

# THEORIE EN MODEL

## REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT VAN  
BUITENGEWOON HOOGLERAAR IN DE THEORETISCHE  
TEELTKUNDE AAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL  
OP 10 OKTOBER, 1968

DOOR

DR. IR. C. T. DE WIT



H. VEENMAN & ZONEN N.V. - WAGENINGEN



*Mijne heren leden van het bestuur van de Landbouwhogeschool,  
mijnheer de rector magnificus,  
dames en heren professoren,  
dames en heren lectoren, docenten, medewerkers,  
studenten, vrienden en belangstellenden,*

*Zeer geachte toehoorders,*

Iemand die zich voorbereidt een nieuw vakgebied te gaan doceren, ontkomt niet gemakkelijk aan de verleiding te onderzoeken wat dit bij de tegenwoordige stand van zaken kan inhouden. Dit geldt zeer zeker wanneer een in zo hoge mate op de toepassing gericht vak als de teeltkunde voorzien wordt van het voorvoegsel 'theoretische'. Met behulp van de grote Van Dale ben ik tot de conclusie gekomen dat de theoretische teeltkunde de wetenschap is die zich ten doel stelt systemen en denkbeelden te ontwikkelen ter verklaring van waargenomen feiten en verschijnselen bij het voortbrengen en vermeerderen van levende organismen. Nu staat de theoretische teeltkunde dermate in de kinderschoenen dat de vraag hoe deze systemen en denkbeelden zijn te ontwikkelen en wat we hiervan mogen verwachten nog steeds het best toegelicht kan worden door de natuurkunde als voorbeeld te nemen, de oudste wetenschap waarin experiment en theorie in hoge mate samen gaan en een vergaand gebruik gemaakt wordt van de wiskunde.

De in de natuurkunde gevolgde methode wordt gekenmerkt door het opsporen van de processen en mechanismen die de verschijnselen beheersen en het herleiden van deze relaties tot een zo gering mogelijk aantal ervaringswetten. Zo zijn in de 17e eeuw de ontelbare verschijnselen en wetmatigheden van de dynamica samengevat door het onderscheiden van de begrippen massa en kracht en het onderkennen van de behoudswetten van massa en impuls, een basis waarop het ook mogelijk was nog niet waargenomen verschijnselen en wetmatigheden te voorspellen. De berekeningen over de loop van de hemellichamen zijn hiervan wel het meest spectaculaire voorbeeld.

Samenvatten en voorspellen zijn echter niet de enige functies van een theorie en waarschijnlijk niet de voornaamste in een wereld waar evenwichten meer en meer verstoord worden door menselijk ingrijpen en dus de belangstelling verschuift van stationaire, omkeerbare verschijnselen naar niet stationaire, niet omkeerbare verschijnselen, van de astronoom naar de astronaut, van Linnaeus naar Darwin en van Adam Smith naar Keynes. In deze tijd dient een aanvaardbare theorie het ook mogelijk te maken gewenste veranderingen aan te brengen in de omgeving volgens richtlijnen uit de theorie en menselijk en maatschap-

pelijk ter zake doende kennis te verschaffen omtrent de dingen die we om ons heen waarnemen en creëren.

Voor mijn gevoel is elke natuurwetenschappelijke theorie die deze naam waard is een toepasbare theorie en elke natuurwetenschap een toepasbare wetenschap. Het onderscheid tussen fundamenteel en toegepast onderzoek is dan nogal vaag. Het fundamenteel onderzoek richt zich vooral op het vinden van grondbeginselen en het toegepast onderzoek op die functies van de theorie die een regelend gebruik mogelijk maken en bruikbare informatie verschaffen. Bij de ontwikkeling van deze functies blijken modellen, die voor ons doel gedefinieerd kunnen worden als geschematiseerde voorstellingen van een deel van de werkelijkheid of van een systeem, onmisbaar. Onmisbaar omdat zelfs in die gevallen waar de grondslagen van de verschijnselen geheel bekend zijn, het vermogen tot redeneren ons in de steek laat om tot praktisch bruikbare resultaten te komen.

