

RETROSPECTIEF

Voordracht
gehouden op 19 mei 1988

door

L.C.A. Corsten

bij zijn afscheid als hoogleraar in de
Wiskundige Statistiek
aan de Landbouwniversiteit Wageningen

Dames en Heren,

Het ligt niet in mijn bedoeling deze bijeenkomst naar aanleiding van het terugtreden uit mijn functie aan te grijpen als een gelegenheid tot een diepgaande uiteenzetting over mijn vakgebied of over onderdelen daarvan. Ik moet vrezen dat het merendeel van U zich daarbij nogal zou gaan vervelen, en dat wil ik U, die de moeite genomen heeft hierheen te komen niet aandoen. Dit wil natuurlijk helemaal niet zeggen dat mijn vakgebied van vervelende of slaapverwekkende aard zou zijn. Integendeel, ik zou U deelgenoot willen maken van het genoegen dat de beoefening van dit vak mij in grote mate verschaft heeft; slechts hoogst incidenteel komt het vakgebied zelf ter sprake en zonder schade voor het geheel kunt U desgewenst op zulk een moment Uw aandacht op iets anders richten.

De titel van deze voordracht "retrospectief" slaat zeker niet op de technische term waarmee somig onderzoek op medisch of aanverwant gebied wordt aangegeven, en die dan gebruikt wordt in tegenstelling tot een term, die eveneens een bijvoeglijk naamwoord is, namelijk "prospectief". In het eerste geval gaat het om het ontdekken of opsporen achteraf van verschijnselen die zich in waarnemingen hebben voorgedaan; in het tweede geval gaat het om te zien in welke mate zekere voorspellingen of hypothesen omtrent nog te verrichten waarnemingen inderdaad bevestigd worden of niet. Neen, ik bedoel de term "re-

trospectief" hier in de letterlijke niet-technische betekenis van het woord voor het karakter van mijn voordracht, namelijk terugblikkend op een verleden, in dit geval ook mijn eigen verleden.

Aanleiding tot deze wijze van terugblikken was het verzoek dat ik kreeg bij een recent bijzonder aangenaam werkbezoek op uitnodiging van het Institut National de la Recherche Agronomique in Frankrijk. Naast het gebruikelijke optreden voor de presentatie van recente onderzoeksresultaten vroeg men mij daar ook eens uiteen te zetten hoe ik tot de beoefening van mijn vakgebied, de wiskundige statistiek, was gekomen en welke weg ik daarbinnen had bewandeld. Het overdenken van die vraag bracht mij toen, en brengt mij ook nu, tot een terugblik op dat verleden. Het is onvermijdelijk dat ik daarbij uiterst selectief te werk ben gegaan, met weglating van minder prettige, wellicht zelfs verdrongen herinneringen en benadrukking of idealisering van aangename ervaringen of gevoelens.

Temidden van de oorlog, in 1942, behaalde ik het diploma gymnasium Bêta met een degelijk programma van zesendertig lessen per week, waarbij van vakkenkeuze of samenstelling van pakketten geen sprake was. Naast een intensieve studie van de exacte vakken wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie was de opleiding gericht op passieve kennis van vijf vreemde talen, de twee oude klassieke en de drie moderne; met passieve kennis bedoel ik het vermogen tot getrouw vertalen van zeer serieuze klassieke of

beschouwelijke teksten en kennismaking met de literatuurgeschiedenis van de betrokken landen, evenals trouwens die van Nederland zelf. Een ruime behandeling van de geschiedenis en cultuur van de oude Grieken en Romeinen, en een wat minder diepgaande behandeling van de latere algemene en ook vaderlandse geschiedenis alsmede wat aardrijkskunde completerden dit geheel.

Van een academische studie kon op dat moment geen sprake zijn, want de bezetter vereiste het tekenen van een loyaliteitsverklaring door studenten en het vooraf toetreden tot de z.g. arbeidsdienst. Gedurende ongeveer anderhalf jaar kon ik werk ten behoeve van de bezetters vermijden door een opleiding voor de M.O. akte Wiskunde K1 te volgen bij een instituut, dat door misleiding van de bezetter en zijn handlangers vrijstelling van zulk werk kon verlenen. Toen die misleiding ontdekt werd, brak een tijdperk van herhaald onderduiken aan, dat in september 1944 nog penibeler werd toen mijn woon- en geboorteplaats Roermond tevens frontstad werd en de Duitsers de mannelijke bevolking wensten in te schakelen bij de aanleg van hun verdedigingsstellingen, dan wel af te voeren naar Duitse kampen of fabrieken. Na een paar maal door het oog van een naald gekropen te zijn bereikte ik tezamen met een drie jaar jongere broer bevrijd gebied in januari 1945, maar het duurde tot eind mei 1945 voordat ons gezin, waarvan mijn ouders en de overige kinderen inmiddels via Duitsland naar Drente waren getransporteerd, herenigd werd.

Eerst na enige maanden van moeilijk en primitief herstel van de inmiddels aangerichte verwoestingen konden mijn ouders en ik nadenken over het vervolg van een opleiding. Weliswaar had ik belangstelling voor wiskunde gekregen door de eerder vermelde lessen en studie, in onderdelen van de voortzetting van vlakke meetkunde en van stereometrie, de analytische en projectieve meetkunde en onderwerpen, die nu als analyse zouden worden aangemerkt. Maar het vooruitzicht om na een universitaire studie wiskundeleraar te moeten worden aan een middelbare school, praktisch het enige perspectief in die tijd, lokte mij in het geheel niet aan. Daarbij kwam dat mijn vader als hoofd van een lagere school ook avondcursussen aan jonge boeren gaf in landbouw en in tuinbouw en een mooie toekomst voor zijn zoon verwachtte via een studie aan de Landbouwhogeschool, wellicht als landbouwconsulent of zo iets.

