

VBM 6

NN 02963,705

# WATER

## REDE

GEHOUDEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET  
AMBT VAN HOOGLERAAR IN DE NATUUR-  
EN WEERKUNDE AAN DE RIJKS-  
LANDBOUW-HOGESCHOOL TE  
WAGENINGEN OP 25 MEI 1936

DOOR

DR. J. A. PRINS

BIJ J. B. WOLTERS' UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ N.V.  
GRONINGEN — BATAVIA — 1936

1773506

moet ik me eerst even bewegen buiten mijn eigen terrein, waarbij ik als leek om toegeeflijkheid voor eventuele ketterijen moet verzoeken.

Teruggrijpende op het voorafgaande vragen we eerst: *Waarom* speelt eigenlijk het water zo'n grote rol in de letterkunde en in andere kunstuitingen? Ongetwijfeld omdat het zo'n belangrijke rol in ons dagelijks leven speelt. En waaraan is dit weer te wijten? Ongetwijfeld in laatste instantie daaraan, dat water een vitale factor is voor *alle* organismen, planten zowel als dieren. Deze universele onmisbaarheid van water in organismen is eigenlijk zeer merkwaardig, omdat dit feit, naar het mij voorkomt, aan de ene kant zonder uitzondering, aan de andere kant zonder innerlijke noodwendigheid is. Immers leven zonder water laat zich heel wel *denken*, zij het ook in ietwat andere gedaante dan we gewend zijn. Het zou b.v. op andere planeten m. i. heel wel kunnen bestaan. Wie weet, misschien brengt een ondernemend wereldreiziger het nog eens vandaar naar onze aarde over, waarmee dan met één klap onze woestijnen productief gemaakt konden worden.

Vermoedelijk neemt ge deze speculatie niet au sérieux, maar de gedachtegang, waarvan deze uitging, is zo essentieel voor het volgende, dat ik deze nog met een paar huiselijker voorbeelden wil toelichten:

In vrijwel iedere hedendaagse industrie bedient men zich in één of andere vorm van ijzer. Maar het zou onjuist zijn hieruit af te leiden, dat ijzer een absoluut onmisbaar bestanddeel van iedere industrie is. Het z.g. stenen tijdperk toont dit genoegzaam aan; en ook in de toekomst is het niet uitgesloten, dat ijzer nog eens verdrongen wordt door *ver*kieslijker stoffen, b.v. door alliages van de z.g. lichte metalen. We kunnen hier met zekerheid zeggen, dat het gebruik van ijzer niet berust op een dwingende noodzaak, maar op zijn ruime verspreiding in de natuur en zijn geschiktheid, o.a. zijn eminente sterkte en vormbaarheid. Precies zo staat het m. i. met het gebruik van water in alle organismen. Welke hier de eminente eigenschappen zijn, zullen we aanstonds zien.

Eerst wil ik mijn bedoeling nog eens met een meer biologisch voorbeeld toelichten: Energie is voor planten en dieren evenzeer een levensbehoefte als water. Planten verkrijgen

energie in het algemeen door z.g. photosynthese met behulp van bladgroen. Dit bladgroen of chlorophyl is zo merkwaardig constant door alle stammen van het plantenrijk heen, dat men haast zou kunnen menen, dat het voor photosynthese a priori noodzakelijk was. Deze opvatting is onjuist, aangezien er enkele lagere planten zijn, die andere processen met van chlorophyl verschillende stoffen voor photosynthese gebruiken. Het desnietteenstaande bijna uitsluitend voorkomen van chlorophyl voor dit doeleinde is m.i. dus veeleer te verklaren door een slaafs overerven van een beproefd recept van de ene stam van het plantenrijk op de andere. M. a. w. het dankt zijn handhaving in de ontwikkeling van lagere tot hogere planten aan zijn hoog nuttig effect, niet aan een monopolie.

We keren terug naar het water met de overtuiging, dat ook hier eigenschappen moeten zijn aan te wijzen, waaraan het zijn universeel gebruik in de levende natuur dankt. Een aanwijzing, in welke richting die eigenschappen liggen, vinden we nu reeds in het feit, dat ook in de *dode* natuur water een uitermate actief „element” is, zoals b.v. in de geologie blijkt. Hierop is het, dat m.i. de werking in de *levende* natuur per slot van rekening teruggevoerd moet worden, al is het daarnaast niet onwaarschijnlijk, dat aan de andere kant de organismen bij de opbouw van hun lichaamsbestanddelen zich aan hun preferent gebruik van water min of meer aangepast hebben, een soort van afstemming van het organisme op de eenmaal gekozen vloeistof dus.