In de dynamica zijn modellen al van oude datum. Zo bouwde Eise Eisinga in 1780 in Franeker een planetarium om de verontruste leek te demonstreren dat de conjunctie van planeten niet tot catastrofale gevolgen leidt. Dit is een model waarbij de loop van de planeten gesimuleerd wordt door een mechanisme waarvan de vergelijkingen van beweging totaal verschillend zijn van die in de werkelijkheid, zodat het niet gebruikt kan worden voor het doen van experimenten, die experimenten met de werkelijkheid vervangen.

Van veel grotere betekenis bij de beheersing van de omgeving zijn hydro-dynamische en aëro-dynamische modellen die gebruikt worden bij het ontwerpen van waterstaatkundige werken, schepen, vliegtuigen en auto's. Hier zijn de vergelijkingen van beweging hetzelfde en worden op dezelfde wijze gerealiseerd als in de werkelijkheid, alleen op een handzamer schaal. Deze schaalmodellen zijn mogelijk omdat de theorie voldoende aanknopingspunten biedt om tijd- en ruimteschalen te wijzigen zonder de stromingsbeelden te veranderen en nodig omdat een volledige wiskundige behandeling van de stromingsverschijnselen, zelfs met de modernste wiskundige hulpmiddelen, onmogelijk of ondoenlijk is. De modellen geven op zichzelf geen oplossingen, maar zijn remplaçanten van de werkelijkheid die het meten en experimenteren mogelijk, sneller en goedkoper maken.

In andere modellen zijn de vergelijkingen van beweging hetzelfde, maar is het mechanisme verschillend. Het is bijvoorbeeld mogelijk de niet-stationaire stroming van grondwater na te bootsen met een model op verkleinde schaal waarin de warmte de plaats van water inneemt en lood de plaats van de watervoerende laag. Dit type schaalmodellen is vaak aan beperkingen onderhevig omdat op kardinale punten de analogie met de werkelijkheid ontbreekt. Warmtemodellen van waterstromingen zijn bijvoorbeeld slechts beperkt toepasbaar, omdat hierin geen analogie van de zwaartekracht bestaat.

In de biologische wetenschappen zijn modellen waarbij alleen tijd- en ruimteschalen verschillend zijn maar de verschijnselen zich overigens op dezelfde wijze afspelen als in de werkelijkheid, waarschijnlijk onmogelijk. De werelden waarin Gulliver reisde waren zelfs voor zijn bezoek vol tegenstrijdigheden. Bij proeven in de teeltkunde waar een Guinees biggetje de plaats inneemt van een echte big, is dit diertje dan ook geen model maar een object, waarvan de bestudering grondslagen kan opleveren die na verificatie wellicht toepasbaar zijn op terreinen van meer direct belang.

Veel abstracter, maar ook veel meer flexibel dan schaalmodellen, zijn de elektronische analogonmodellen die voortkomen uit de behoefte de bestaande discrepantie op te heffen tussen het gemak waarmee veel dynamische systemen wiskundig te beschrijven zijn en de moeite die het kost om tot een analytische oplossing te komen, zo die al mogelijk is.

Een analogonmodel van een vallende appel zou kunnen bestaan uit een apparaat met twee condensatoren. Wanneer de eerste opgeladen wordt met een constante stroom die analoog is aan de versnelling, krijgt deze een spanning die analoog is aan de snelheid van de appel. Wanneer de tweede condensator nu opgeladen wordt met een stroom die evenredig is aan de spanning op de eerste condensator, is de spanning hiervan analoog aan de gevallen afstand. De tijd waarop de spanning op de tweede condensator een vooraf vastgestelde waarde heeft bereikt, is dan een maat voor de valtijd. Op basis van grondbeginselen van de elektriciteitsleer en de mechanica is het mogelijk de schaaufactoren tussen model en werkelijkheid vast te stellen en zo tot een kwantitatief antwoord te komen. Het analogonmodel lijkt uiterlijk geheel niet meer op de vallende appel, maar omdat de vergelijkingen van beweging in model en in werkelijkheid hetzelfde zijn, is het antwoord goed en hoeft niet geverifieerd te worden door metingen aan de werkelijkheid.

