daarin de wonderbare electriciteit zullen opwekken. En electriciteit is kracht en licht.

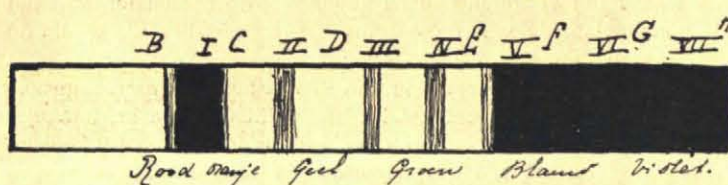


Fig. 1. Absorptie door alcoholische chlorophyllossing naar REINKE.

Zoo is dan slechts een gedeelte van het zonlicht getransformeerd in het schitterend electrisch schijnsel dat op onze wenken ook in het zwartste nachtelijk duister oplicht. Wie kent er verder niet de onmiddellijke inwer-

king van zonlicht op photographische platen en papier! Hier wordt de energie, die in het licht overtrilt met een snelheid van 300.000 K.M. per seconde, ten deele verbruikt om uit de scheikundige verbinding het zilver af te scheiden.

Hoe wonderbaarlijk het klinkt, een feit is het dat de zon, die het koren groeien en rijpen deed, ook de krachten levert om het te malen. Want door ongelijke verwarming der lucht veroorzaakte zij stroomingen, die op de molenwieken gevangen, de zware steenen dwongen het gouden graan tot mulwit meel te malen.

Zoo ook geeft zij de planten de kracht voor hare verrichtingen. Het schitterend hemellicht, de laaiende zonnegloed wordt vastgelegd in de groene bladeren, leven schenkend aan plant en dier. Al wat de plant vermag te vormen, 'tzij vaste, vloeibare of gasvormige stof, alles ontstaat alleen onder den invloed van het zonlicht.

In de verkwikkende warmte van het steenkolenvuur gevoelen wij den gloed der zon, miljoenen jaren terug geketend aan de plant, welke door hare verkoeling tot steenkool werd om later door den mensch als kostelijk goed te worden opgedolven, als de zwarte diamant uit het ingewand der aarde.

Hoe machtig, hoe allesbeheerschend en toch ook hoe weldadig schijnt ons na deze beschouwingen de zon en hoe afhankelijk moeten wij ons leven van hare straling weten. In haar gouden schijnsel trilt het volle, rijke leven en in de duisternis schuilt de kille dood.

Maar begrijpen we thans ook ten volle dat hare invloed zich op onze aarde grootendeels doet gevoelen door tusschenkomst van de levende, groene planten! Waarom ziet alles groen? De beantwoording dezer vraag schijnt gemakkelijk, en juist daarom bleef zij vele jaren onvolkomen. Want het er zich afmaken met een: „nu ja, de planten zijn groen omdat zij nu eenmaal groen zijn en wanneer zij rood waren, dan was de natuur rood, basta!” is nauwelijks

ernstig op te vatten. Wanneer, nemen we het eens voor een oogenblik aan, de roode kleur even goed ware om het licht te vangen, dan zouden toch in de bladeren van de roodbruine beuk geen bladgroenkorrels aanwezig behoeven te zijn. De cellen zouden het dan immers met de roode kleur alleen af kunnen en die groene korrels zouden een noodloze ballast of liever een materiaalverknoeiing zijn. En zulks verwachten wij het allerm minst bij de zuinige plant, welke met bescheiden hulpmiddelen zoo goed mogelijk en zoo slim rondkomt. Er is dus een grondige reden voor die algroenheid van de plantenwereld te verwachten. Zij is gelegen in het blauwe van de lucht en dus een aanpassing aan den bestaanden toestand.

Hiervoor zou zeker zeer veel te schrijven vallen en ik wil daarom trachten zoo beknopt mogelijk de lezers in kennis stellen met hetgeen nieuwe inzichten en proeven hierover ter wereld brachten.

Allereerst mogen we dan wel eens iets aangaande het licht zelve vernemen, dat ons, zooals ik reeds zeide, met een snelheid van 300.000 K.m. per seconde, toetrijt. Anders zou het later kunnen gebeuren dat we plots voor onoverkomelijke moeilijkheden en onbegrijpelijkheden kwamen te staan.