Onze vraagstelling is nu dan *waarom*, reeds in de omzettingen der *dode* natuur, het water zo'n overheersende rol speelt. Hierbij springen nu twee eigenschappen van water als doorslaggevende factoren in het oog: aan de ene kant zijn grote vermogen om stoffen *op te lossen*, aan de andere kant zijn juiste mate van *beweeglijkheid*, d. w. z. een vluchtigheid, die voldoende is om zich tijdelijk van de aarde tot de wolken te verheffen, maar niet groot genoeg om daar te blijven. Samenvattend kunnen we zeggen, dat water de *circulerende* en de in circulatie *brennende* stof bij uitnemendheid is.

methode, de atoomtheoretisch-constructieve met de tot nu toe gevolgde fenomenologisch-analytische kan verduidelijkt worden door ons studieobject te vergelijken met een klok. Tot nu toe hebben we die dan volgens de fenomenologische methode alleen van buiten bekeken. Op deze wijze hebben we b.v. geconstateerd, hoeveel hij, vergeleken met andere klokken voor of achter liep en daarmee is voor sommige toepassingen al voldoende gewonnen. Maar voor een volledig inzicht, tevens een volledige beheersing, is nodig, dat we het werk van binnen bekijken. Kennen we dan alle raadjes en de wijze waarop ze in elkaar grijpen, dan kunnen we het lopen van de klok eruit afleiden en dit lopen er tevens beter door in onze macht krijgen. Welnu, op dezelfde manier kunnen we de eigenschappen van water, die we tot nu toe slechts constateerden, thans gaan afleiden uit de moleculaire structuur van het water. Om te weten te komen, hoe in dit geval de raadjes, d. i. de watermoleculen gebouwd zijn, is een diepgaande experimentele en theoretische studie nodig geweest. Hier echter kunnen we volstaan met de resultaten ervan mee te delen. Dit is overigens al moeilijk genoeg, want de gewone taal, waarvan we ons in de dagelijkse omgang bedienen, is voor het uitbeelden van atomaire eigenschappen al bijzonder weinig geschikt. Dit is ook geen wonder als we bedenken, dat die taal sinds Homerus niet vooruitgegaan is, volgens sommigen zelfs achteruitgegaan. Daarentegen zouden we een dankbaar gebruik kunnen maken van wiskundige methoden, die met hun abstracties de eisen der natuurkunde haast evenveel voor zijn als de taal erbij achter is. Maar deze methoden zijn voor velen Uwer een gesloten boek. Op college plegen we ons hieruit te redden door gebruik te maken van modellen, lantaarnplaatjes, proeven enz. Maar het gebruik wil, dat men bij de huidige plechtigheid zich deze machtsmiddelen ontzegt. Deze merkwaardige taboe vindt waarschijnlijk zijn natuurlijke verklaring in het feit, dat hier meer beoogd wordt den spreker te leren kennen dan zijn onderwerp. Het gebruik wil ook, dat de nieuwbenoemde, in de „lichte roes van zijn pas verworven waardigheid”, zich tot deze proeve van intellectueel zaklopen blijmoedig leent en ik wil daarop geen uitzondering maken.

Laten we dan terugkeren tot ons onderwerp, water, en trachten de eigenschappen ervan af te leiden uit zijn moleculaire bouw. Deze wordt uitgedrukt door het chemische symbool  $H_2O$ , wat aanduidt, dat ieder watermolecuul samengesteld is uit twee atomen waterstof (H) en één atoom zuurstof (O). Van deze atomen moeten we ons dus eerst een voorstelling maken. Voor het waterstofatoom is dit het gemakkelijkst: Het bestaat uit een positief geladen kern, waaromheen een negatief geladen electron loopt. De beide elektrische deeltjes mogen als klein t. o. v. hun onderlinge afstand beschouwd worden; verder is de kern verreweg het zwaarst, zodat het electron eromheen loopt, ongeveer zoals de aarde om de zon. De aantrekking tussen het electron en de kern wordt evenwel niet geleverd door hun gravitatie, maar door de electrostatische kracht tussen hun tegengestelde ladingen, de z.g. Coulombkracht. Om de baan van het electron volledig te kunnen berekenen heeft men verder nog de z.g. golfmechanische of quantummechanische regels toe te passen, waarop we hier korthedshalve niet ingaan. Thans het zuurstofatoom. Dit is volgens dezelfde lijnen gebouwd als het voorgaande, maar de kern draagt nu een 8 maal sterkere lading en er lopen acht electronen omheen, ten einde te maken dat het atoom in zijn geheel electrisch neutraal is. In veel verbindingen echter neemt een zuurstofatoom nog twee electronen meer op, van de aanliggende andere atomen; het treedt dan dus op als tweevoudig negatief geladen zuurstof-ion. De reden, waarom het deze twee extra-electronen zo graag opneemt, volgt uit de quantummechanica, maar moet hier weer buiten beschouwing blijven.