Wanneer de appel langs een met nogal wat fantasie gebouwde goot naar beneden glijdt, dient eerst vastgesteld te worden hoe de helling van de goot verloopt met de hoogte en hoe groot de wrijvingscoëfficiënt van de glijdende appel is. Bij de eigenlijke bouw van het model zijn dan naast de elementen die optellen, vermenigvuldigen en integreren ook elementen nodig die de goniometrische bewerkingen uitvoeren en functies lezen. Het zal U niet verwonderen dat de elektronisch ingenieur een apparaat, de analogon-berekenmachine, ontworpen heeft, waarin deze elementen voorkomen en gemakkelijk zo te schakelen zijn dat een analogonmodel van de glijdende appel ontstaat.

Met deze berekenmachine kan ook wel een rollende appel gesimuleerd worden, maar we overvragen wanneer we trachten rekening te houden met het feit dat appels niet rond zijn of een steeltje hebben. Modellen horen geschematiseerde voorstellingen van de werkelijkheid te blijven.

Wanneer een wantrouwende geest de uitkomsten van het model vergelijkt met de werkelijkheid en gebrek aan overeenstemming waarneemt, zal hij gaan twifelen aan de geoorloofdheid van de schematiseringen of aan de juistheid van de metingen maar niet aan de grondslagen van de mechanica en aan de mogelijkheid systemen op deze wijze te doorzien. Maar we hoeven ons de droevige staat maar voor te stellen waarin de mechanica zich zou bevinden wanneer Newton bij het aanschouwen van de vallende appel een analogon-berekenmachine ter beschikking gehad zou hebben om in te zien dat een model – hoe goed ook als remplaçant voor de werkelijkheid – geen remplaçant is voor een natuurwetenschappelijke theorie.

Ik hoop dat deze wel erg elementaire beschrijving voldoende is om U duidelijk te maken waaruit hier de analogie tussen model en werkelijkheid bestaat en dat deze modellen vooral van belang zijn bij de bestudering van systemen waarin veranderingen continu verlopen en op bekende wijze afhangen van de toestand van het moment waarin het systeem verkeert. In principe zijn dus alle natuurkundige en scheikundige systemen op deze wijze te simuleren, maar de complexiteit van de te simuleren systemen wordt wel erg beperkt door de mogelijke grootte van de beschikbare apparatuur. Deze beperking valt weinig op bij veel technische toepassingen omdat daar onderzoekers met hetzelfde denkpatroon en de analogon-berekenmachine ontwikkelden en de duidelijk gestructureerde technische systemen bouwden, die zo goed op deze machine gesimuleerd kunnen worden.

Op gebieden waar veranderingen in ruimte en tijd optreden, zoals bij stromingsverschijnselen en transportverschijnselen in deze stromingen zijn de beperkingen van deze simulatietechniek echter groot. Dit is een terrein van onderzoek dat juist van groot belang is in de landbouwmeteorologie, de bodemfysica en de biologische wetenschappen. Ik verwacht dat het ook centraal komt te staan in de menswetenschappen waar de stroming van mensen en materiaal en de hiermee gepaard gaande stroming van ideeën van zo'n groot belang is. Ik deel dan ook niet de optimistische opvatting van veel Amerikanen dat maatschappelijke problemen opgelost kunnen worden door de denkfabrieken, die hun ontstaan te danken hebben aan het weinig door-dachte voornemen een mens op de maan te zetten.

In de beslistkunde worden met de voorgaande in veel opzichten overeenkomende modellen gebruikt bij de simulering van bedrijven en ondernemingen. Hier worden de regels volgens welk de beslissingen en activiteiten in een bedrijf afhangen van de omstandigheden geformuleerd en samengebracht in een wiskundig model, waarmee in plaats van met de werkelijkheid geëxperimenteerd wordt. Op deze wijze is dan na te gaan hoe veranderingen in de beslissingsregels door buitenwacht, personeel of directie de lotgevallen van het bedrijf beïnvloeden.