Met dit soort vage verwachtingen en zonder enige voorlichtingsbijeenkomst ter motivering van een verantwoorde studiekeuze belandde ik in Wageningen in oktober 1945. Na het uniforme propaedeutisch examen koos ik daar de nieuw ingestelde studierichting cultuurtechniek NL5, o.a. omdat die, althans toen, een maximum aan wiskundige vakken in haar programma had, maar ook wegens haar meer technisch karakter. Dat wiskundeprogramma behelsde naast de specifieke vier semestereuren voor wat "wiskundige grondslagen van de geodesie" genoemd werd - dit was een samenraapsel van onderdelen als boldriehoeksmeting, centrale pro-

jectie, matrixrekening en kwadratische oppervlakken, complexe getallen en conforme afbeeldingen - ook het vak Wiskundige Verwerking van Waarnemingsuitkomsten. Dit vak, twee semesteruren beslaand (dit betekent 2 uur onderwijs per week gedurende één semester of één uur onderwijs per week gedurende twee semesters), was er een voor alle studenten en bracht bepaalde aspecten van de wiskundige statistiek onder de aandacht die nu zouden worden samengevat onder de naam lineaire regressie-analyse en variantie-analyse, de laatste merkwaardigerwijs met tenminste twee indelingen, maar niet bij één indeling of factor. Ik wil erop wijzen dat het een van de verdiensten van de toenmalige hoogleraar M.J. van Uven was dit vak al vanaf ongeveer 1930 onderwezen te hebben, terwijl het keuzevak waarschijnlijkheidsrekening in nog vroegere jaren reeds door hem verzorgd werd; dit feit staat in tegenstelling tot de in Nederland nog steeds vóórkomende misvatting dat het onderwijs in deze vakgebieden eerst na de oorlog zou zijn begonnen aan Nederlandse universiteiten of hogescholen.

Toch vond ik de wijze van benadering van de wiskundige statistiek en van de daaraan ten grondslag liggende waarschijnlijkheidsrekening door van Uven niet zo aantrekkelijk. Dit kwam o.a. voort uit zijn door pedagogische overwegingen gemotiveerde opvatting dat alle resultaten met de allerelementairste methoden moesten kunnen worden afgeleid, hetgeen evenwel de overzichtelijkheid van het geheel niet bevorderde.

Het was voor mij in dit opzicht een enorme overgang ten goede, toen in het laatste gedeelte van mijn studie terwijl ik ook het keuzevak wiskundige statistiek in mijn vakkenpakket wenste op te nemen, Van Uven's opvolger N.H. Kuiper ten tonele verscheen. Na zijn promotie en een functie als leraar aan een middelbare school had hij geruime tijd als uitverkoren gast gewerkt aan het Institute of Advanced Studies in Princeton temidden van andere grote wiskundigen. Benoemd als hoogleraar Wiskunde aan de Landbouwhogeschool moest hij zich met grote snelheid van nieuwe toegepaste terreinen op de hoogte stellen, in het bijzonder dat van de wiskundige statistiek. De inhoud van de colleges veranderde zeer drastisch en het vak werd een openbaring voor mij.

Kort voor het eind van mijn studie in 1951 vroeg Kuiper mij te komen werken bij de afdeling Wiskunde als vast-assistent in tijdelijke dienst. Daarmee werd ik naast de hoogleraar en de conciërge, die tevens als typiste fungeerde, het derde personeelslid van de gehele afdeling Wiskunde, een groep die nu uit ruim dertig personen bestaat, nog afgezien van de vakgroep Informatica en het Rekencentrum die beide uit ons midden zijn voortgekomen. Het werd mijn taak intensief wiskunde en statistiek te bestuderen, statistische of wiskundige consultatie te verlenen aan onderzoekers en bijstand te verlenen aan studenten als ze moeilijkheden op die gebieden ondervonden bij hun studie.

Er waren maar weinig standaardwerken op het terrein van de statistiek in die tijd. Ik hield me bezig met de eerste editie van A.M. Mood's inleiding (die pas veel later gevolgd werd door de editie van het duo Mood en Graybill) met het boek van H. Cramèr over *Mathematical Methods of Statistics*, de twee delen van Kendall's *Advanced Theory of Statistics* uit 1945 en 1946, Wilks' *Mathematical Statistics* en een kadercursus gegeven aan het Mathematisch Centrum en samengesteld door van Dantzig. Fisher's *Statistical Methods for Research Workers* lag daarbij goeddeels terzijde als te vaag en te cryptisch, al kon veel later daarvan het een en ander worden opgehelderd: Fisher bleek fraai om te lezen als je langs een andere weg had begrepen wat er bedoeld werd.

Daarnaast kon ik mijn kennis van de analyse, de complexe functie-theorie en die van de lineaire algebra uitbreiden. Voor het laatste was vooral de eerste versie van Halmos' boek "*Finite-dimensional vector spaces*" uit 1948 bijzonder dienstig; ik vond dat veel intrigerender dan de latere Springereditie.

Kuiper liet al spoedig zien dat allerlei ingewikkelde aangelegenheden op het gebied van de variantie-analyse en de daarmee samenhangende situaties bij het ontwerpen van proeven (experimental design in het Engels) konden worden opgehelderd en doorzichtig gemaakt door begrippen uit de lineaire algebra, aanschouwelijk gemaakt door een meetkundige interpretatie, te gebruiken. Vele tot dusverre haast

mystieke termen als orthogonaliteit, vereffeningen, interacties, verstrengelingen enz. konden scherp en inzichtelijk geformuleerd en doorzien worden. Bij dit gebruik van lineaire algebra op een meetkundige wijze werd de matrixrekening slechts te hulp geroepen als het niet anders kon.

