

UTS 1716

NN02963,667

# TOT STOF ZULT GIJ WEDERKEEREN

REDE UITGESPROKEN BIJ DE AANVAAR-  
DING VAN HET AMBT VAN HOOGLEERAAR  
IN DE MICROBIOLOGIE AAN DE LAND-  
BOUWHOOGESCHOOL TE WAGENINGEN  
OP MAANDAG 15 JUNI 1936

DOOR

DR. JAN SMIT

N.V. D. B. CENTEN'S UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ

1718715

*Mijne Heeren Curatoren, Hoogleraren, Lectoren, Docenten,  
Dames en Heeren Assistenten en Studenten dezer Hoogeschool,  
en Gij allen, die deze plechtigheid met Uw tegenwoordigheid vereert,*

Een van de belangrijkste vragen, die de bioloog zich kan voorleggen, is zonder twijfel die naar de herkomst van al het levende op onze aarde. Het is een vraag van een zoodanige draagwijdte dat deze bioloog haar misschien weer dadelijk als niet beantwoordbaar terzijde zou stellen, of, zoo hij ondernemender ware, de hulp van vele geleerden van andere studierichting zou inroepen, om het hem mogelijk te maken, dit vraagstuk tenminste eenigszins te benaderen.

Maar zoo hij er al in mocht slagen, met de hulp van den geoloog, den paleontoloog, den geneticus, misschien ook den geschiedvorscher, zich een eenigermate overzichtelijk beeld te vormen van de wijze, de snelheid, de opeenvolging van het verschijnen der duizendtallen dierlijke en plantaardige organismen op aarde, zoo zou dit beeld nog verre van bevredigend zijn, indien daarin geen plaats werd ingeruimd aan alle verschijnselen, die samenhangen met het weer verdwijnen van de ontelbare aantallen der vertegenwoordigers van al deze organismensoorten, die de aarde in haar langen levensloop hebben bevolkt. Immers, wat zou er van onze wereldbol geworden zijn, indien niet haar oneindige vruchtbaarheid in een beweeglijk maar toch zoo stabiel evenwicht gebracht ware geworden met processen van vergaan en verteren, waarbij alle bestanddeelen worden teruggebracht tot voor de ontwikkeling van nieuwe generaties noodige voedingsstoffen? Om met den dichter Speenhof te spreken: „dan waren wij er allen niet, en dat zou jammer zijn!” De diepe kern onder deze grappige schil is het inzicht, dat de bewoonbaarheid onzer aarde een direct gevolg is van deze eerbiedwekkende opruimende en regenererende kracht der levende natuur.

Het loont zeker de moeite, dit juist genoemde evenwicht eens wat nader te bezien. Beweeglijk noemde ik het, omdat het, wel verre van star en onveranderlijk te zijn, in zoo wonderlijke mate de eigenschap bezit, zich te kunnen plooiën naar de omstandigheden, zonder nochtans zich blijvend van zijn plaats te laten wegdringen. Dat dit evenwicht niet statisch is, geen rust beteekent,

maar het gevolg is van de gelijktijdige voltrekking van twee antagonistische werkingen, zal U, wegens de analogie met zooveel andere dynamische evenwichten, niet verbazen. Het zijn de beide levensfasen, waarvan de dichter sprak, die het aardse lot van al wat leeft samenvatte in den zin: „er is een tijd van komen, er is een tijd van gaan”. En ziehier dan de bovenmenselijke taak van genoemden bioloog bij benadering aangeduid: hij zal het komen der talloze geslachten van mensch, dier en plant hebben te begrijpen in hetzelfde verband, waarin ook hun gaan zal zijn te verantwoorden; daarbij zal hij aan het wonderbaarlijke van het ontstaan niet meer aandacht mogen schenken dan aan het raadsel van het verdwijnen en hij zal de schakel hebben aan te wijzen, die dit vernietigingsproces verbindt met dat van ontwikkeling en groei, om den kringloop der natuur in al zijn grootsheid te kunnen omvatten. Laat ons het hem niet euvel duiden, dat hij ver onder die taak zal moeten blijven en vergun mij, dat ik een zeer klein gedeelte van hem overneem door in dit uur Uw aandacht te vragen voor het hoofdstuk „gaan”, dat ik tevoren als zoo belangrijk schetste voor de blijvende bewoonbaarheid onzer aarde. In het besef, dat ik bij verre na zelfs deze bescheiden taak niet geheel zal kunnen vervullen, wil ik mij vergenoegen met de bespreking van de vraag, hoe de natuur het opruimingswerk heeft ingericht, van welke krachten zij zich bedient, welke werkingen deze uitvoeren en hoe alles is ingericht, opdat de doelmatigheid kan worden bereikt, die dit natuurgebeuren blijkbaar in zoo hooge mate kenmerkt.

Het bijbelsche adagium „Stof zijt gij en tot stof zult gij wederkeeren” zal mij daarbij als leidraad dienen, noodig om niet te verdwalen in dit gebied, waar naast de vragen van stoffelijken aard zich zoovele anderen voordoen, die met „waarom” beginnen en die ons zouden voeren naar gebieden, die ik niet waag te betreden.