Het ons door de lieve zon toegezonden licht is niet, zooals de groote Goethe meende, enkelvoudig, maar juist samengesteld van natuur en wel bestaat het witte licht in hoofdzaak uit de lichtsoorten, welke ieder afzonderlijk op ons netvlies komend, den indruk van rood, oranje, geel, groen, blauw en violet maken. We krijgen al deze kleuren van den regenboog, behalve aan den regenboog zelf, ook te zien, en wel netjes in de rij naast elkaar, wanneer we het zonlicht door een prisma ontleden in de verschil-



Fig. 2. Absorptie van licht door een laag van 9 levende bladeren.
NAAR REINKE.

lende kleuren, welke het samenstellen. Reeds thans zij gezegd dat het »spectrum« dat we aldus krijgen, langer is dan ons oog kan waarnemen. Want vóór de roode kleur ligt een, voor ons oog, donker gedeelte dat de eigenaardigheid vertoont, voorwerpen welke men er in houdt, b.v. het kwik van een thermometer, te verwarmen. Dat gedeelte van het spectrum, het zg.n. infrarood, bestaat dus uit een soort van stralen, welke bij ons geen lichtindruk vermogen te wekken.

Anderzijds ligt voorbij het violet het gebied der ultraviolette stralen, eveneens onzichtbaar, doch hunne aanwezigheid verradend door het inwerken op de gevoelige plaat en hun vermogen sommige stoffen te doen lichten (fluorescentie). Hier en daar loopen in het spectrum donkere lijnen, de Fraunhofersche lijnen, welke er op wijzen, dat het zonlicht, alvorens onze aarde te bereiken door bepaalde gasvormige elementen ging, welke haar van een gedeelte der stralen beroofden en aldus, op sommige punten van het spectrum een lijnvormige duisternis veroorzaakten. We onderscheiden dus in het volledige spectrum achtereenvolgens: *infrarood* (warmtestralen) *rood, oranje, geel, groen, blauw, violet, ultraviolet*, (chemisch werkzame stralen).

Al deze stralen veroorzaken, wanneer zij tezamen op ons netvlies vallen, den indruk van »wit licht.« Ontbreekt een of meer soorten, zoo schijnt ons het licht gekleurd. Bezien we den lichtbron door een rood glas, dat is een glas dat de blauwe en groene stralen opslorpt, zoo zeggen we dat we alles rood zien, juist omdat groene, blauwe en violette stralen ons oog niet bereiken. Een voorwerp, bestraald door wit licht, vertoont een kleur, omdat het bepaalde kleuren opslorpt of absorbeert en andere weerkaatst.

Een eigenaardig verschijnsel doet zich voor, wanneer gelijktijdig roode en groene stralen ons gezichtszintuig treffen. Dan krijgen we nl. weer den indruk van wit licht. Zulke kleuren welke gecombineerd, wit licht geven heeft men complementaire kleuren genoemd.

Blauw en geel zijn eveneens een voorbeeld van complementaire kleuren.

Men heeft opgemerkt, dat juist *dit* soort licht het gunstigst op de koolzuurontleding werkt, welke complementair is met de kleur van het betrokken plantenorgaan. Ja, zelfs kan de plant zich, wat de kleur aangaat, schikken naar het licht dat haar wordt toebedeeld. Zoo kleurden algen onder den invloed van rood licht zich groen, terwijl groen licht ze omgekeerd rood deed worden en blauw licht er een geelbruin tintje aan gaf.

In de zee zijn wieren aan de oppervlakte groen, maar in de diepere waterlagen, waar het licht groenachtig is, zijn zij, om zooveel mogelijk voordeel van het hervormde zonlicht te trekken, rood.