We kunnen ons nu de „binding” van de beide H-atomen aan het O-atoom tot een  $H_2O$ -molecuul als volgt voorstellen: Het zuurstofatoom wil zich van de beide waterstof-electronen meester maken, maar de waterstofkernen willen deze niet loslaten. Het gevolg is, dat de waterstofelectronen weliswaar in de „electronenwolk” van het zuurstofatoom worden opgenomen, maar dat de waterstofkernen een eind mee naar binnen dringen. Ik sprak hier van de „electronenwolk” van het zuurstofatoom. Zijn 8 electronen n.l., waarbij zich nu nog de twee waterstof-electronen gevoegd hebben, dansen om de

zuurstofkern heen ongeveer als een muggenzwerm om een kaars. Het gehele watermolecuul bestaat dan uit deze (vrijwel bolvormige) electronenwolk met ongeveer in het centrum de zuurstofkern en iets minder diep erin de beide waterstofkernen. De moleculaire afmetingen kunnen we als volgt aangeven: Zoals ge weet zijn de kleinste afmetingen, die we nog met de microscoop kunnen zien, iets kleiner dan een micron, d. i. het 10000ste deel van een centimeter. Welnu, de moleculaire afmetingen worden met een nog 10000 maal kleinere maat gemeten, de z.g. Ångström. En wel bedraagt de straal van ons watermolecuul d. w. z. van zijn electronenwolk 1,4 Å, terwijl de afstand van de centraal gelegen zuurstofkern tot beide waterstofkernen 1,0 Å bedraagt.

Overigens liggen de beide waterstofkernen niet vlak naast elkaar. Immers hun gelijknamige ladingen stoten elkaar af. Op het eerste gezicht zou men zelfs verwachten, dat ze daarom zo ver mogelijk van elkaar af zouden gaan zitten, d. w. z. dat de hoek HOH gestrekt zou zijn. Dit is evenwel om verschillende redenen niet het geval en de hoek HOH bedraagt in werkelijkheid slechts ruim 100°. De twee waterstofkernen zitten dus min of meer aan dezelfde kant van het molecuul en vormen daar een overschot van positieve lading, terwijl de negatieve lading zijn zwaartepunt vrijwel in het centrum heeft liggen. De zwaartepunten van positieve en negatieve lading in het molecuul vallen dus op enige afstand van elkaar, d. w. z. het molecuul draagt een „electriche dipool”. Hiermee hangen nu alle bijzondere eigenschappen van water samen. Bij voorbeeld de hoge diëlectriciteitsconstante van water wordt verklaard, doordat de electriche dipolen zich bij het aanleggen van een electriche veld in de richting daarvan stellen.

Laten we nu eens de nog niet genoemde spectrale eigenschappen, in het bijzonder die van *waterdamp*, beschouwen <sup>1)</sup>. De waterstofkernen liggen niet geheel vast in het molecuul, maar kunnen nog om hun evenwichtsposities trillen. Hierbij verandert het electriche dipoolmoment en wordt dus straling geëmitteerd op dezelfde wijze als het heen en weer trillen van

---

<sup>1)</sup> Mecke en Baumann, Phys. Zeitschr. 33, 833, 1932.

electriciteit in de zendantenne van een draadloos station de uitzending van radiogolven ten gevolge heeft. Omgekeerd kan het molecuul dezelfde golflengten, die het zo emitteert, ook absorberen. Dit is de reden van de sterke absorptie van het ultrarode deel van het zonnenspectrum in onze atmosfeer, welke van overwegend meteorologisch belang is. Het lijkt op het eerste gezicht altijd merkwaardig, dat deze absorptie door het kleine beetje waterdamp wordt veroorzaakt, terwijl de zo onnoemlijk veel rijker aanwezige stikstof en zuurstof er zo goed als niets toe bijdragen. We begrijpen nu echter, waaraan dit ligt, n.l. aan het dipoolkarakter van het asymmetrisch gebouwde  $H_2O$ -molecuul, terwijl iets dergelijks bij de volledig symmetrisch gebouwde  $N_2$  en  $O_2$ -moleculen niet kan voorkomen. Wel heeft men in de laatste tijd gevonden, dat de absorptie door ozon,  $O_3$ , dat op soortgelijke wijze gebouwd is als  $H_2O$ , een zeer grote rol speelt in de hogere luchtlagen.

