

(b)  
Bibliotheek  
Proefstation  
Naaldwijk

A  
09  
H  
59

BIBLIOTHEEK  
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW  
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

VERSLAG VAN EEN 5-DAAGS BEZOEK AAN HET  
INSTITUT FUER GARTENBAU, UNIVERSITEIT HANNOVER.

Intern Verslag no. 26

april 1986

E. Heuvelink,  
M. Ruys,  
A. de Koning.

283301

A  
09  
4  
59

-1-

## Inleiding.

Binnen het PTOG is een nieuw project opgestart, dat tot doel heeft de aanwezige kennis van de kwantitatieve relaties tussen produktie en produktieomstandigheden bij tomaat te bundelen in een beschrijvend gewasmodel (project BC36).

Aan de universiteit van Hannover (Institut fuer Gartenbau) heeft men reeds een tiental jaren ervaring met het ontwikkelen van dergelijke gewasmodellen, o.a. van de gewassen komkommer, radijs en sla. Verwacht mag worden dat een degelijke kennisname van de aldaar ontwikkelde methodiek en modellen een vlotte start van het project in Naaldwijk ten goede zal komen.

Gelijktijdig met het uitwerken van de gedachten binnen PTOG, ontstond aan de LH, vakgroep Tuinbouwplanteteelt (E. Heuvelink) ook het idee om een gewasmodel van tomaat te ontwikkelen. Besloten werd om de ontwikkeling van een beschrijvend gewasmodel gezamenlijk uit te voeren.

Daarnaast wordt in Hannover de aldaar ontwikkelde gewasmodellen gebruikt voor het ontwikkelen van beslissingsondersteunende modellen en de toepassing daarvan in de praktijk. Ter kennisname van deze toepassingsmogelijkheden van gewasmodellen, heeft ook M. Ruys (afd. Bedrijfssynthese PTOG) aan het bezoek deelgenomen.

Er is tweeënhalve dag besteed aan het bekend raken met de methodiek en de modellen. Anderhalve dag werd voor de kennismaking met de toepassingen uitgetrokken en de laatste ochtend werd gebruikt om in een grotere groep het een en ander door te praten.

Hierna volgt het verslag van deze drie onderdelen.

Simulatiemodellen: algemeen

In Hannover wordt gewerkt aan produktiemodellen, die een klimaat-, groei- en een economische sekte bevatten. De werkwijze van Krug en Liebig verschilt van die van het CABO. Terwijl in Wageningen de methode van de verklarende modellen wordt toegepast, wordt in Hannover de zgn. black-box methode gevolgd. In verklarende modellen worden de basisprocessen die zich in de planten afspelen gemodelleerd. Een black-box model is een input-output model. D.w.z. er is niets gedefinieerd over wat zich in de plant afspeelt. Alleen is gedefinieerd wat het wiskundige verband is tussen invoer (b.v. klimaatsfactoren) en uitvoer van het model (b.v. productiecijfers). Deze modellen worden verkregen door regressie-analyse van teeltkundige proeven.

Simulatiemodel voor komkommer

Door Krug en Liebig is een simulatiemodel ontwikkeld voor de teelt van komkommers. In het model zijn vier fasen onderscheiden. Deze fasen zijn:

- a) kiemingsfase
- b) jonge planten fase (exponentiele groei)
- c) fase van uitplanten tot vroege produktie (1 kg/m<sup>2</sup>)
- d) produktiefase

Ad a. De kiemingsfase wordt beschreven op de manier zoals deze door Feddes (1971) en later door Bierhuizen en Wagenvoort (1974) is ontwikkeld. Bedoelde relatie luidt als volgt:

$$T = T_{min} + S * (1/t)$$

T = gemiddelde dagtemperatuur °C; T<sub>min</sub> = theoretische minimale kiemtemperatuur °C; S = warmtesom in graaddagen voor 50% kieming; t = tijd in dagen.

De parameterwaarden voor komkommer zijn: T<sub>min</sub> = 12.7°C en S = 69°C.dagen (Wagenvoort en Bierhuizen 1977).

Ad 2. In deze fase (jonge planten) wordt de relatieve groeisnelheid (RGR) constant verondersteld (exponentiele groei) en beschreven als functie van temperatuur en instraling. Hiervoor is gebruik gemaakt van data uit fytotronproeven.

De relatie tussen RGR en temperatuur en straling kan op meerdere manieren beschreven worden. Eerst werd gekozen voor de zgn. multiple regressie (additieve functie):

$$RGR = a + b_1 * T + b_2 * T * T + b_3 * S + b_4 * S * S + b_5 * T * S$$

S = straling (Wh/m<sup>2</sup>/d)

T = temperatuur (°C)

Door deze 'respons surface' wordt in het bereik van de gemeten waarden RGR goed beschreven, maar extrapolatie buiten dit gebied leidt tot snijpunten in de curven die fysiologisch niet aannemelijk zijn.

Momenteel wordt daarom de multiplicatieve relatie als beste mogelijkheid beschouwd:

$$RGR = A * [1 - e^{-c_1(T-T_{min})}] * [1 - e^{-c_2(S-S_{min})}]$$

Hierin is  $T_{min} = 12^{\circ}C$  en  $S_{min} = 70 \text{ Wh/m}^2/\text{d}$ . Nu ontstaan er geen snijpunten in de reactiecurven en het aantal te schatten parameters is vrij beperkt vergeleken met multiple regressie.