Dus, om onze vraag nog eens anders te stellen: hoe is het mogelijk, dat de elkaar opvolgende geslachten van mensch, dier en plant steeds maar weer onze aarde voor hun komst gereed vinden, voorzien van alles wat hun stoffelijke behoefte uitmaakt, en dat zij niet geplaatst worden op de vuilnisbelt van wat vorige geslachten achterlieten en genoodzaakt worden, op hun beurt de wereld nog vuiler achter te laten dan ze haar vonden?

Nu weten wij, dat een groot deel der dierwereld, vooral vogels en visschen, zich voedt met andere diersoorten: ware dit niet het geval, dan zou onze aarde gevaar loopen, door insectenplagen geducht te lijden, zooal niet voor menschen onbewoonbaar te worden; een ander deel eet plantaardig voedsel, maar ons vraag-

stuk wordt door die feiten niet opgelost, want beide gevallen van voedsel-omzetting vallen binnen het kader van ons onderzoek, dat immers van alle wijzen van verdwijning van organische stof rekenschap wil geven.

Zoo kunnen wij de bovenstaande vragen nog scherper formuleeren aldus: wat is het aardsche lot van al wat sterft, mensch, dier en plant, en hoe is het mogelijk, dat de resten, die zij laten, zoodanig worden veranderd, dat zij ten goede komen aan den groei en de voeding van nieuwe geslachten?

Het eerste wat ons opvalt is, dat de tijd in de daarvoor noodige processen een rol speelt: de assimilatie, de opbouw van organische stof, gaat, wat de dierwereld betreft, ten deele gelijkmatig door, voor een ander deel is zij onderworpen aan de periodiciteit, die juist het typische kenmerk is van het overgrootste deel der plantenwereld. De kring van het zonnejaar weerspiegelt zich in beide en het zal dus noodig zijn, dat de snelheid van het „gaan” aan die van het „komen” is aangepast: elke herfst toch stelt de taak der verwerking van milliarden kilo's stervend loof onzer boomen, het geheele jaar door vragen dierkadavers om verwerking en zoo zal deze schoonmaak in hoofdzaak moeten zijn afgelopen, vóór de volgende herfst zijn eischen stelt. Er zal dus intensief en op tijd moeten worden gewerkt ter vermindering van een anders steeds fataler wordenden achterstand.

En toch, het is merkwaardig om te vermelden, valt er in de huishouding der natuur één hiaat waar te nemen: de vegetatie, die in den loop der ongetelde eeuwen tot steenkool, bruinkool en veen is geworden, is in een toestand van stabiliteit geraakt vóór dat de mineralisatie volledig is geschied en is daardoor onttrokken aan den kringloop der koolstof. Doordat deze verkoling zoo uiterst langzaam is geschied, zal ze op zichzelf, in een korte periode gezien, geen merkbaaren invloed hebben gehad op het koolstofevenwicht in de natuur, maar niettemin is in de wereld een voorraad gevormd, die voor ons, twintigste eeuwens, uiterst belangrijk is. Ons tijdperk van industrie teert, min of meer gedachteloos, op een voorraad, die, hoewel groot, niet onuitputtelijk is, en wij zijn bezig door een snelle en wat roekelooze verbranding dezer voorraden het koolzuurevenwicht in de atmosfeer in korten tijd te belasten met een hoeveelheid koolzuur, die vele malen grooter is dan die door biologische processen van allerlei aard. Men heeft uitgerekend, dat de mensch alleen in 500 jaar de hoeveelheid koolzuur in de atmosfeer verdubbelen zou, als er geen processen tegenover stonden, die het weer doen verdwijnen. Voegt men daarbij de ontzaglijke hoeveelheid, die door vulkanen

worden uitgestooten, en de juist genoemde hoeveelheden der industrie, beide dus eigenlijk van fossiele herkomst, dan kan men den indruk krijgen, met welk een enorme hoeveelheid de atmosfeer wordt belast. Berekent men daarentegen de in plantenmateriaal weer vastgelegde hoeveelheid, dan blijkt dit omstreeks 10 maal het jaarlijksche steenkoolverbruik en ongeveer 1/50 van de totale in de atmosfeer aanwezige hoeveelheid. Men krijgt hieruit wel den indruk om welke hoeveelheden het hierbij gaat en welk een enormen arbeid van binding en ontbinding er in een korte spanne tijds moet worden verricht, om het evenwicht eenigszins te bewaren. Het zal onnoodig zijn, er aan te herinneren, hoe hierbij de oceanen een belangrijke rol spelen, die immers als voorraadschuren voor koolzuur fungeeren, waaruit kan worden geput, als de voorraad in de atmosfeer tijdelijk vermindert.

Het tweede wat wij hebben te bedenken is, dat de natuur ook in deze opbouwende en afbrekende werkzaamheden is onderworpen aan de wet van het behoud van stof en de wetten der energie. Wat de eerste betreft zal zij dus in kwalitatief en kwantitatief opzicht met de eenmaal op aarde aanwezige materie moeten rondkomen, zonder mogelijkheid van aanvulling van buiten.

Voor de energie ligt de zaak eenigszins anders. Immers daar is een belangrijke toevoer van buiten de aarde, in den vorm van in de groeiende plant vastgelegde zonne-energie, waardoor de plantenwereld een soort accumulator van chemisch arbeidsvermogen vormt, die door de dierwereld voor haar behoeften wordt gebruikt.