In 1954 werd ik gevraagd de statisticus te worden van het IVRO, het Rijksinstituut voor Rassen-Onderzoek van Akkerbouwgewassen in Wageningen, evenals vele andere instituten niet verbonden met de Landbouwhogeschool. Het werd daar mijn taak vooral de statistische methoden voor de analyse van veldproeven te verbeteren of te bedenken. Het ging en gaat daarbij om gemiddeld te verwachten verschillen tussen rassen ten aanzien van een bepaald kenmerk, zoals opbrengst of eiwitgehalte, zo goed mogelijk te voorspellen. Daarbij doet zich de complicatie voor dat dergelijke gemiddeld te verwachten verschillen op verschillende plaatsen niet hetzelfde zijn als gevolg van verschillende locale omstandigheden; dat verschijnsel noemen wij interactie of wisselwerking tussen ras en locatie. Bovendien doet een analoog verschijnsel zich nog krachtiger voor als gevolg van het feit dat het weer, ook in een klimatologisch min of meer homogeen gebied, zich in opeenvolgende jaren sterk verschillend manifesteert, waardoor verschillen tussen rassen wezenlijk verschillend kunnen zijn in verschillende jaren.

Tenslotte is er een derde complicerend feit: elk jaar verschijnen er nieuwe rassen die ter beproeving

worden aangeboden, terwijl andere, die minder verkieslijk zijn gebleken, uit het bestand verdwijnen. Vooral dit laatste feit, dat in statistisch-technische zin ook met niet-orthogonaliteit wordt aangeduid, veroorzaakte dat men zich niet kon bedienen van relatief eenvoudige tekstboek-procedures, die steeds van eenzelfde bestand aan rassen uitgingen.

In mijn proefschrift uit 1958 werd aangegeven hoe na de introductie van passende variantie-componenten, die de genoemde interacties vertegenwoordigen, dit probleem met behulp van tamelijk ingewikkelde loodrechte projecties op ruimten, wier structuur volgt uit het patroon van rassen op verschillende plaatsen en in verschillende jaren, kan worden opgelost. Het spreken over ruimten en loodrechte projecties daarop correspondeert met de titel "Vectors, a tool in statistical regression theory" en die wijst op zijn beurt op de meetkundige lineaire-algebra-aanpak zoals mijn promotor Kuiper die voor meer eenvoudige situaties had toegelicht. Het ging ook hier om iteratieve d.w.z. stapsgewijze verbetering van de oplossing die zeker in het pre-computer-tijdperk waarin we ons nog bevonden onmisbaar was. Of de meer ingewikkelde methoden die uit mijn beschouwingen volgden ook op de computer zijn geïntroduceerd; geïmplementeerd zegt men nu, is mij niet bekend.

Onmiddellijk na mijn promotie viel mij het voorrecht ten deel gedurende anderhalf jaar te mogen

werken in de Verenigde Staten aan het Department of Statistics in Chapel Hill, North Carolina.

Aanvankelijk geschiedde dat dankzij een stipendium van Z.W.O, nadien onder welwillende medewerking van het IVRO voortgezet uit Amerikaanse fondsen door bemoeienis van R.C. Bose. Laatstgenoemde hoogleraar, die overigens tegen het eind van 1987 overleed, was als deskundige op het gebied van "experimental design" tezamen met Shrikhande o.a. bezig te laten zien dat het vermoeden van Euler onjuist was dat Grieks-Latijnse vierkanten van de orde 6, 10, 14, 18, enz. dus van orde $4k + 2$ met k een natuurlijk getal, niet zouden bestaan. Zij gaven aan hoe zulke vierkanten van orde 10, 14, 18 enz. wél geconstrueerd konden worden, en dat alleen het geval zes die uitzonderingspositie inneemt.

Maar niet alleen het genoemde tweetal inspireerde mij, dat gold ook voor S.N. Roy wiens specialiteit multistochasten (multivariate analysis) was, W. Hoeffding met verdelingsvrije methoden, Hotelling, de stichter van deze afdeling en een beroemdheid met een veelzijdige staat van dienst zowel in de statistiek als in de mathematische economie, W.L. Smith met waarschijnlijkheidsrekening en stochastische processen en W.J. Hall die naast maattheorie schattings- en toetsingstheorie doceerde volgens de werkwijze van E. Lehmann. Van Lehmann verschenen boeken over toetsings- en schattingstheorie in 1960 resp. 1983 voor het eerst.

In een vergelijkbare situatie als ikzelf waren daar ook K.R. Gabriel, nu hoogleraar in Rochester (New York) en G. Zyskind, later hoogleraar in Iowa, maar inmiddels overleden. Wij volgden met zijn drieën verscheidene cursussen, deden onderzoek en hadden intensieve en soms stormachtige discussies met elkaar. Later verscheen daar ook F. Eicker, nu hoogleraar statistiek in Dortmund. In dezelfde universiteit bevond zich een afdeling Biostatistics onder de leiding van Greenberg. Er bestonden ook intensieve contacten met een afdeling statistiek op 45 km afstand in Raleigh onder de leiding van Miss Gertrude Cox, bekend van haar boek over proefschema's, tezamen met Cochran geschreven. In die afdeling werkten ook H.L. Lucas, H.F. Robinson, R.L. Anderson en de Nederlander H. van der Vaart.