De ultrarode absorptie van waterdamp heeft nog een zwak uitlooptje in het rode deel van het zichtbare spectrum. Door de sterkte van deze absorptielijnen in het rood, de z.g. regenbanden, in het hemellicht kunnen we met een spectroscop uitsluitel krijgen over de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer. Dezelfde absorptie is overigens ook nog in vloeibaar water aanwezig als continu absorptiegebied in het rood. Deze is het, die aan water in dikke lagen een groene kleur geeft, net zo als bij vensterglas, dat we op de kant bekijken.

De verklaring van de overige, vroeger genoemde, eigenschappen van water vereist een iets nauwkeuriger beschouwing van datgene, wat we hierboven de elektrische dipool van het water genoemd hebben. Deze berustte hoofdzakelijk op de ligging van de twee positieve waterstofkernen in de electronenwolk om de zuurstofkern. We merken nu op, dat deze twee kernen niet erg diep onder de oppervlakte van de bolvormige electronenwolk liggen, n.l. van het centrum uit gerekend op meer dan  $\frac{2}{3}$  van de straal naar buiten. Ze mogen dus bij benadering door positieve ladingen op het oppervlak vervangen worden. Denken we deze door plustekens op

het boloppervlak aangegeven, dan is de hoek, die de lijnen van de plustekens naar het middelpunt onderspannen, gelijk gezegd, ruim  $100^\circ$ . Dit is dicht bij de bekende tetraëderhoek van  $109\frac{1}{2}^\circ$ , m. a. w. de plustekens staan op het boloppervlak vrijwel zo, dat ze als de hoekpunten van een in de bol ingeschreven regelmatig viervlak opgevat kunnen worden. Denken we ook de twee andere hoekpunten van dit viervlak op de bol aangegeven, dan kunnen we ook aan deze plaatsen een betekenis toekennen. Uit de symmetrie-eigenschappen van de electronenwolk volgt n.l., dat deze plaatsen min of meer met een concentratie van *negatieve* electriciteit gelijk staan. We zullen ze dus voor het vervolg door minus-tekens aanduiden. Wat we tot nu toe als electriche dipool beschreven hebben, is dus met grotere nauwkeurigheid te beschouwen als twee positieve en twee negatieve polen op de hoekpunten van een regelmatige tetraëder in het bolvormige molecuul. Dit is het z.g. tetraëdrisch-polaire, bolvormige molecuulmodel van Bernal en Fowler.<sup>1)</sup>

Wanneer nu twee dergelijke moleculen bij elkaar gebracht worden, is te verwachten, dat een minspool van de ene zich aan een pluspool van de andere legt. Op die manier kan ieder watermolecuul vier naburen aan zich binden, n.l. twee met hun minspolen aan zijn pluspolen en twee met hun pluspolen aan zijn minspolen. Aan de vrijblijvende polen der aangevoegde moleculen kunnen zich weer volgende moleculen voegen enz. Het blijkt nu, dat de zo opgezette bouw in de ruimte oneindig voortzetbaar is en we moeten verwachten, dat de zo ontstaande structuur althans door ijs aangenomen wordt, terwijl water in vloeibare toestand natuurlijk deze structuur slechts bij benadering kan nastreven. Immers in een vloeistof liggen de moleculen niet geheel regelmatig, daar de bindingen niet steeds tussen dezelfde moleculen blijven heersen, maar van tijd tot tijd van het ene op het andere overglippen, waartoe de warmtebeweging de gelegenheid biedt.