Deze beslissingsregels hebben grote overeenkomst met de vergelijkingen van beweging in de natuurkundige modellen. Het kardinale punt van verschil is echter dat bij de opstelling ervan lang niet in die mate gebruik te maken is van fundamentele relaties omdat de theorie die deze moet leveren, ontbreekt. Hiervoor wordt voor mijn gevoel teveel uit de duim afkomstige informatie gesubstitueerd. Het analogonkarakter van deze modellen in de besliskunde, vooral gepropageerd door de Industrial Dynamics groep van Forrester in Boston, staat dan ook veel minder vast en de verkregen resultaten verdienen dan ook uitvoerig aan de in werkelijkheid optredende verschijnselen getoetst te worden. Dit geldt trouwens evenzeer voor soortgelijke modellen in de economie en de sociologie.

Een ander verschil met de in de natuurkunde gebruikelijke modellen is dat meer veranderingen discontinu verlopen, veel meer empirische relaties ingebouwd worden, meer accent gelegd wordt op de stochastische aspecten en bij de formulering van de beslissingsregels niet alleen rekening gehouden wordt met de toestand van het bedrijf op het moment, maar ook met gegevens die over de gang van zaken in het verleden bewaard zijn gebleven. Om deze redenen zijn de analogonberekenmachines minder bruikbaar voor dit soort simulaties en gebeurt het werk vaak op digitale berekenmachines met behulp van talen die speciaal voor dit doel ontworpen zijn.

Anderzijds zijn er ook talen die het simuleren van natuur- en scheikundige systemen op digitale berekenmachines vergemakkelijken; het bezwaar dat de integratie niet meer continu verloopt als in de werkelijkheid maar over kleine intervallen, kan – althans ten dele – opgevangen worden door het gebruik van geschikte numerieke methoden van integratie, waarbij de grootte van de tijdstippen afhangt van de snelheden van verandering. De simulatie van systemen waarbij continue veranderingen in ruimte en tijd optreden blijft echter moeilijk, al ben ik wel van mening dat speciaal voor dit doel ontwikkelde machines en simulatietalen van groot nut zouden kunnen zijn.

Wanneer U bij het voorgaande gevallen bent over het gebruik van het woord berekenmachine is dit de bedoeling. Rekenen is cijferen of met getallen werken, maar berekenen is door rekenkundige bewerkingen uit zekere gegevens iets afleiden, en daarvoor zijn er computers of berekenmachines.

Modellen waarmee het gedrag van biologische systemen gesimuleerd wordt, zijn vaak tweeslachtig: ze zijn enerzijds ontleend aan kennis van de fundamentele processen die zich in de natuur afspelen, doch berusten anderzijds op regels die geaccepteerd worden op grond van het feit dat hun gebruik in het model resultaten oplevert die overeenkomen met de waargenomen verschijnselen. Het onderscheid tussen beide regels is nogal vaag, zoals het onderscheid tussen vuistregel en axioma in de natuurkunde vaag is. Dit verschil zal ik proberen toe te

lichten door eerst een model te beschrijven en dan in te gaan op wat eigenlijk gemodelleerd wordt. Hiertoe heb ik een stochastisch voorbeeld gekozen om mede duidelijk te maken dat de vaak hoog oploaiende strijd tussen voorstanders van deterministische en stochastische modellen op mij een indruk maakt als een strijd om 's keizers baard.