Uit onze kennis bij het begin der lichtbeschouwing opgedaan, mogen we dan thans besluiten dat de bladeren juist daarom ons *groen* voorkomen omdat die kleur weerkaatst en doorgelaten wordt. De andere lichtsoorten uit het spectrum worden vastgehouden, geabsorbeerd. Het infrarode deel wordt evenwel ook doorgelaten en tevens een gedeelte van het zichtbare rood, welke hoeveelheid echter bij vergelijking met het doorgelaten groene licht op den achtergrond treedt. Laat men echter het licht dat een groen blad gepasseerd is en dus van de meeste zijner bestanddeelen ontdaan is, onmiddellijk daarna door een glas gaan, dat alleen roode stralen doorlaat, een rood glas dus, zoo valt te constateeren dat in dat licht, uit het blad tredend, ook rood aanwezig was. Werd van het zonlicht door de bladeren niets geabsorbeerd, zoo zouden zij wit zijn, slopten zij begeerig alles op van het kostelijke zonlicht, dan zou een sombere zwarte wade hun tooi zijn. Ik kan me voorstellen, dat een of ander oecoonoom hier met de vraag aankomt, waarom de plant liever niet alle zonenergie in zich opneemt, door een zwart kleed.

Eilieve, hebt gij des zomers, in tropische zonnegloed, wel eens in een zwart jasje rondgelopen. Dan zult ge zonder twijfel het onhoudbaar warm gekregen hebben en met een zucht, veel zweedroppels en een verwensching aan het adres de, weldadige(?) warmte benevens het warmteaantrekkende zwart costume, hetzelfde uitgesmeten hebben. En nu zoudt ge die arme plant, welke daar onherroepelijk voor haar gansche stille leven aan één enkele plek gebonden is, ook al is haar groeiplaats voortdurend aan directe zonnestraling blootgesteld, in zoo'n zwart, warm huisje willen steken. Want absorbeeren van alle licht beteekent zwart zijn. Hoe zou ze het uithouden, de arme, wanneer het lot haar had doen ontkiemen op een schaduwlooze, zondoorstoofde plaats. Een dorstige dood, de verbrandingsdood zou haar levensvreugde en blijheid over het lengen der dagen, dat immers gepaard gaat met toeneming van stralingsinsentiteit, doen ophouden in angstige verstikking.

Geen zwart kleed dus! Liever enkele soorten licht opofferen dan het volkomen lichtgenot met dorren dood bekoopen.

Het zonlicht, dat ons bereikt, heeft vanaf het oogenblik van zijn wording tal van groote veranderingen ondergaan en bij nauwkeurig onderzoek worden al deze veranderingen den vorschenden geleerde geopenbaard.

Twee oorzaken vooral zijn het, welke het licht groote vervormingen doet ondergaan bij haar gang door de atmosfeer en deze oorzaken zijn de absorptie in de lucht en de diffuse weerkaatsing.

Wat de absorptie aangaat, daarbij is de dampkring vergelijkbaar met een stuk glas, dat door een bepaalde eigen kleur slechts die kleur doorlaat. Van de oorspronkelijke straling wordt door de atmosfeer een gedeelte weggenomen, zoodat dat deel onze aarde niet bereikt. Het zijn vooral het koolzuur en de waterdamp welke het spectrum speciaal van het infrarode en een deel van het roode berooven.

Daar nu de infrarode stralen dat gedeelte van het spectrum voorstellen, hetwelk door groote warmte is gekenmerkt, zijn het dus voornamelijk de warmtestralen welke de atmosfeer absorbeert. Het eigenlijke licht gaat verder om door de tweede oorzaak, de diffuse weerkaatsing of verstrooiing, aanzienlijk van samenstelling te worden veranderd. Onder diffuse weerkaatsing verstaat men eene weerkaatsing naar alle kanten zooals bv. een gladde-

verfde plank te zien geeft; het weerkaatsen voornamelijk in ééne richting treffen we bij de spiegel aan, hoewel diffuse weerkaatsing ook daar aanwezig is. Bij hunnen gang door de atmosfeer nu worden de lichtstralen door zeer fijne luchtdeeltjes, de lichtmoleculen, naar alle kanten verspreid, en wel het sterkst het blauwe deel van het spectrum. Hieraan zou de blauwe kleur des hemels te danken zijn. Gemakkelijk zichtbaar wordt dat diffuus verstrooide blauwe licht wanneer iemand voor de gezelligheid een pijpje opsteekt. De omhoog kringelende rookwolkjes zijn dan bij opvallend licht blauw, bij doorvallend licht geel roodachtig. Want het is duidelijk dat, wanneer het blauwe deel van het spectrum door diffuse reflexie zijn eigen weg gegaan is, het andere deel ons bij aankomst in het oog rood schijnt.