Al met al is dat anderhalf jaar van onschatbare betekenis voor mij geweest, o.a. in die zin dat ik mij na afloop daarvan als statisticus mocht beschouwen in de volle zin van het woord, met als aangename bijkomstigheid dat ik een ruime confrontatie met praktische problemen had ondergaan, zowel bij het IVRO als in de Verenigde Staten. Ik herinner mij met genoeg b.v. de deelname aan een zomerbijeenkomst in Minneapolis gedurende ongeveer zes weken met ongeveer 50 statistici vanuit alle hoeken van de Verenigde Staten en Canada. Die bijeenkomst, georganiseerd door het Amerikaanse Institute of Mathematical Statistics, was gewijd aan onderzoeksproblemen. Weliswaar geschiedde dat onder de naam "Non-parametric

methods", maar onder die paraplu werden vele onderwerpen, problemen en personen geschaard en dat in een zeer inspirerend contact met elkaar. Bekende namen waren of zijn intussen Krishnaiah, Ylvisaker, Richard Savage, Ronald Pyke, Tiao, Potthoff, Heck naast reeds eerder genoemden.

Enige tijd na mijn terugkeer in mijn functie bij het IVRO werd ik gevraagd toe te treden tot de groep Statistiek van het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips in Eindhoven, om mij bezig te houden met industriële in plaats van landbouwkundige problemen van statistische aard. Mede op grond van een diepgaand gesprek met prof. Casimir, de toenmalige directeur van het Nat. Lab en lid van de Raad van Bestuur van Philips, over de rol van een onderzoeksfunctie bij de industrie versus die bij een universitaire instelling accepteerde ik die positie onder leiding van Hamaker begin 1962. Ik kreeg te maken met de onderlinge vergelijking van typen van scheerapparaten, waarbij elke proefpersoon in de regel niet meer dan twee gezichtshelften heeft om op hetzelfde tijdstip twee verschillende apparaten te vergelijken. Bovendien kan zijn bewerking van de rechterhelft anders zijn dan die van de linkerhelft, terwijl verschillende personen zeer uiteenlopende typen van baard qua stugheid, dichtheid en hardheid zullen hebben. Het was dus zaak de metingen, die elk bestonden uit de beoordeling van het scheerresultaat via de streling door een zachte vrouwenhand, te verzamelen volgens een proefschema waarin verstrengde

ling van effecten onvermijdelijk was en die verstrengelingen dus op doelgerichte wijze moesten worden toegepast. Ik kreeg ook te maken met het opsporen van de oorzaken van productieverliezen bij televisieschermen en bij T.L. buizen, waarbij z.g. fractionele proefschemata met voordeel konden worden gebruikt, of met het stellen van de diagnose of een patiënt een z.g. maagzweer aan zijn twaalfvingerige darm heeft, dan wel in de maag zelf aan de hand van zuurgraadsmetingen van het maagsap. Zulke metingen waren eerst verricht aan patiënten bij wie zo een diagnose, de statisticus zegt discriminatie, op een meer directe en ingrijpende wijze, nl. een operatie, was vastgesteld.

Intussen was Kuiper, die verschillende publicaties op het gebied van de statistiek op zijn naam bracht (de meest bekende over een toets op uniformiteit van een verdeling over een cirkelomtrek) voortgegaan in een gebied van de wiskunde dat zowel met differentiaalmeetkunde als met topologie te maken heeft. Dat leidde tot een benoeming als hoogleraar in de wiskunde aan de universiteit van Amsterdam, die rond 1970 gevolgd werd door zijn aanstelling als directeur van het Institut des Hautes Etudes Scientifiques in de nabijheid van Parijs. Zijn overgang van de Landbouwhogeschool naar Amsterdam was aanleiding tot een splitsing van de leerstoel wiskunde in een voor de Wiskundige Statistiek en een voor de overige Wiskunde. In de laatstgenoemde functie werd Van Rootselaar benoemd, terwijl ik het verzoek kreeg

de leerstoel voor de Wiskundige Statistiek te gaan bezetten, hetgeen medio 1963 gebeurde.

In het begin bestond het verplichte statistiekprogramma voor bijna alle studenten in het tweede jaar uit een inleidende cursus van twee semesteruren. Bovendien gaf een in 1953 benoemde lector, Justesen, een voor velen verplichte vervolgcursus in wiskundige proeftechniek dan wel in steekproeftechniek. Tenslotte waren er nog steeds de keuzevakken waarschijnlijkheidsrekening en capita selecta uit de wiskundige statistiek. In die laatste serie presenteerde ik in de loop der jaren als onderwerpen o.a. schattingstheorie, multistochasten, aanpassingstoetsen, verdelingsvrije methoden, proeven met onvolledige blokken, onderzoek van responsie-oppervlakken, classificatie, regressie-diagnostiek en regressorenselectie, discriminatie, analyse van groeicurven, factor-analyse en tenslotte optimale lineaire voorspelling of interpolatie van ruimtelijke verschijnselen. Daarbij hield ik steeds in gedachten welke onderwerpen voor landbouwkundig onderzoek van betekenis zouden kunnen zijn.

Na een wijziging van het studieprogramma rond 1970 werd het verplichte tweedejaarsvak Wiskundige Statistiek er een van drie semesteruren en kwamen sommige delen van de genoemde keuze-onderwerpen alsmede van de proeftechniek en de steekproeftechniek in een verplicht studievak terecht onder de overkoepelende naam Toegepaste Statistiek.