Het gedeelte van de plantenwereld, dat zonder hulp der dieren moet worden verwerkt, doet dit veel langzamer, maar aan dezelfde energiewetten gebonden en het is toelaatbaar, de geheele planten- en dierenwereld te beschouwen als een groote machine, die werkt ten koste van een zeer kleine fractie (ongeveer  $\frac{1}{3}$ -mil-liardste) van de totale door de zon uitgestraalde energie, nl. dat deel dat de aarde bereikt.

Men zou ons vraagstuk van het vergaan der organische stof kunnen zien als een onderdeel van dat van den algemeenen kringloop der elementen en voor elk element of verbinding, koolstof, stikstof, phosphor, zuurstof, koolzuur enz. dien kring kunnen trekken en zoo het levenslot van elk onderdeel der levende materie vastleggen. Dergelijke onderzoekingen kunt U in de betreffende literatuur uitvoerig beschreven vinden en de uitkomsten zullen zonder twijfel Uw levendige belangstelling hebben. Ze leeren U, hoe de zuurstof waarschijnlijk een ingewikkelde reis heeft gemaakt, vóór ze, ten gevolge van het leven van groene organismen, in de atmosfeer verscheen, die in den oertijd dit gas niet bevatte, terwijl men aanneemt, dat de hoeveelheid langzaam

maar zeker bezig is te dalen; hoe de stikstof, die in zulk een overweldigende hoeveelheid in de atmosfeer aanwezig is, niettemin voor de levende wezens een moeilijk probleem vormt, omdat ze, met een enkele uitzondering, niet de vrije maar slechts de chemisch gebonden stikstof kunnen gebruiken, zoodat de biologisch bruikbare hoeveelheid slechts ongeveer 2 millioenste van de totale bedraagt. Merkwaardig en waarschijnlijk van diepgaande consequentie is het feit, dat sedert betrekkelijk korten tijd de mensch in staat is, om die hoeveelheid te vermeerderen, door de fabriekmatige productie van stikstofverbindingen, die met de atmosferische stikstof bereid zijn. Voegt men dit bij de, juist een eeuw oude, maar thans afnemende winning van Chili-salpeter, dan moet het duidelijk zijn, dat de voorziening met gebonden stikstof niet onze grootste zorg uitmaakt.

Meer angst geeft in dit opzicht de kringloop van den phosphorus. De totale voorraad aan dit voor het leven zoo gewichtige element is beperkt, maar de menschelijke huishouding gaat er niettemin vrij roekeloos mee om. Dit hebben vooral de berekeningen geleerd van de hoeveelheden phosphorus, die met de menschelijke afvalstoffen in rivieren en daarna in de zee terecht komen. Niettegenstaande een deel daarvan in het zeeplankton wordt vastgelegd, is vrijwel alles, mag men zeggen, voor den kringloop verloren.

Vergun mij echter, thans het vraagstuk van een anderen, meer biologischen kant aan te pakken.

Ik zou daartoe in beschouwing willen nemen de biologische verwerking der afvalstoffen zelf, zonder ons om een bepaald bestanddeel te bekommeren, de wegen waarlangs die geschiedt, de organismen, die erbij betrokken zijn. Het zal dan tevens noodzakelijk zijn, na te gaan, wat er wordt van de levenlooze organische stof, omdat die een zoo belangrijke rol speelt in het complex der gebeurtenissen.

De verschijnselen van het vergaan kent U allen: blad verwelkt en verteert, eiwitstof kan in rotting gaan of gisting, waarbij brandbaar gas ontstaat; koolhydraten geven weer tot andere gistingen aanleiding of tot verschimmeling, en al die primaire ontledingsprocessen vertoonen zich aan den onderzoeker in een belangrijke verscheidenheid, afhankelijk van factoren als temperatuur, zuurstoftoevoer, vochtgehalte, maar steeds met het kenmerklijke streven tot afbraak in chemischen zin, meestal samengaan met oplossing of gasvorming. Vooral belangrijk in dit opzicht is de invloed van de zuurstof, die vaak beslist over de wijze waarop de verwerking zal plaats vinden. Het maakt bijv. een groot

verschil of een afgevallen vrucht op de aarde of in een diepe sloot terecht komt, om daar haar verder lot te ondergaan. In het eerste geval grijpt de zuurstof in en zullen waarschijnlijk schimmels het meeste werk doen, dat door deze zeer grondig pleegt te gebeuren, waarbij het koolhydraatmateriaal, waaruit de vrucht grotendeels bestaat, op de kortste wijze tot koolzuur en water wordt verbrand. In diep water echter, waar de vrije zuurstof ontbreekt, kunnen slechts intra- en intermoleculaire atoomverplaatsingen geschieden, waarbij een of meer moleculen water kunnen meedoen, en waarbij allerlei producten ontstaan, die in energieniveau niet zoo heel ver beneden dat der uitgangsstoffen liggen. Het zijn typische gistingsproducten die dan ontstaan, verschillende organische zuren en gassen als methaan, koolzuur en waterstof.