We kunnen ons hier op het podium een rijtje urnen voorstellen genummerd van 0 tot 100 en in de urnen met de nummers 1 tot 100 een groot aantal knikkers waarop ook de nummers 0 tot 100, in iedere urn met een verschillende frequentieverdeling. Met dit urnmodel voeren we nu het volgende experiment uit. We nemen uit een van de urnen een knikker, lezen het nummer af, leggen de knikker terug en schudden. Daarna gaan we naar de urn met het nummer dat op de knikker stond en herhalen de voorschriften totdat we bij de urn met het nummer nul en zonder knikkers belanden. Ondertussen maken we een grafiek met op de horizontale as het aantal keren dat het ritueel herhaald is of de tijd en op de verticale as het bijbehorende nummer van de urn. Het is duidelijk dat de vorm van de gebroken lijn en de duur van de proef afhangen van het aantal urnen en de frequentieverdeling van de nummers op de knikkers en dat het een aanlokkelijke opgave kan zijn wiskundige theorieën te ontwikkelen waarmee is te berekenen hoe lang het experiment gemiddeld duurt en wat de gemiddelde waarde is van de nummers op de urnen die gepasseerd zijn. De goede wiskundige theorie en het urnmodel zijn elkaars model en er is dan ook geen ander gebied dan de waarschijnlijkheidsleer waar het gebruik van modellen zo direct, zo vanzelfsprekend en zo veelvuldig is, althans in gedachten.

In de biologie worden urnmodellen of de daarmee isomorfe theorieën terecht veel toegepast in de populatie-genetica. Hier is het immers boven alle twijfel verheven dat de chromosomen de dragers zijn van erfelijke eigenschappen en dat de verdeling van vaderlijke en moederlijke chromosomen geheel volgens toeval plaatsvindt. Op basis van deze kennis is het dan mogelijk het aantal urnen, de verdeling van de knikkers over de urnen en de uitvoeringsvoorschriften van een urnmodel zodanig te kiezen dat het daarop volgende kansspel overeenkomstige resultaten over de verdeling van chromosomen oplevert als het te simuleren proces. Via het urnmodel worden dan verschijnselen in de populatie-genetica verklaard uit de grondbeginselen van de erfelijkheidsleer. De resultaten met een dergelijk model verkregen, behoeven dan ook geen verificatie, evenmin als de analogonmodellen uit de natuurkunde deze behoeven.

Ecologen kunnen de functie van aantal en tijd hiervoor verkregen, opvatten als de voorstelling van het verloop van het aantal individuen in een populatie. Het urnmodel is dan een model van een populatie. Bij dit gebruik van het model wordt het aantal urnen, de frequentieverdeling van de knikkers en het uitvoeringsvoorschrift niet afgeleid uit grondbeginselen maar vastgesteld door aanpassing van deze variabelen aan een reeds waargenomen verloop van aantallen. Door dan met dit



model te spelen kan het gedrag van deze populatie nagebootst worden, maar daarmee is het niet verklaard. Het is dan wel mogelijk onder aanname van regels voor migratie, het gedrag van een aantal populaties gezamenlijk te simuleren en op deze wijze te demonstreren dat, zelfs in een wereld waar individuen de speelbal zijn van het lot, het voortbestaan van de soort verzekerd is, wanneer de omstandigheden maar niet veranderen. Het blijft dan echter een open vraag of deze wereld de onze is.

Afhankelijk van de toepassing is eenzelfde type model dus isomorf met een theorie, verklarend zoals in de populatie-genetica of demonstratief zoals in de populatie-dynamica.

De klassieke deterministische modellen van Lotka en Volterra dienen, evenals de stochastische modellen in de populatie-dynamica, geclassificeerd te worden als demonstratief omdat zij niet gebaseerd zijn op kennis van de grondslagen die de verschijnselen beheersen, maar op enkele vereenvoudigende uit de lucht gevallen axioma's die soms tot acceptabele uitkomsten leiden.

Het onderscheid tussen de twee soorten modellen en de te volgen strategie bij het bouwen wordt duidelijker wanneer we ons realiseren dat de biologie zoals elke andere natuurwetenschap uiteenvalt in verschillende kristallisatieniveaus van kennis, die zich onderscheiden door het integratieniveau of de relaxatietijden van de beschouwde processen, dat wil zeggen de tijden die nodig zijn voor herstel van de stationaire toestand na het aanbrengen van kleine verstoringen. Ik doel hierbij op de kennis van moleculen, celstructuren, cellen, weefsels, organen, populaties en levensgemeenschappen.