Het grote verschil in bouw van water met andere vloeistoffen (en evenzo van ijs met andere vaste stoffen) ligt nu daarin, dat het aantal onmiddellijke naburen van een molecuul

<sup>1)</sup> Journ. chem. Phys. 1, 515, 1933.



in water ten gevolge van de tetraëdrische polariteit vier is, in andere vloeistoffen daarentegen meer. En wel geldt als regel, dat dit aantal naburen bij de meeste vloeistoffen met ongeveer bolvormige moleculen ongeveer twaalf is. Dit is het grootste aantal, dat geometrisch mogelijk is en we kunnen begrijpen, dat dit tot stand komt, omdat de globale aantrekking, die bij de meeste vloeistoffen alleen in het spel is, ongeveer gelijk staat met een alzijdige druk. Nu is inderdaad gemakkelijk te constateren, dat bij alzijdige druk, b.v. bij het persen van knikkers in de hand, een z.g. dichte pakking ontstaat, waarbij er twaalf knikkers om iedere knikker heen liggen. Een enorm verschil dus met de vier in water en ijs. In deze zin heeft water zowel als ijs een bijzonder ijle structuur.

Dit is de reden, waarom de dichtheid van water en ijs slechts ongeveer 1 bedraagt; bij dichte pakking der zelfde moleculen zou dit bijna 2 worden. Dat ijs bij smelten een weinig dichter wordt, hoeft ons nu niet meer te verwonderen. Immers in de keurige ijle ijsstructuur balanceren als het ware de moleculen met hun elektrische polen op elkaar. Bij het smelten wordt uiteraard dit kunstmatige bouwwerk min of meer verbroken, de moleculen glijpen hier en daar langs elkaar in de bestaande holten en de dichtheid wordt groter. Water is, als het ware, ietwat verkreukeld ijs. Dat de dichtheidsverandering niet eens zo bijzonder groot is, wijst erop, dat ook in vloeibare toestand de watermoleculen grotendeels er nog in slagen hun rangschikking uit ijs te behouden, die dan bij verdere verhitting gaandeweg door een meer normale, dichtere, wordt vervangen. Of hierbij nog een tussenstadium, het z.g. kwartswater van Bernal en Fowler, in merkbare hoeveelheden optreedt, lijkt me niet zo zeker als de rest dezer beschouwingen.

Een andere weg om de ijle ijsstructuur dichter te maken is het uitoefenen van een buitengewoon hoge druk erop. Inderdaad is het gebleken, dat men op deze wijze een hele reeks van steeds dichtere kristallijne ijsmodificaties kan krijgen, terwijl zulks bij andere stoffen, die uit zichzelf al vrij dicht gepakt zijn, in mindere mate het geval is.

Beschouwen we nu de gewone modificatie van ijs iets nader, wat we hier helaas zonder model niet kunnen doen, dan blijkt

het, dat de tetraëders, gevormd door een molecuul met zijn vier naburen, zich rangschikken in lagen van regelmatige zes-hoeken. Hierin ligt de verklaring van de hexagonale symmetrie van ijs, die zo fraai in de vorm van sneeuwvlokken tot uiting kan komen. In ieder van de lagen liggen de plus-polen aan de ene kant, de min-polen aan de andere kant. We kunnen ons nu voorstellen, dat een dergelijke laag ook aan de oppervlakte van vloeibaar water nog min of meer aanwezig is en aanleiding geeft tot de potentiaalsprong, die men bij overgaan van het inwendige van water naar buiten geconstateerd heeft. Misschien is ook hierin de verklaring te zoeken van het feit, dat twee wateroppervlakken in contact gebracht kunnen worden zonder onmiddellijk samen te vloeien; immers één van beide zou daartoe de polariteit van zijn grenslaag om moeten keren, ten einde aansluiting bij de structuur van de andere te krijgen. Genoemd verschijnsel van niet-samenvloeien hebt ge allen ongetwijfeld wel eens in de natuur waargenomen: Jaagt men n.l. uit een schoongewaaid wateroppervlak, b.v. bij roeien, druppels op, dan kunnen deze soms een hele tijd over het watervlak blijven rollen, voor ze er mee samenvloeien.

Misschien is het ook de polariteit der ijsmolecuullagen, die maakt, dat zich ver boven 0° aan de oppervlakte van zetmeelmicellen uit gewoon water een embryonaal ijslaagje schijnt te vormen, zoals Kolkmeijer in Utrecht meent gevonden te hebben<sup>1)</sup>).