Al deze processen vormen slechts een eerste inleiding tot de ingrijpende verandering, die de afgestorven materie heeft te ondergaan. Zij dragen den naam van dissimilatieprocessen. Ze zijn verschillend voor verschillende bacteriegroepen, maar steeds aangepast aan hun bijzonder karakter en kunnen worden weergegeven door chemische reactievergelijkingen, onderworpen aan chemische wetten. Men onderscheidt daarbij oxydatieve van fermentatieve dissimilatie; bij de eerste speelt de zuurstof een rol en moet ook in de reactievergelijking worden verantwoord, bij de tweede is dit niet het geval. Deze laatste zijn dan ook de typisch luchtschuwe processen, waaraan zuurstof-vijandige of tenminste voor zuurstof onverschillige bacterien deelnemen. De eerste processen, die in karakter meer met verbrandingen overeenkomen, vinden hun oorzakelijke organismen onder de zuurstoflievende, waaronder schimmels een belangrijke plaats innemen. Maar er zijn er ook, die beide leefwijzen kunnen volgen, met en zonder zuurstof, waarbij dan in beide gevallen verschillende banen van afbraak worden gevolgd. Een merkwaardig voorbeeld daarvan is de mucorschimmel, die bij luchttoevoer als langdradige schimmel groeit en de producten der aerobe stofwisseling maakt, terwijl ze zich bij afsluiting van de lucht als kogelgist voordoet en de suiker omzet tot koolzuur en alcohol.

Maar deze producten der dissimilatieprocessen zijn maar zelden reeds de eindpunten der afbraak, waarbij de opbouw der planten begint. Meestal zijn de eerstgevormde stoffen weer de substraten voor een nieuw afbraakproces, door een tweede groep bacterien uitgevoerd, en deze kan weer door een derde en een vierde of nog meerdere gevolgd worden, waarvan de volgende leeft van de producten van de vorigen, tot uiteindelijk het stadium bereikt is, dat de laatste producten voor de instandhouding van

plantenleven geschikt zijn. Om een voorbeeld te geven: wat kan het lot zijn van een hoeveelheid plantenmateriaal, zeggen wij cellulose, dat aan de werking der bacterien wordt onderworpen? Wij weten dat er zijn, die daaruit door hydrolyse suikerachtige stoffen maken, die bij luchtafsluiting in zuren, azijnzuur, boterzuur, en gassen als waterstof, methaan en koolzuur overgaan. Een volgend proces maakt van de zuren weer methaan en koolzuur, terwijl een derde van het methaan weer koolzuur en van de waterstof water maakt, zoodat langs dezen éénen weg (er zijn er meer) alleen koolzuur en water de eindproducten vormen, die ook door directe volledige verbranding uit de cellulose zouden zijn ontstaan.

Zoo zijn er meestal voor de totale afbraak van een bepaalde organische stof een groot aantal bacteriegroepen noodig en men kan zich de vraag stellen, of deze wel altijd aanwezig zullen zijn op de plaatsen, waar zij noodig zijn. Het antwoord luidt volmaakt bevestigend: de natuur is ook in dit opzicht zoo onmetelijk rijk, dat in verreweg de meeste gevallen niet één maar meerdere groepen bacterien klaar staan, om hun aanval te beginnen, zoodra eenige levende materie afsterft. Hun veelzijdigheid komt aardig aan den dag, als men de verwerking nagaat van allerlei stoffen, die aan het bacterieleven vreemd zijn. Als wij bijv. aan de petroleum denken, 100 jaar geleden op aarde nog zoo goed als onbekend, dan zou men kunnen vragen, of er aanleiding is aan te nemen, dat de op aarde aanwezige bacterien tegenover deze stof vreemd stonden, toen ze door menschenhanden aan de aardoppervlakte werd gebracht. Mocht dit destijds al het geval zijn geweest, wat zeer onwaarschijnlijk lijkt, vast staat, dat thans groote groepen van bacterien tot verwerking van petroleum in staat zijn, wat maar gelukkig is, omdat bij het toenemende verkeer van motorbooten en olieschepen de toestand van het openbare water bedenkelijk zou worden, als niet voor voortdurende verwijdering van petroleum- en olieresten door de bacterien gezorgd werd. En wat te denken van niet in de natuur voorkomende stoffen, die door menschen synthetisch bereid zijn? Men kent er verscheidene, waarvan de verwerking door bacterien vaststaat, ofschoon deze toch geen gelegenheid hebben gehad, dit te leeren. Men mag dus wel zeggen, dat de natuur steeds zonder aarzelen ook aan buitensporige eischen weet te voldoen.

Heel vaak ook dragen de betrokken levende organismen de kiemen hunner latere vertering reeds bij zich, als 't ware op de loer liggend, om hun werk te kunnen beginnen. Wij weten dit van den mensch en de warmbloedige dieren, bij wie op het oogenblik van hun sterven de afbraakprocessen onmiddellijk beginnen,



ja, bij wie men telkens de gelegenheid heeft te bewonderen, hoe zij de steeds aanwezige belagers in toom weten te houden, die toch van elke vermindering van weerstand gebruik plegen te maken om ten aanval te trekken. Maar ook weten wij het van bladen, van zoete vruchten als de wijndruif, die reeds tijdens de rijping bezaaid wordt met de gistcellen, die na den pluk den zoeten most tot gisting zullen brengen, onder splitsing van de suiker in alcohol en koolzuur, haar eerste afbraakproducten. De alcohol moet nog een langen weg afleggen, hetzij tot verheugenis of tot schade van den wijndrinker, of mogelijk nog op andere wijze, vóór hij eveneens tot koolzuur is geworden, het universeele koolstofvoedsel van de plant.