Zo kan de concentratie van intermediairen in de ademhalingsketen zich in ongeveer een minuut aanpassen bij concentratieveranderingen van glucose en zijn na verstoringen van enzymniveaus relaxatietijden van uren waargenomen. Daarentegen kost het een plant enkele dagen om het bij een veranderd temperatuurregime behorende functionele evenwicht tussen organen te bereiken en zijn vliegtuigreizigers enige dagen van slag na verandering van tijdzone. Het herstel van een weide met Engels raaigras na vorstschade neemt maanden in beslag, maar verstoringen van plantengemeenschappen zijn nog na jaren merkbaar.

De relaxatietijden van de verschijnselen die in de biologie bestudeerd worden, lopen met ruwweg een factor  $10^7$  uiteen. Het verschijnsel dat dit gebied onderverdeeld is in ongeveer 6 à 7 niveaus van kennis wijst er op dat een specialist zich bij zijn studie beperken moet tot verschijnselen waarvan de relaxatietijden een factor 100 uiteenliggen om vruchtbaar werk te doen.

Wat dit betreft is hij duidelijk de mindere van een dichteres als Vassilis die in haar bundel 'Parken en woestijnen' kon schrijven:

Ik droomde dat ik langzaam leefde...

langzamer dan de oudste steen.  
 Het was verschrikkelijk: om mij heen  
 schoot alles op, schokte of beefde,  
 wat stil lijkt. 'k Zag de drang waarmee  
 de boomen zich uit de aarde wrongen  
 terwijl zij heesch en hortend zongen;  
 terwijl de jaargetijden vlogen  
 verkleurende als regenbogen...  
 Ik zag de tremor van de zee,  
 zijn zwellen en weer haastig slinken,  
 zoals een groote keel kan drinken.  
 Een dag en nacht van korten duur  
 vlammen en dooven: flakkrend vuur.  
 – De wanhoop en welsprekendheid  
 in de gebaren van de dingen,  
 die anders star zijn, en hun dringen,  
 hun ademlooze, wreede strijd...  
 Hoe kòn ik dat niet eerder weten,  
 niet beter zien in vroeger tijd?  
 Hoe moet ik het weer ooit vergeten?

Wanneer we niet op deze wijze over de grenzen van ons ervarings-  
 gebied heen willen of kunnen kijken en modellen bouwen waarin de  
 wetmatigheden ontleend zijn aan ervaringen op hetzelfde niveau van  
 kennis waarop we de resultaten willen toepassen, blijven we tevreden  
 met demonstratieve modellen.

Om tot verklarende modellen te komen dienen we als Vasalis deel te  
 nemen aan onderzoek op tenminste twee niveaus. Het niveau met de  
 kleinste relaxatietijden is dan het verklarende niveau en het andere het  
 te verklaren niveau. De kennis over de processen op verklarend niveau  
 wordt in een model samengevat waarvan het gedrag overeenkomt met  
 het gedrag van het te simuleren systeem op het te verklaren niveau.  
 Omdat de relaxatietijden van de niveaus ruwweg een factor 100 uit  
 elkaar liggen, is het veelal mogelijk de verschijnselen op het verklarend  
 niveau te formuleren in termen van snelheidsvergelijkingen en beslis-  
 singsregels zodat bij de bouw van het model aangesloten kan worden  
 bij de in de natuurkunde en besliskunde gebruikelijke technieken. Zo  
 spelen in een model van de groei van gewassen de snelheidsmetingen  
 van fotosynthese, respiratie, groei en ontwikkeling uit de plantenfysio-  
 logie een centrale rol en zijn modellen over de opname van ionen door  
 cellen bij voorkeur gebaseerd op snelheidsvergelijkingen die ontleend  
 zijn aan de fysische chemie en de enzymologie.