Intussen was het aantal medewerkers op het terrein van de statistiek toegevoegd aan de lector en de hoogleraar gaan groeien van één persoon, namelijk de heer Keuls, tot meer en meer. Dit vond zijn oorzaak in de overtuiging dat studenten, wier aantal steeds maar groter werd, gediend zouden worden met groepsgewijze begeleiding bij het bestuderen van de leerstof en het oefenen in het oplossen van vraagstukken. Dit verschijnsel zag men ook elders aan de Landbouwhogeschool en bij andere instellingen van wetenschappelijk onderwijs.

Na de pensionering van de heer Justesen als lector werd hij overeenkomstig mijn wens opgevolgd door een tweede hoogleraar in de wiskundige statistiek, collega Van der Laan, voor wie ik in 1970 als promotor optrad aan de THE. Ik ging mij in hoofdzaak met proeftechnische, parametrische en lineaire methoden, inclusief multistochasten, bezig houden in onderzoek en onderwijs, hij meer met de verdelingsvrije en de inferentiële, d.w.z. besluitvormende aspecten van het vakgebied, alsmede de kansrekening.

Vanaf ongeveer 1960 had Keuls zich ook bekwaamd op het terrein van elektronisch rekenen. In 1965 verscheen bij de afdeling Wiskunde de eerste computer van de Landbouwhogeschool en daaromheen ontstond een rekencentrum binnen onze groep. In 1971 werd het rekencentrum een aparte instelling en de lector, later hoogleraar informatica vormde met zijn groep rond 1977 een aparte vakgroep. De voordrachten in lineaire programmering, rond het begin der zestiger

jaren begonnen door Justesen, vonden na een geleidelijke soms van buitenaf vertraagde ontwikkeling een vervolg in de aanstelling van een hoogleraar Operationele Analyse, en een ontwikkeling van dat nieuwe vakgebied binnen onze groep.

De invoering van een nieuw studieprogramma in 1981 bracht een splitsing van het inleidende tweedejaarsvak Statistiek teweeg in een propaedeutisch vak Inleiding Statistiek van twee semesteruren en een tweedejaarsvak Voortzetting Statistiek eveneens van twee semesteruren. Het feit dat sommige studierichtingen een armzaliger vorm voor dit laatste vak prefererden zie ik niet als winst. Maar ik zal mij van kritiek op gedane zaken onthouden, zoals ik ook niet ten volle verheugd ben over voorwaarden die men sommige verplichte vervolgcursussen heeft opgelegd. Door mijn ervaring gesterkt meen ik dat de confrontatie met statistische methoden, ook voor potentiële gebruikers, van algemene aard dient te zijn en daarom de grenzen van het toepassingsgebied waarin men toevalligerwijs studeert moet overstijgen, ook om daarmee eng provincialisme, soms zelfs ontaarding en als het cultiveren van een eigen statistisch taalgebruik binnen subdisciplines te vermijden.

Betreffende het verplichte onderwijs heb ik mij steeds ten doel gesteld, tezamen met de medewerkers, studenten vertrouwd te maken, nee niet met een verzameling statistische technieken, zodat zij nadien zelf onderzoeksmateriaal statistisch zouden kunnen analyseren, maar met de gedachtengang van de statis-

tiek, die zo heel anders is dan een wiskundige. Het gaat er daarbij om dat men leert zien dat waarnemingen niet alleen systematische, maar ook stochastische niet-voorspelbare aspecten hebben, waardoor conclusies uit waarnemingsmateriaal met onzekerheden behept zijn, die men soms in kansuitspraken kan quantificeren. Uiteraard dient men dan ook met enige technieken geconfronteerd te worden waarmee begrippen en denkwijzen worden geïllustreerd. In een later stadium maakt men dan ook kennis met lineaire modellen en methoden, alsmede met verdelingsvrije tegenhangers daarvan, weer niet zo zeer om in elke situatie die zich voordoet de juiste analyse te plegen, maar begrip te krijgen voor de verschillende mogelijkheden waaruit men zou kunnen kiezen, ook bij de inrichting van het experiment of het onderzoek. Bovendien leert men de consequenties van een statistische analyse te begrijpen.

Laat ik in dit verband waarschuwen tegen de misvatting dat met de komst van de computer, of laten we liever zeggen de proliferatie, de algemene verbreiding, van statistische en andere computerpakketten het vak statistiek minder relevant geworden of aan het worden is. Want men dient te weten en te begrijpen (1) wat een statistische rekenprocedure aan aangeboden materiaal doet (2) wat de betekenis is van de uitvoer (3) te voorzien aan welke voorwaarden aangeboden materiaal moet voldoen opdat de te kiezen rekenprocedure geldig is (4) daaraan voorafgaand zichzelf of een ander bewust te maken van een rele-

vante vraagstelling. Natuurlijk, de computer is een prachtig hulpmiddel ter vermindering van langdurig en vroeger zelfs ondoenlijk rekenwerk, maar in tegenstelling tot het beeld dat sommigen wel eens schilderen van de chauffeur van een auto, die niet hoeft te begrijpen wat daar binnen in die motor gebeurt om van A naar B te rijden, moet men toch wel heel precies weten en begrijpen wat men bij zijn onderzoek wil, en hoe men de naar buiten komende resultaten vervolgens moet interpreteren. Deze bekwaamheid zal degene die slechts een verplicht programma statistiek bij ons achter de rug heeft in de regel niet hebben. Hij zal zich met een statisticus in verbinding moeten stellen om zijn onderzoek te bespreken en in één of meer gesprekken te komen tot de keuze van zijn wijze van onderzoek en vervolgens tot een passende statistische analyse en de interpretatie daarvan op het onderhavige vakgebied. Het valt volgens mij ook niet te verwachten dat het introduceren van z.g. "expert systems" hierin een essentiële verandering zal brengen.