Uit het tot nu toe gezegde zult U de juiste conclusie getrokken hebben, dat wij de bewerkers van deze reeksen van elkaar aanvullende dissimilatieprocessen onder de micro-organismen te zoeken hebben. Inderdaad, hier ligt het domein van bacteriën, schimmels en gisten, die ieder voor zich of te zamen de taak vervullen, die ik zoo juist omschreven heb. Heel gemakkelijk is hun werk dikwijls niet: hun levensfunctie brengt nu eenmaal mee, dat ze slechts opgeloste of gasvormige stof kunnen verwerken en daarom moeten onoplosbare stoffen eerst tot oplosbare worden omgezet. Maar ook daarvoor deinzen zij niet terug: met behulp van door hen afgescheiden enzymen weten zij ook deze moeilijkheid te overwinnen.

De studie van deze bacterie-enzymen vormt een geheel apart hoofdstuk, nauw verwant met de biochemie. Hun voorkomen bij verschillende bacterien, het hoe van hun werking, de invloed daarop door allerlei uiterlijke factoren, hun afscheiding, zuivering, samenstelling, vormen stof voor uitgebreide physico-chemische en biochemische studie, waaraan verschillende onderzoekers zich met hartstocht wijden en die reeds belangrijke resultaten heeft opgeleverd, al kan ik niet onkennen, dat een onbehagelijk gevoel mij bekruipt, als ik waarneem, dat men aan de enzymen een steeds belangrijker rol gaat toeschrijven en steeds meer tracht, elke levensfunctie der bacterien tot een enzymwerking terug te brengen en daarmee het leven te vangen in een, onafhankelijk van de levende cel verlopende, door het enzym gestimuleerde chemische reactie. De cel wordt daarbij gedegradeerd tot een producent en behoeder van enzymen, een enzymfabriek en -opslagplaats dus, waar zij goed verpakt en voor elkaars inwerking beschermt, voorradig gehouden worden, om teweerk te worden gesteld, als de cel eens een substraat te verwerken krijgt, waarop hun eigenschappen zijn ingesteld. Die eigenschappen worden bovendien als vrij specifiek beschouwd, zoodat bijna elk

nieuw substraat, dat door de bacterie blijkt te worden gesplitst, aanleiding geeft, daarvoor de aanwezigheid van een nieuw enzym aan te nemen. Om uit te maken, of de gebleken omzetting van enzymatischen of metabolischen aard is, pleegt men dan de betreffende bacterien te laten inwerken in tegenwoordigheid van een bacteriedoodende stof als toluol en proclameert dan de werking als enzymatisch, als ze desondanks doorgaat, als metabolisch, als ze dat niet doet. Het wil mij voorkomen, dat men daarmee op een volkomen verkeerden weg is. Het is immers door talrijke onderzoekingen komen vast te staan, dat met het reproductievermogen, dat door toluol kan worden vernietigd, nog niet de andere functies van het protoplasma worden stopgezet en het is dunkt mij fout, deze overblijvende werkingen aan buiten het leven staande enzymen toe te schrijven, tenzij men daaraan een geheel andere definitie zou willen hechten dan de gebruikelijke. En evenzeer fout lijkt het mij, de afwezigheid van enzymen te willen concluderen uit het verdwijnen van de werking bij toluoltoevoeging, omdat wij weten, dat een echt biologisch enzym, als bijv. de saccharase, onderhevig is aan den invloed van den physischen toestand der omgeving, zoodat de niet-werkzaamheid ook daaraan zou kunnen worden toegeschreven.

Ziethier dan het studieveld van den microbioloog met enkele punten afgepaald. U zult zijn warme belangstelling beseffen voor die kleine organismen, aan welke een zoo uiterst belangrijke taak is toebedeeld in het voorste legioen van den strijd tegen de vervuiling. Hij zal alles van hen willen weten: hun gedaante en samenstelling, hun vermenigvuldiging en levenswijjs, en bovenal de werkingen, die zij vermogen uit te oefenen, en die hij zal willen toetsen aan de hen opgelegde taak.

En dan zal het U niet verwonderen, dat op die taak en de vervulling daarvan een verschillende kijk mogelijk is: dat men misprijzend den klemtoon kan leggen op het „bederf” dat zij veroorzaken, maar ook sommige van hen goedkeurend kan toeknikken wegens de mooie opbrengst aan een of ander technisch belangrijk product; dat men hen kan vreezen wegens de ziekteverwekkende eigenschappen, die sommige hebben ten opzichte van plant en dier, maar dat men dat ook met een vergoelijkend oog kan bekijken, omdat die aantasting van levende stof toch eigenlijk ook in het kader der opruimingstaak kan worden gezien, al zijn wij den medicus en den phytopatholoog ook dankbaar, dat zij hun best doen, de overijverigheid dier bacterien zooveel mogelijk te stuiten. Maar ten slotte en bovenal kan men hen toch als nuttige, hard werkende vrienden begroeten, en trachten, hun ijver

in goede banen te leiden, zoodat hun afbrekende arbeid in een nuttige wordt omgezet.