Alle kennis op het verklarende niveau is echter niet over een kam te  
 scheren. Bij het simuleren van de ionenopname door een wortel in de  
 grond, worden de wetmatigheden die de diffusie en de stroming van de

ionen beheersen, ontleend aan fysische en chemische principes, die we niet in twijfel trekken; de wetmatigheden die bij de eigenlijke opname een rol spelen, worden echter ontleend aan nogal vrijblijvende opvattingen over het fysiologisch mechanisme, die wel in twijfel te trekken zijn.

Wanneer de kennis op het verklarende niveau voldoende uitgebreid en betrouwbaar is, is het onnodig de resultaten die met het model voor het te verklaren niveau verkregen zijn te toetsen en verkeren we in dezelfde gelukkige situatie waarin de natuurkundige vaak en de populatie-geneticus soms verkeert. Dit vertrouwen is echter vaak niet op te brengen, zodat een vergelijking van de resultaten van model en werkelijkheid noodzakelijk is. Wanneer nu aan het model gesleuteld wordt met als enig doel een betere aanpassing van de uitkomsten te verkrijgen op het te verklaren niveau worden demonstratieve elementen ingevoerd. Ofschoon dit niet altijd te vermijden is, leidt dit tot een onbevredigende constructie. De juiste werkwijze bij het constateren van afwijkingen is via experimenten met het model vast te stellen welk onderdeel van twijfelachtige waarde is, dit te bestuderen op het verklarende niveau en te vervangen door een betere versie, waarna een vergelijking van de resultaten van het model en de verschijnselen op het te verklaren niveau weer aan de orde is. Bij het ontwerpen van het model dient de toetsing met de verschijnselen op het verklarende niveau voorop te staan en bij het gebruik van het model de toetsing op het te verklaren niveau. Uiteindelijk mag het model op geen van beide niveaus in strijd zijn met de waargenomen verschijnselen.

Bij de ontwikkeling van de heuristische wijze van werken die hierbij nodig is, kan de bioloog tegen niemand aanleunen. Niet tegen de natuurkundige en scheikundige omdat zij deze techniek niet nodig hebben voor de ontwikkeling van hun theorieën. En niet tegen de beslis-kundige, de econoom of de socioloog omdat in hun wetenschappen de niveaus van kennis met verschillende relaxatietijden nog niet voldoende uitgesproken zijn, ondanks de beginnende differentiëring in macro- en micro- aspecten.

Hier ligt een probleem voor de wiskundig geschoolde bioloog of de biologisch geschoolde wiskundige, waarvan de oplossing ver buiten zijn vakgebied van belang is.

Een model dat twee opeenvolgende niveaus van kennis verbindt, zou ik een één-traps model willen noemen. Deze zijn veelal van handelbare grootte en omdat de relaxatietijden tot een factor 100 uit elkaar liggen kan bij het rekenen het voortschrijden in de tijd veelal gebeuren in stappen die ongeveer het vijfhonderdste zijn van de duur van de te simuleren processen. Voor verschijnselen met kortere relaxatietijden wordt dan een onmiddellijke aanpassing aangenomen terwijl veranderingen die traag verlopen ten opzichte van het te simuleren proces verwaar-

loosd worden. Twee-traps modellen verbinden drie niveaus van kennis, dienen in cascade gebouwd te worden en kunnen op drie niveaus getest worden. De detaillering die voor het bouwen van deze modellen nodig is, zal veelal de capaciteit van de beschikbare berekenmachines ver te boven gaan, terwijl de rekentijd prohibitief is omdat het voortschrijden in de tijd gebeuren moet met stappen die ongeveer het vijftigduizendste zijn van de duur van de processen die gesimuleerd worden.

Zeven-traps modellen, dat wil zeggen modellen waarbij de dynamische systemen die door de teeltkundige en de ecooloog bestudeerd worden geheel verklaard worden op fysische en chemische principes, zijn onmogelijk. Het is deze onmogelijkheid die ons de beperktheid van modelonderzoek doet voelen en de noodzaak van theoretisch onderzoek waarbij het samenvatten van de verschijnselen in een zo gering mogelijk aantal ervaringswetten voorop staat.