Naast het onderwijs aan de duizenden studenten die het verplichte pakket met soms wisselend genoegen volgden heb ik altijd erg veel plezier beleefd aan de inwijding in een of meer speciale onderwerpen van zo een 150 keuzevakkers. Een tenminste zo groot aantal volgde, afgestudeerd of niet, eveneens die colleges zonder examen af te leggen. Veel voldoening heb ik gehad aan het tot stand brengen van publicaties over onderwerpen die mijn speciale onderzoeks-

belangstelling hadden, al kwam de mogelijkheid daartoe vaak in het gedrang door een overmatige, in de loop der jaren steeds stijgende druk van onderwijs en organisatie. Maar bovenal heb ik mij met graagte gewijd aan een taak, die elke practiserende statisticus, dus in het bijzonder aan een Landbouwniversiteit, tot de zijne dient te rekenen, namelijk de statistische consultatie.

In verband met dit alles maak ik melding van een diesrede uit 1983 van collega de Valk, hoogleraar Sociologie aan de Erasmusuniversiteit, die ik enige tijd geleden onder ogen kreeg. Deze had als titel "De Twaalf Vreugden van de Wetenschap". Dat aantal 12 is op middeleeuwse of nog oudere gronden gebaseerd; 12 is een heilig getal, zoals dat van het aantal apostelen, of de 12 artikelen van het geloof of de 12 gezworenen of de 12 stammen van Israel. Dat aantal is ook niet bedoeld als uitputtend, maar toch wel amusant. De Valk behandelt achtereenvolgens als vreugden van de wetenschap: de verwondering over het pure weten, het ontdekken van inzichten of oplossingen, de fraaiheid van verworven oplossingen of inzichten, de gewetensvolle ambachtelijkheid, het speelse element in de wetenschap, het uitleggen en doen begrijpen van resultaten, de mogelijkheid anderen een weg te wijzen tot de oplossing van een probleem, het deel uitmaken van een gemeenschap van onderzoekers, de bewondering voor heel grote prestaties en hun scheppers, de onbaatzuchtigheid bij het beëffenen van echte wetenschap, de tijdloosheid of-

wel het niet-wisselvallige van de wetenschap en ten slotte volgens de woorden van Spinoza de kennis van het wezen der dingen, anders gezegd, de contemplatie, de beschouwing van de dingen in wijsheid, het tegengestelde van vakidiotie dus.

Bijna al die vreugden heb ik in wisselende samenstellingen mogen beleven in de uitoefening van mijn functie, in het bijzonder ook bij de juist al vermelde consultatie. In de laatste jaren heb ik mij sterk op dat aspect van mijn werk toegelegd, zodat ik per jaar met tegen de honderd onderzoeksprojecten in aanraking kwam, soms voor kortere, soms voor langere duur, maar minimaal gedurende twee uur en met een gemiddelde van acht uur. Het betrof hier voor het merendeel onderzoek dat aan de Landbouwuniversiteit verricht werd. De contacten liepen veelal met onderzoekers en promovendi van de Landbouwuniversiteit, maar vaker nog met studenten die begeleid door zulke onderzoekers leeronderzoek verrichtten. Aldus kon ik kennisnemen van onderzoek in vele vakgroepen van deze instelling, preciezer gezegd in alle ruim 70 vakgroepen met uitzondering van de z.g. basisvakken, alsmede de proceskunde en de morfologische aspecten van de plantkunde en verder de minder harde vakken zoals pedagogiek, recht, wijsbegeerte, geschiedenis, tuin- en landschapsarchitectuur, wonen, maar tot mijn verwondering ook de sociologie (ik bedoel die van mensen, niet de plantensociologie). Bij deze participatie aan het onderzoek, want dat is de functie die je als statisticus hebt en de functie

die de statistiek heeft ter verhoging van de kwaliteit van onderzoek, zijn mij enige dingen opgevallen. Sommige van die ervaringen zijn algemeen bij consultverlenende statistici, andere zijn meer specifiek.

Een belangrijk aantal consultvragers, of laat ik ze maar klanten noemen, denkt dat een paar minuten, desnoods via de telefoon, voldoende is om een antwoord te krijgen op een vraag van statistische aard. Maar alras blijkt de ene vraag de andere te blijven oproepen, omdat de statisticus ten behoeve van een verantwoord advies wenst te weten wat de aard van het uit te voeren of reeds uitgevoerde onderzoek is, welk doel ermee beoogd wordt, terwijl allerlei preciseringen omtrent de omstandigheden van het onderzoek ter sprake dienen te komen, zodat een verscherping van de vraagstelling zal ontstaan. Sommigen denken reeds een scherpe vraagstelling te hebben, maar bij even doorvragen blijkt er iets heel anders achter te zitten dan men aanvankelijk dacht of voorgaf.

Te vaak nog ziet men voor de statistiek ten behoeve van publicaties slechts de rol weggelegd van het versieren van een samenvattende tabel met P-waarden of overschrijdingskansen, gedecoreerd met één, twee of drie sterren, of eindeloze rijen met getallen en achter elk daarvan plus minus een ander getal. De arme lezer moet dan maar raden of het gaat om de standaardafwijking van een enkelvoudige waarneming, dan wel van een schatter, b.v. een gemiddel-

de, of om de grenzen van een betrouwbaarheidsinterval voor een parameter. Deze ervaring met de wens tot het alleen maar opgeven van P-waarden gaat samen met een ander betreurenswaardig verschijnsel, namelijk de voorliefde voor het uitvoeren van, en dus ook alleen maar vragen naar een statistische toets. Daarbij hoopt men b.v. de hypothese dat een verschil tussen twee werkwijzen niet van invloed is op de waarnemingsresultaten te verwerpen en aldus aan te tonen dat de twee werkwijzen inderdaad verschillend effect hebben. Natuurlijk zijn er situaties waarin de vraag naar alleen een statistische toets op haar plaats is. Laat ik dat aan een voorbeeld toelichten.