Een hoogst belangwekkend gebied voor dezen microbenarbeid ligt nu op het terrein van land- en tuinbouw. Het is daar dat alle takken van microbiologische wetenschap, behalve de zuiver medische, samenkomen en hun bijdrage leveren tot de kennis en de beheersching van de processen, die leiden moeten tot de meest doelmatige verstrekking van voedsel aan nuttige plantengewassen. De bemestingsleer, de landbouwscheikunde, de mycologie en phytopathologie reiken hier aan de microbiologie de hand tot het gezamentlijk bewerken van dit voor de menschelijke huishouding zoo belangrijke terrein.

Het ligt wel in de rede, en U zult het mij wel ten goede houden, dat ik op deze plaats en op dit tijdstip wat nader inga op het belang, dat de microben voor de landbouwkundige bedrijven hebben. En in het kader van mijn eigenlijke onderwerp denk ik dan natuurlijk allereerst aan de mineralisering van de in den akker gebrachte meststoffen. Dat daarbij micro-organismen de hoofdrol spelen is een nog eerst ongeveer 70 jaar oud inzicht, even jong dus als de microbiologie zelf. Daarvóór ontbrak het weliswaar niet aan theorieën, maar ze beweerden meer dan ze bewezen, en het chemisch eindpunt der omzettingen was wel in groote trekken bekend, maar het onderzoeken van den weg waarlangs dit bereikt werd beschouwde men veelal als bijzaak. Sedert dien is daarin een radicale verandering gekomen, waardoor een ontzaglijk veld van nieuwe microbiologische studie werd ontsloten. Men is tot het inzicht gekomen, dat men met recht mag spreken van een bodempopulatie der microben, voor haar voedsel afhankelijk van de resten van het plantenleven, terwijl de plant weder rekt op de microbenwereld om die resten af te breken en daaruit nieuw plantenvoedsel op te bouwen. Dat woord microbenwereld is inderdaad niet te weidsch: in een goed gecultiveerden akker is er een talrijke en zeer gevarieerde bevolking in rusteloozen gezamentlijken arbeid aan haar taak bezig, ademhalend als plant en dier en zoodanig evenwichtig uitgebalanceerd, dat plaatselijke storingen slechts een voorbijgaanden en spoedig gecorrigeerden invloed hebben. Behalve uit een werkelijk ontzaglijk aantal bacteriesoorten, in verschillende stadia van activiteit, bestaat ze uit protozoën, algen, schimmels en talloze soorten van hogere organismen, en ze is een bron van niet eindigende vreugde voor hen, die houden van het kweeken, verzorgen en bestudeeren van micro-organismen, zoo goed als van hen, die belangstellen in de chemische reacties, die zij tot stand weten te brengen. Van deze laatste trekken vooral de omzettingen der

stikstof de aandacht. Daaraan is een interessant en instructief stuk wetenschappelijke geschiedenis vastgeknoopt, waaraan vooral de namen van Boussingault, Schloessing, Berthelot verbonden zijn en waarbij men na veel afdwalingen tot het juiste inzicht kwam, dat de nitraten het eigenlijke stikstofvoedsel van de meeste planten vormen, en dat dan ook de bacteriepopulatie van den bodem samenwerkt, door juist deze stoffen uit de organische stikstofverbindingen te bereiden, waarbij de ammoniak een belangrijk tusschenproduct vormt. Ik moge daarbij aan Söhngen's belangrijke arbeid over de werkzaamheden der ureumbacterien herinneren, die zich waardig bij die van illustere voorgangers als Miquel en Beijerinck aansluit. Dat bovendien nog de atmosferische stikstof op verschillende wijzen door bacterien kan worden vastgelegd, een proces waarover wij belangrijk werk danken aan Berthelot, Hellriegel en Wilfarth, aan Beijerinck en aan Winogradsky, wil ik hier slechts terloops vermelden, omdat het niet bij mijn eigenlijke onderwerp behoort.

Sedert dien heeft men wel eens wat veel de bacterien in het middelpunt der belangstelling geplaatst bij de pogingen om tusschen vruchtbaarheid en bacteriepopulatie verband te leggen, daarbij vergetende, hoezeer deze het samenleven met andere organismen van noode hebben, opdat het grootste profijt voor den akker resulteeren kan. De proeven met zg. partieele sterilisatie van den bodem met behulp van chloroform of zwaveldioxyde hebben wel bewezen, dat door het op deze wijze dooden der hoogere organismen het evenwicht wordt verbroken en de bacterien, waarvan de meeste de bewerking overleven, tot bovenmatige ontwikkeling geraken.

Het is weer Winogradsky geweest, die in zijn studies van de laatste jaren gewezen heeft op het onbevredigende van het isoleeren en bestudeeren van reinculturen van allerlei aard, en die met woord en daad de studie van den bodem-zooals-hij-is aanbeveelt. Men mag aannemen, dat deze aansporing niet zonder gevolg zal blijven en dat dergelijke onderzoekingen voor de kennis van de gebeurlijkheden in den akker van groot belang kunnen worden.