*Zeer gewaardeerde toehoorders,*

De weinige aandacht die in deze rede aan de samenvattende functie van de wetenschap besteed is, verraadt de onzekerheid die ik voel bij het nadenken hierover. Hierbij troost ik mij echter met de gedachte dat de leeropdracht niet de theoretische biologie betreft, maar de theoretische teeltkunde.

Voor mijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar in dit vak aan deze hogeschool betuig ik dan ook gaarne mijn dank aan de Kroon.

*Mijne heren leden van het bestuur van de Landbouwhogeschool,*

Het verheugt mij de gelegenheid te hebben mijn dank uit te spreken voor het in mij gestelde vertrouwen. Het doet mij bijzonder genoeg dat U bij de formulering van de leeropdracht alle mogelijkheden geschapen hebt voor een vruchtbare wisselwerking met andere wetenschappen en ik hoop dan ook in deze richting een bijdrage te kunnen leveren.

*Dames en heren hoogleraren, lectoren, docenten, onderzoekers en overige medewerkers aan de Landbouwhogeschool en Instituten,*

De theoretische teeltkunde kan vergeleken worden met een plant, waarvan nu 26 jaar geleden de kiem gelegd is toen ik bij dr. A. E. H. R. Boonstra in het Instituut voor Plantenveredeling werkzaam was. Dat het plantje niet verkommerd is, is te danken aan mijn helaas te vroeg overleden leermeester prof. dr. W. R. van Wijk, die aangaf hoe in de natuurkunde ontwikkelde werkwijzen toe te passen zijn in de landbouwwetenschap. De kiem is uitgegroeid tot een plant, maar een plant die nog in het vegetatieve stadium verkeert en waarvan de vruchtbaarheid alleen kan blijken wanneer ik op Uw voortdurende hulp en kritiek kan rekenen. Afgaande op mijn ervaringen in het verleden, heb ik het volste vertrouwen deze te blijven ontvangen.

Het doet mij groot genoegen na 15 jaar weer deel uit te maken van de hogeschoolgemeenschap, zonder de inspirerende werkgemeenschap in het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen vaarwel te hoeven zeggen.

*Dames en heren studenten,*

Zoals gezegd stelt de theoretische teeltkunde zich ten doel systemen en denkbeelden te ontwikkelen ter verklaring van waargenomen feiten en verschijnselen bij het voortbrengen en vermeerderen van levende organismen. Het zal U duidelijk geworden zijn dat hierbij een uitgebreide kennis van de basiswetenschappen nodig is, uitgebreider dan U in Uw kandidaatsstudie opdoet. Om bij mij vruchtbaar te kunnen studeren dient U bereid te zijn samen met andere studenten aan eenzelfde systeem te werken, waarbij een ieder het aandeel voor zijn rekening neemt dat zo nauw mogelijk aansluit bij zijn overige studie.

De samenwerking die hiervoor nodig is, begint bij de keuze van een gezamenlijk onderwerp voor studie. Hoe objectief de wetenschapsbeoefening ook schijnt te zijn, de keuze van de onderwerpen van studie is in hoge mate subjectief, omdat de uitkomsten van de studie ten tijde van de keuze duister zijn. De voornaamste leidraden die wij bij deze keuze hebben, zijn ons gezonde verstand, dat ons er voor behoeden moet onoplosbare problemen aan te vatten en ons gebrekkig inzicht in wat menselijk en maatschappelijk nodig is.

Dat de nu studerende generatie zich actief bezighoudt met maatschappelijke problemen, versterkt mij in de overtuiging dat democratisering van het onderwijs nodig en mogelijk is. Een democratisering waarbij niet alleen het beleid verklaard wordt, maar waarbij alle betrokkenen mede het beleid bepalen. Samen zullen we het dan wel klaren.