Van het direct doorgegaane zonlicht bereiken ons dan ook voornamelijk de roode en gele stralen daar de atmosfeer door zijn koolzuur en wolken de warmtestralen opslakte of in het blauwe deel verstrooide. Wanneer de zonnestralen bij op- of ondergaan van de zon den langsten weg door de atmosfeer hebben afgelegd, dus gaandeweg al hun blauwe onderdeelen

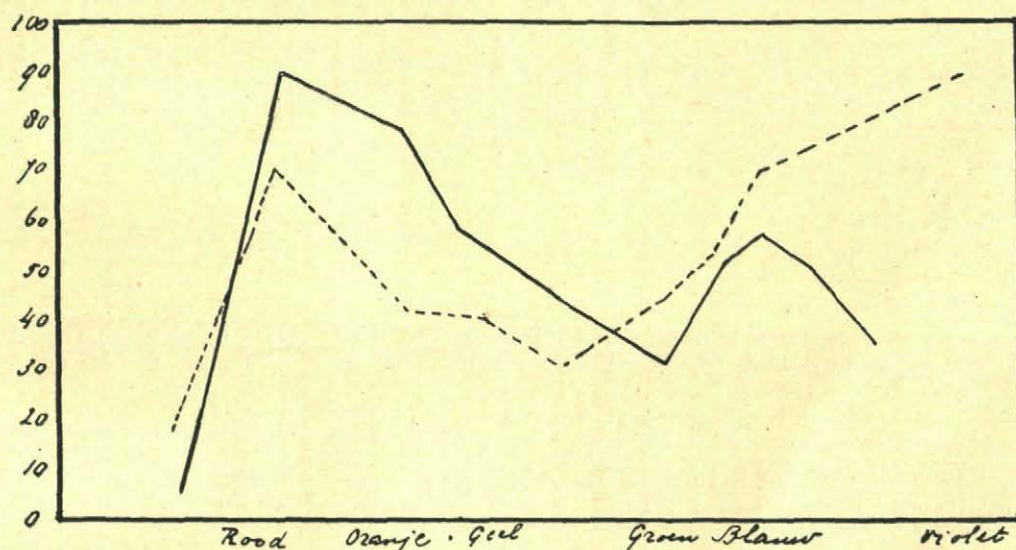


Fig. 3. Voorstelling van de grootte der absorptie van de lichtsoorten in het spectrum door chlorophyl (aangegeven door de stippellijn) en van de assimilatie in diezelfde lichtsoorten. Naar ENGELMANN.

hebben verloren, gelijkt de zonnescijf immers een roode bol en tooit de ochtend- of avondhemel zich met de schitterende overgangstinten tusschen rood en geel, die niet alleen het kunstenaarsoog van verrukking doen stralen, maar zelfs den meest koelzieligen burger uitroepen van schoonheidsbewonderenden gemoedstoestand ontlokken. Kortom, in de gewone omstandigheden van lichte bewolking bereiken de plant voornamelijk roode, gele, blauwe en violette stralen. De infrarode en groene stralen verzinken daarbij in het niet. Een hoogst enkele maal kan men met een beetje goeden wil bij zonsondergang, wanneer de horizon onbewolkt is, een groenachtig tintje waarnemen. Dat overigens de groene kleur aan den hemel en de wolken voorkomt, valt te constateeren met een groen glas en dan verder uit het feit dat vele voorwerpen groen zijn. Maar hierover genoeg! We willen zien, hoe het chlorophyl zich naar deze heerschende kleuren heeft geschikt om ze ten voordeeligste te exploiteeren.