En dan zie ik daarnaast een gebied van studie en toepassing, waar men onze bacterien te hulp roept voor belangrijke opruimwerkzaamheden en dat is het verwerken van vaste en vloeibare afvalstoffen der menschelijke huishouding. Waar voor de eerste niet de directe verbranding wordt toegepast, daar geschiedt de verwerking altijd langs biologischen weg, onverschillig of men vuilnisbelten inricht, het vuil in den grond graaft of het in openbaar water deponeert. De composteering, zooals de gemeente

den Haag die thans toepast, is een verfijnde uitwerking van hetzelfde biologische principe. Elken nacht worden de verzamelde afvalstoffen vandaar naar Drente vervoerd, waar ze na behoorlijke bevochtiging tot groote hoopjes worden gestort en aan zelfvertering worden overgelaten, die onder sterke temperatuursverhoging in enkele weken pleegt te zijn voltrokken. Deze methode is geschoeid op de leest van de in Italië en Frankrijk toegepaste werkwijze van Beccari, die het bevochtigde vuil stort in betonnen cellen, waarin geforceerde trek zorgt voor den luchttoevoer, die voorwaarde is voor een goede werking. Ik noemde U vroeger reeds de zuurstof als uitermate belangrijken factor voor het verloop der dissimilatieprocessen. Hier is nog weer een voorbeeld, waarbij ze voor een explosie-achtige warmteontwikkeling zorgt, die tot temperaturen van omstreeks 70° C. leidt, en die er in hooge mate toe bijdraagt, een geheel uitgewerkt en stabiel product te verkrijgen, dat elk karakter van vuil verloren heeft en sterk aan tuinaarde doet denken.

Wat het rioolwater der menschelijke huishouding betreft, wijs ik U op de grootscheepsche biologische reinigingsinstallaties, die overal in de wereld zijn en worden gebouwd (de Vereenigde Staten hebben daarvoor alleen in 1935 \$ 200 millioen uitgegeven!) en waar men deze verwerking evenzeer doelbewust langs die banen leidt, waarbij de bacterien hun beste kansen krijgen en eindproducten ontstaan, die de hinderlijke eigenschappen van versche afvalstoffen verloren hebben en een zekere mestwaarde vertegenwoordigen.

Ik moet nog wijzen op een groeiend streven, om het rioolwater voor directe akkerbemesting te gebruiken. Reeds in de kindsheid der afvalwaterzuivering bestond dit, doch het kwam in discrediet, omdat de toepassing groote oppervlakten eischte en men zich kon permitteeren eenigszins roekeloos met de mestende bestanddeelen om te gaan. Het terugkeeren tot deze methoden, in verbeterde toepassing, is in de tijden van nu een economische kwestie.

Ik moet ook het belangrijke gebied der drinkwaterzuivering gedenken, waar aan de bacterien een belangrijke rol bij de zuivering is toebedeeld, doch waar zij met snooden ondank plegen te worden bejegend, omdat de waterleidingtechnicus er een eer in stelt, drinkwater met zoo weinig mogelijk bacterien af te leveren en daarom niet schroomt, zijn trouwe medewerkers na gedanen arbeid met behulp van chloorgas tot op den laatsten uit te moorden!

Dan worden zij met meer égards behandeld in de zuivelindustrie, waarvan het eigenlijke doel is, de zoo weinig houdbare

melk in houdbaarder producten om te zetten: karnemelk, boter, kaas, yoghurt enz. En dan moeten daarnaast de industrieën van de zuurkool en andere verzuurde landbouwproducten, als augurken en veevoeder, genoemd worden. Daar is men dankbaar voor de werkzaamheid der bacterien en kweekt ze met zorg, om een zoo houdbaar en smakelijk mogelijk product te krijgen. En toch, ook hier blijven de bacterien binnen hun rol van afbrekers, maar alle genoemde processen hebben dit gemeen, dat allerlei suikrachtige stoffen daarbij in melkzuur worden omgezet en het is aan dit zuur, dat de afbraakvertraging te danken is, die wij als conserveering der bedoelde voedingsmiddelen prijzen.

Ziethier, waarde hoorders, een oppervlakkigen blik over eenige zeer belangrijke gebieden van afbraakwerkzaamheden der microben. Maar daarbij is toch één zeer belangrijk punt buiten beschouwing gebleven en dat is het inzicht, dat al deze processen, die ik onder den naam dissimilatieprocessen samenvatte, alleen maar kunnen geschieden, indien en voor zoover de bacterien gelegenheid krijgen zich te vermeerderen. Ja, men mag zelfs zeggen, dat dit laatste eigenlijk het primaire is, en dat de afbraakreacties slechts middelen zijn om dat te bereiken. Deze middelen zijn noodzakelijk, omdat voor de vermeerdering der bacterien opbouw van organische stof noodig is, die veel energie vereischt, en de bacterie, die niet als de hoogere planten in staat is, de energie van de zon te gebruiken, kan zich de noodige hoeveelheid alleen verschaffen met behulp van de dissimilatieprocessen, die zonder uitzondering naar producten van een lagere gezamentlijke energie voeren, zoodat bij alle een zekere hoeveelheid daarvan disponibel komt.