Ten slotte kunnen we terugkeren tot minder speculatieve beschouwingen en opmerken, dat in elk geval de reeds meer genoemde betrekkelijk geringe vluchtigheid van water zijn oorsprong in de bouw ervan vindt, n.l. in het feit, dat de globale aantrekking tussen de watermoleculen versterkt wordt door de gelegenheid, die de structuur biedt, om overal tegengestelde polen aan elkaar te laten grenzen. Zo zien we, dat deze belangrijke eigenschap met de andere van de grote diëlectriciteitsconstante op éénzelfde eigenschap van het watermolecuul teruggaat, n.l. zijn tetraëdrische polariteit, die we uit de atoomtheorie verklaren kunnen.

---

<sup>1)</sup> Zs. f. Krist. 88, 226, 1934.

### *Mijne Heren Curatoren!*

Uw tegenwoordigheid stel ik op bijzondere prijs. Een hogeschool is als een uurwerk, waarvan de raadjes in elkaar grijpen, aldus drijfkracht aan elkaar ontleenend en deze weer doorgevend. Ik heb reeds bemerkt, dat ook een niet zeer in het oog springend raadje als de natuurkunde tot in de kleinste bijzonderheden Uw volle belangstelling heeft. Gij stemt ons getwijfeld met mij in, dat dit raadje dringend gesmeerd dient te worden, waarna het weer een hele tijd mee zal kunnen. Alleen zo kan men hopen, dat het zijn rol naar behoren zal vervullen en de andere raadjes in hun beweging zal steunen met het uiteindelijke doel de Wageningse tijd niet bij die van elders achter te laten komen.

### *Mijne Heren mede-docenten!*

Ik verheug mij erop in Uw midden te mogen werken. Wie Uwer, zoals ik of beter, mijn te vroeg overleden voorganger gekend hebben, zullen begrijpen, dat het mij tijd zal kosten, voor ik over evenveel ervaring beschik, als hij deed, om bij de speciale problemen hier van dienst te kunnen zijn. Ik hoop, dat ge in mij niet alleen de man wilt zien, die van één of ander instrument of een bepaalde techniek verstand heeft, maar veeleer een belangstellende medewerker.

### *Hooggeleerde Coster!*

Onder Uw leiding heb ik veel zien ontstaan, waarvan ik de kennis hier ten nutte kan maken. Ik vergeet ook niet, dat ge mij hebt willen laten gaan op een ogenblik, dat U dit het minst gelegen kwam en dat ge me daarbij nog hier met instrumenten en voorlichting hebt willen steunen. Het is me een bewijs te meer, dat de belangen van ons vak bij U steeds de voorgang hebben.

### *Hooggeleerde Haga!*

Door een merkwaardige coïncidentie heb ik met mijn betreunde voorganger niet alleen het geboortedorp, maar ook U

als leermeester gemeen. Het is met dankbare herinneringen, dat ik zodoende in het laboratorium hier Uw invloed teruggevonden heb.

### *Hooggeleerde Zernikel*

Door mijn langdurig contact met U heb ik misschien wel het meest van de natuurkunde geleerd. Wat me hier daarvan speciaal ten goede zal komen is Uw virtuositeit om door vernuft goed te maken, wat aan middelen ontbreekt. Waar dit mijn krachten te boven mocht gaan, hoop ik nog eens bij U te mogen aankloppen.

Ook de voorlichting van Uw mededocent in de theoretische natuurkunde, *Dr. Kronig*, zal mij hopelijk, zo als in het verleden, ook in de toekomst over diepliggende moeilijkheden heen helpen.

### *Mijne Heren studenten!*

Gij wordt bij deze gelegenheid het laatst genoemd, maar zijt toch de eersten in mijn aandacht en het besteden van mijn tijd. Niet dat ik zal trachten zoveel mogelijk fysieke feiten van mijn hoofd in het Uwe over te planten. Ik hoop, dat ge met mij overtuigd zijt en anders zult worden, dat ge hier niet alleen zijt om *onderwezen* te worden, maar in de eerste plaats om U *zelf* door studie te ontwikkelen, teneinde U voor een zelfstandige en moeilijke taak voor te bereiden. Voor het helpen overwinnen van moeilijkheden bij Uw studie zult ge mij, voor zover mijn vak betreft en mijn krachten reiken, steeds bereid vinden. Mocht er onder U een enkele zijn met meer interesse voor de natuur of weerkunde dan de gemiddelde landbouwstudent zich permitteren kan, dan zal ik aan hem gaarne bijzondere tijd wijden. Want alleen door vrije wetenschappelijke arbeid kan m. i. het karakter van een *hogeschool* gewaarborgd worden.

Ik heb gezegd.