Men kan zich afvragen of het tijdstip van de geboorte van babies, die op natuurlijke wijze wordt ingezet en dus niet geïnduceerd wordt door een medische ingreep, op een willekeurig tijdstip van een etmaal plaatsvindt of dat er aanwijzingen zijn voor de voorkeur van een bepaald gedeelte van de nacht. Om hierover een uitspraak te doen zal men van een bepaald bestand van geboorten, die aan de vermelde voorwaarde voldoen, de tijdstippen kunnen aangeven op dezelfde cirkel-omtrek waarop men bij een niet-digitale wekker het tijdstip van aflopen van de wekker instelt, terwijl de hele cirkelomtrek continu in 24 uursdelen van nul tot 24 is verdeeld. Uiteraard gebruikt men op een bepaalde locatie de zonnetijd, en dus een vast verschil met Greenwich Mean Time, zodat b.v. instelling van zomer- of wintertijden de zaak ook niet verstoort. Elk geboortetijdstip cor-

respondeert met een punt op die cirkelomtrek. Vervolgens bepaalt men het zwaartepunt van al die punten (meetkundig of algebraïsch, het doet er niet toe hoe). Als nu de geboortetijdstippen willekeurig, we zeggen ook wel uniform, over het etmaal verdeeld zouden zijn, dan heeft dat zwaartepunt de neiging in de buurt van het draaipunt van de wijzers, het middelpunt van de cirkel, te liggen. Naarmate er een voorkeur zou bestaan voor een bepaald tijdstip of voor één bepaald etmaalgedeelte, heeft het zwaartepunt de neiging verder van het middelpunt af te liggen en wijst de pijl die vanuit het middelpunt naar dat zwaartepunt wijst tevens in de richting van een eventuele voorkeursperiode. Onder de veronderstelling dat de punten uniform over de cirkel verdeeld zijn, kan men uitrekenen hoe groot de kans is dat het resulterende zwaartepunt op een bepaalde afstand d of nog verder van het middelpunt af ligt. Blijkt nu die kans, die natuurlijk ook afhangt van het aantal punten (en dus ook van het aantal beschouwde geboorten) bij de gevonden d klein te zijn, dan zullen we de veronderstelling van uniformiteit niet handhaven en inderdaad besluiten tot het bestaan van een voorkeursperiode.

Bovendien kunnen we deze toets van Rayleigh nog modificeren als wij een bepaald vermoeden over een voorkeurstijdstip (of een concentratiepunt van een voorkeursperiode) zouden hebben. In dat geval gebruiken we de lengte van de loodrechte projectie van de zojuist beschouwde pijl (van middelpunt naar

zwaartepunt) op de straal vanuit het middelpunt naar dat vermoedelijke tijdstip. Als de kans op zo een lengte of een nog grotere, weer berekend onder de veronderstelling van uniformiteit erg klein is, verwerpen we die veronderstelling ten gunste van de vermoede voorkeur. Op soortgelijke wijze kan men de mij gestelde vraag beantwoorden of zekere weersveranderingen de neiging hebben frequenter op te treden in de buurt van het tijdstip dat een planeet bepaalde punten van haar ecliptica passeert; het is alleen een klein beetje meer ingewikkeld.

Maar wat ik wilde zeggen is dat men veelal niet bij het uitvoeren van een toets moet blijven steken, maar duidelijk moet maken wat er nu wél aan de hand is, buiten het verwerpen van een nulhypothese die afwezigheid van systematische invloed of gedrag inhoudt. Men dient niet alleen te pogen bovendien tot schattingen of betrouwbaarheids-uitspraken te komen, maar ook tot een overzichtelijke samenvatting vaak ook in grafiekvorm van in de gegevens verborgen liggende effecten, responsies of verbanden. Een mooi voorbeeld hiervan biedt de canonische correspondentie-analyse. Deze brengt gegevens over het vóórkomen van verschillende plant- of diersoorten op verschillende plaatsen en begeleidende metingen van milieukenmerken terug tot een overzichtelijke tekening waarin zowel de soorten en de locaties als de milieukenmerken voorkomen, terwijl milieukenmerken de soortfrequenties volgens niet-lineaire, ééntoppige responsiefuncties beïnvloeden.

Ter Braak, die onlangs bij mij promoveerde, heeft in deze interessant werk verricht.

Een ander herhaald optredend voorbeeld betreft het gebied van regressie- en variantie-analyse, waarin wel 75 tot 80% van de voorgelegde problemen zich voordeed. Na de uitvoering van een zogenaamde F-toets ter vaststelling of een stel behandelingen of soorten gelijkwaardig zijn ten aanzien van een interessant kenmerk en de daarop volgende verwerping van die hypothese wenst men vaak vast te stellen in welk opzicht er duidelijke verschillen zijn tussen die behandelingen of soorten. Geruggesteund door handboeken of computerprogrammatuur van twijfelachtige kwaliteit realiseert men zich dan vaak niet dat men hierbij in de eerste plaats zeer scherp onderscheid dient te maken tussen beïnvloedingen die zich kwantitatief laten beschrijven, zoals doseringen, temperatuurinstellingen, duur of tijdstip van toepassing, diepte onder maaiveld, dichtheid enz. enerzijds, en puur kwalitatieve zoals rassen of lijnen van plant of dier, soorten van vergiften, enz. anderzijds. In het eerste geval dient men zich geheel te richten op een zo zuinig mogelijke beschrijving in de vorm van responsiefuncties van de geconstateerde effecten, iets wat niet door een vast programma of recept kan worden beschreven. Het is dan volslagen onzin verschillende behandelingscombinaties paarsgewijze of anderszins met elkaar te gaan vergelijken, zoals men dat soms bij puur kwalitatieve factoren zou kunnen doen. Maar ook in dat laatste