Het ligt voor de hand om, waar men wil trachten het gedrag der groene kleurstof tegenover het licht te weten te komen, deze stof zooveel mogelijk af te zonderen. Zeer

gemakkelijk kunnen we een oplossing der chlorophyl krijgen wanneer we groene planten-deelen, gras, bladeren en dergelijke met alcohol uittrekken. Versneld wordt dit proces door enkele druppels zoutzuur. De verkregen oplossing ziet groen en vertoont de eigenaardigheid bij opvallend licht bloedrood gekleurd te schijnen. Men noemt dit verschijnsel fluorescentie. Om nu precies gewaar te worden welk gedeelte van het spectrum door het chlorophyl gevangen wordt, onderzoekt men de oplossing spectroscopisch d.w.z. laat licht door de oplossing heen op een prisma vallen en beschouwt het beeld in een daarvoor bestemde kijker. En wat ziet men nu? Afbeelding 1 moet in zwart-wit weergeven, wat de waarnemer in natura gekleurd ziet. Er vallen zeven banden in het spectrum waar te nemen, van welke er zes aan absorptie worden toegeschreven terwijl band IV als veroorzaakt door andere omstandigheden buiten rekening gelaten wordt. Men kan naast licht, dat door een chlorophyl-oplossing is gegaan ook het licht onderzoeken, wanneer het door bladeren zijn weg genomen heeft. Hoe het spectrum er uitziet, wanneer het licht door 9 bladeren is gegaan, tracht afbeelding 2 te verduidelijken. De banden, welke bij het absorptie spectrum van de chlorophyl-oplossing nog al ver uiteen lagen, zijn daar als het ware verbreed en met elkaar versmolten. Wat beteekenen nu die strepen of banden in zulk een spectrum? Zij zeggen ons dat de zelfstandigheid, waar door het licht ging, in ons geval dus de chlorophyl-oplossing en de bladeren, die lichtsoorten opslurpte en aan zijn kleurstof gebannen hield, welke anders op de plaats der zwarte banden, hun kleuren hadden doen fonkelen. Vooral het roode, gele, blauwe en violette licht worden geabsorbeerd terwijl het groene ongestoord doorgelaten wordt. Ook het infrarode gedeelte vindt bij de chlorophyl genade en gaat ongehinderd verder. Ja, men heeft gevonden dat, terwijl een laag van 16 bladeren alle rood doet verdwijnen, het groen nog door 18 bladeren drong. Nog merkwaardiger misschien is het doorlaten van het uiterst zichtbare rood. Want terwijl het groene licht althans door sommige niet groene algen nog benut wordt, vinden de uiterst roode stralen ook bij bruine en roodgekleurde algen geen aanwending.

In het infrarode heeft men geenerlei absorptie gevonden, zoodat de energie door dat gedeelte vertegenwoordigd, en wel 80 procent van de gansche spectrum-energie bedragend, onbenut verder gaat.

Hoe de absorptie van kleur tot kleur verandert, wordt door afbeelding 3 graphisch toegelicht. Zeer groot is de absorptie in het rood nl. 70, dan daalt zij in oranje en geel om in het groen een minimum te bereiken en dan weer te stijgen tot een maximum van bijna 90 in het violet. We onderscheiden dus twee maxima, een in het roode en een in het blauwe deel.

Tot zoover, zou ik kunnen schrijven, de waarneming. Maar hoe is nu de verklaring, zoo noodig voor het goede begrip van een en ander?

Gaarne zou ik ze u hier nog geven maar dan werd gewis mijn artikel te uitvoerig en daarom daarover liever een volgenden keer.

Leiden.

JAC. J. DE JONG.

BOEKBEOORDEELING.

Niederlande, van Professor Dr. G. A. F. MOLENGRAAF
en Dr. W. A. J. M. VAN WATERSCHOOT VAN DER
GRACHT (Carl Winter. Heidelberg 1913, 4 Mrk.).

Even na het verschijnen van mijn Geologieboekje waarin ik, voor zoover het mij mogelijk was, de nieuwere litteratuur heb opgegeven over de Geologie van Nederland ontving ik, door de welwillendheid van Professor Molengraaff te Delft, bovengenoemd werk.

Het is het eerste deel van de derde Afdeeling van het groote Handboek der Regionale Geologie, dat bezig is te verschijnen. In elk deel wordt door autoriteiten op geologisch gebied eene algemeene studie gegeven van de geologie van een bepaald land. Voor Europa zijn al verschenen Denemarken, Spanje en IJsland en nu dezer dagen Nederland.