Het blijkt dus, dat de bacterien hun werk niet om-niet doen, maar dat zij een gedeelte der te verwerken stof ten eigen bate opeischen, om er met hulp van de dissimilatieprocessen energie aan te onttrekken, die voor hun vermeerdering noodig is. Met andere woorden: geen afbraak van organische stof zonder opbouw, en dan zou men geneigd zijn, zich met eenigen schrik af te vragen: wat baat het of de bacterien al werkzaam zijn in het afbreken van doode stof, om de resten weer aan de planten ter beschikking te stellen, als ze dat niet kunnen doen zonder tegelijk weer levend materiaal, hun eigen cellichaam, daaruit op te bouwen. Ik ben blij U in dat opzicht te kunnen gerust stellen met de verzekering, dat de opgebouwde hoeveelheid bij de afgebrokene zeer ver ten achter staat en dat de microbioloog telkens gelegenheid krijgt, zich te verbazen over de groote hoeveelheid verwerkte materie, die met een geringen bacteriegroei samengaat.

U in dit uur te doen zien, van hoe een eminent belang voor den landbouw een tak van wetenschap is, die zich uitstrekt zoowel over agrarische en economische vragen als over die van zuivel, gistingbedrijven, conservenindustrie, waterzuivering, afvalwaterreiniging en nog vele andere, dan zal het U duidelijk moeten zijn, dat men een leeropdracht als de mijne niet anders dan met groot enthousiasme kan aanvaarden, en dan weet ik zeker dat ik voor de vervulling van mijn taak op Uw onmisbaren bijstand zal mogen rekenen. Dat ik op dit moment mijn betreunden voorganger Söhngen herdenk, wiens naam tot ver over onze grenzen bekendheid heeft verworven, zal U niet verwonderen.

*Mijne Heeren Hoogleraren en Docenten der Landbouwhoogeschool,*

Uit wat ik zeide over de veelzijdigheid der microbiologische wetenschap zult gij mijn diep besef begrijpen, hoezeer ik onmachtig zal zijn, mijn taak naar behooren te vervullen, als ook Gij mij daarbij niet Uw steun verleent. De tijd van zelfgenoegzaamheid der wetenschap behoort tot het verleden en bij mij bestaat het vaste voornemen, contact te zoeken waar ik maar kan en hulp te vragen en samenwerking te bevorderen, waar gij mij die maar wilt geven. Ik ben overtuigd, dat ik U in dit streven niet tegenover mij maar naast mij vinden zal. Voor de nu reeds van sommigen Uwer ondervonden vriendelijke tegemoetkoming mijn besten dank.

In het bijzonder moge ik een woord van dank richten tot U, Hooggeleerde *van Loghem*. Het is juist 12½ jaar geleden, dat ik mijn intrede deed als assistent in Uw laboratorium. Sedert dien tijd hebt gij niet opgehouden, mij Uw helpende belangstelling te schenken, ook toen mijn benoeming tot lector mij naar een andere Faculteit deed overgaan. Ik zal U daar steeds onverminderd dankbaar voor zijn. Ik betwijfel het zeer of ik op deze plaats zou staan, indien gij mij niet een zoo prachtige gelegenheid tot werken hadt geboden.

Ik neem tevens afscheid van U, mijne heeren *Hoogleraren en Lectoren van de Faculteit der Wis- en Natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam*. Met vele Uwer heb ik persoonlijk contact gehad, waaraan ik, weest daarvan overtuigd, de aangenaamste herinneringen meeneem. In het bijzonder gij, Hooggeleerde *van der Wielen* hebt mij een welwillendheid betoond, die ik niet licht vergeten zal.

Ik dank ook U, Hooggeleerde *Schüffner* voor Uw vriendelijke

belangstelling in mijn werk. U waar noodig te kunnen helpen was altijd een groot genoegen.

Een woord tot afscheid ook aan mijn assistenten en oud-assistenten, die mij steeds door hun hartelijke medewerking de vervulling van mijn taak hebben verlicht, en ook aan het personeel van het Laboratorium voor de Gezondheidsleer, van wie ik nooit anders dan tegemoetkoming en medewerking heb mogen onder vinden.

Ten slotte een woord tot U, *Dames en Heeren Assistenten en Studenten der Landbouwhoogeschool*. Als Gij het in dit uur gesprokene begrijpend hebt verstaan, zult gij mijn neiging beseffen om mijn toga af te leggen en tezamen met U op te trekken naar ons mooie laboratorium en aan het werk te gaan! Er is nog zoo ontstellend veel te doen! En ik doe dan ook een dringend beroep op Uw ijverige medewerking. Uw leergierigheid, Uw jeugdig enthousiasme voor de wetenschap heb ik noodig, zoo goed als gij het niet kunt stellen zonder mijn goede voorbeeld en mijn toewijding aan Uw belangen. Laten wij elkander beloven trouw te blijven aan het ideaal der wetenschap, waarmee niet te transigeeren valt en dat den student moet behoeden voor het afdalen tot het niveau van den dictaatschrijvenden collegiant, die slechts het hem geleerde lesje kan opzeggen. Dan zult Gij mij steeds welkom zijn en mij bereid vinden, Uw enthousiaste gids te wezen op de doornige paden der wetenschap, waar de moeiten en perikelen plegen te vervloeien tot kameraadschap en elk bereiken van het gestelde doel onze harten vrijmaakt en verheft. Tot U herhaal ik het woord, dat Pasteur in moeilijke tijden placht te gebruiken: *laboremus*, laat ons arbeiden!

Ik heb gezegd.