geval is er geen sprake van een uniforme, bevredigende procedure, nog afgezien van het curieuze feit dat de meest gepropageerde werkwijzen, namelijk die volgens Duncan, methodologisch volslagen onbegrijpelijk zijn. Samen met anderen heb ik er mij op toegelegd om, in plaats van het opgeven van alle paren rassen die al of niet systematisch verschillen of alle groepen van rassen die als intern homogeen mogen worden beschouwd, een indeling in zo weinig mogelijk, disjuncte, intern als niet-heterogeen te beschouwen groepen te verkrijgen met behulp van classificatieprocedures (cluster-analysis), om aldus een schatting van een structuur tot stand te brengen in een tevoren ongestructureerd geheel, daarbij steeds gesteund door uitkomsten met b.v. de F-toets. Ook bij interacties tussen puur kwalitatieve factoren is reductie tot interacties tussen disjuncte groepen bij de ene factor met die bij de andere factor langs die weg mogelijk.

Bij de consultatie heb ik slechts een dood-enkele keer niet kunnen begrijpen wat de onderzoeker nu eigenlijk wel wilde. Bijna altijd konden wij het na soms herhaalde gesprekken over dit aspect eens worden en een tot wederzijdse voldoening stemmende oplossing bereiken. Te vaak moest echter worden vastgesteld dat het stadium waarin men zich tot de statisticus richtte niet goed gekozen was, in het bijzonder dat men in een veel eerder stadium, namelijk in dat van de voorbereiding, contact zou moeten hebben zoeken, teneinde tot een adequate probleemstel-

ling te komen en in overeenstemming daarmee het onderzoek doelgericht te ontwerpen. Soms konden dientengevolge vragen slechts gedeeltelijk of in het geheel niet worden opgelost, doordat men niet de goede waarnemingen had gedaan of bewaard, of doordat het experiment of het onderzoek onverantwoord op touw was gezet. Een enkele keer bleek dat men zich veel te veel inspanningen had getroost. Ik realiseer me dat wij hier tevens op het grensgebied van statistiek enerzijds en onderzoeksstrategie en gezond verstand anderzijds verkeren. Daarmee wordt niet bedoeld dat er een tegenstelling tussen statistiek en gezond verstand zou bestaan, integendeel: het een vult het andere harmonisch aan.

Dit brengt mij tot een andere opmerking ingegeven door de overweging dat onze sectie statistiek op deze wijze slechts met een deel van het onderzoek aan de Landbouwuniversiteit in aanraking komt. Als ik daaraan toevoeg het feit dat de uitvoerenden die ons opzoeken degenen zijn, die zich openstellen voor opbouwende kritiek en medewerking, dan slaat mij wel eens de schrik om het hart over de kwaliteit van onderzoek met statistische aspecten waarmee wij niet worden geconfronteerd. Het is evenzeer angstaanjagend dat velen denken dat hun onderzoek geen statistische aspecten heeft, of geen statistische methodologie nodig heeft. Ik denk hierbij ook aan al of niet door systeemkunde geïnspireerde modelbouw waarbij ingewikkelde relaties per computer kunnen worden gesimuleerd. Het is echter onontkoombaar dat derge-

lijke verbanden uiteindelijk aan experimenten aan de waar te nemen werkelijkheid worden getoetst op hun geldigheid en daarvoor is de statistiek onmisbaar. Anders draait men zich een rad voor de ogen. Overigens ook de z.g. gevoeligheidsanalyses van dergelijke simulatieresultaten zouden veel doeltreffender kunnen geschieden als men de ideeën van fractionele herhalingen uit de proeftechniek te hulp zou roepen in plaats van de z.g. één voor één (one at a time) modificaties van ingevoerde parameterwaarden of constanten.

Dames en heren, ik heb geprobeerd u aan te geven hoe zeer ik van de beoefening van mijn vak genoten heb, ook bij het helpen ontstaan van doorzicht bij degenen die mij raadpleegden. Ik heb zeker geen verantwoording willen afleggen over alles wat ik gedaan of nagelaten heb in de uitoefening van mijn functie, want dan zou ik deze uiteenzetting heel anders hebben moeten opbouwen. Bovendien is mij allerlei ander geluk ten deel gevallen waarvan de bespreking of zelfs maar de vermelding buiten het kader van een voordracht van dit type valt.

Wel hoop ik hiermee te hebben aangegeven hoe groot ik de taak acht die de wiskundige statistiek aan de Landbouwniversiteit te vervullen heeft in de toekomst. De steeds maar weer gepropageerde vernieuwing in onderwijs en onderzoek aan deze instelling kan niet tot stand komen zonder een degelijke, onderwetse ondersteuning van de zijde van de basisvakken, en daartoe hoort als voertuig, ja zelfs intrin-

siek onderdeel van de onderzoeksmethodiek een actieve en krachtdadige beoefening van de wiskundige statistiek.

Ik dank ieder van u voor zijn persoonlijk mes-
sel van belangstelling en geduld.