Hier staat tegenover dat het model niet-lineair is, waardoor het vinden van de regressiecoëfficiënten d.m.v. iteratie (BMDP-programma) veel rekentijd vraagt. Om goede schattingen van de beginwaarden voor de iteratieprocedure te krijgen heeft men in Hannover zelf een eenvoudig iteratieprogramma ontwikkeld. Een listing van dit programma is in ons bezit.

Ad 3. De derde fase (vroegheid) bij komkommer begint bij een versgewicht van 30 gram (einde exponentiele groei) en loopt door tot 1 kg produktie (ca. 2 vruchten). In deze fase wordt de groeiduur als de te verklaren variabele gekozen. Deze kan ook weer d.m.v. een additieve (multiple regressie) of een multiplicatieve relatie uit temperatuur en straling worden verklaard.

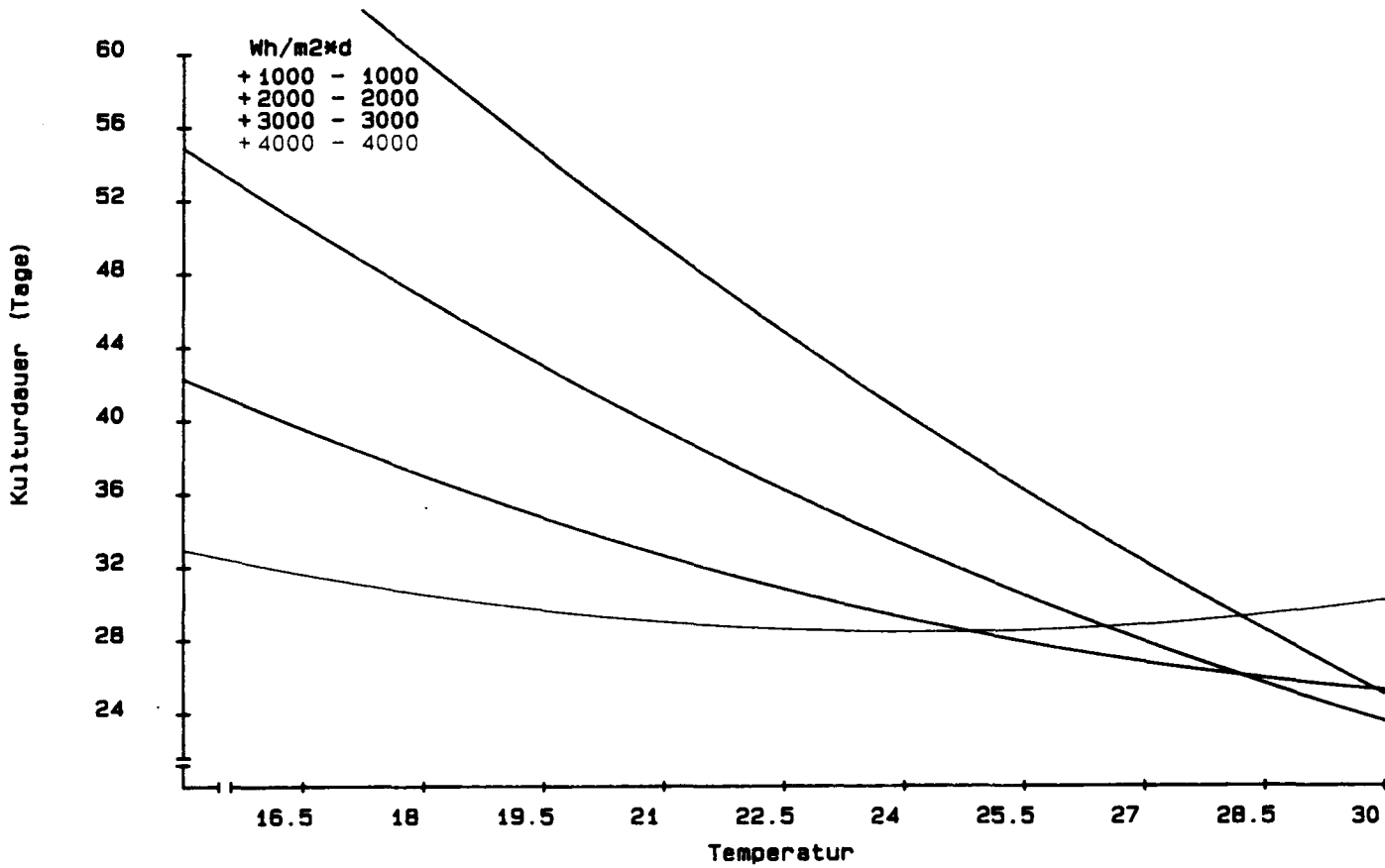
Het SPSS-programma dat de multiple regressie uitgevoerd is in Bijlage I weergegeven, terwijl de resultaten in Bijlage III zijn samengevat. Figuur 1 laat voor de multiple regressie zien hoe de responscurven verlopen. Hier blijkt wat onder (2) reeds is genoemd, namelijk het kruisen van de curven. Om te controleren of er na het berekenen van temperatuur- en stralingseffecten nog systematische afwijkingen overgebleven zijn worden de residuen (waargenomen vroegheid - berekende vroegheid) tegen temperatuur en straling uitgezet. In Bijlage II staat de listing van dit SPSS-programma weergegeven, terwijl het resultaat in Bijlage IV opgenomen is. We zien dat de residuen volledig willekeurig over de straling verdeeld zijn.

Zoals reeds onder (2) toegelicht is, wordt momenteel de multiplicatieve relatie gebruikt. Deze ziet er voor de vroegheid als volgt uit:

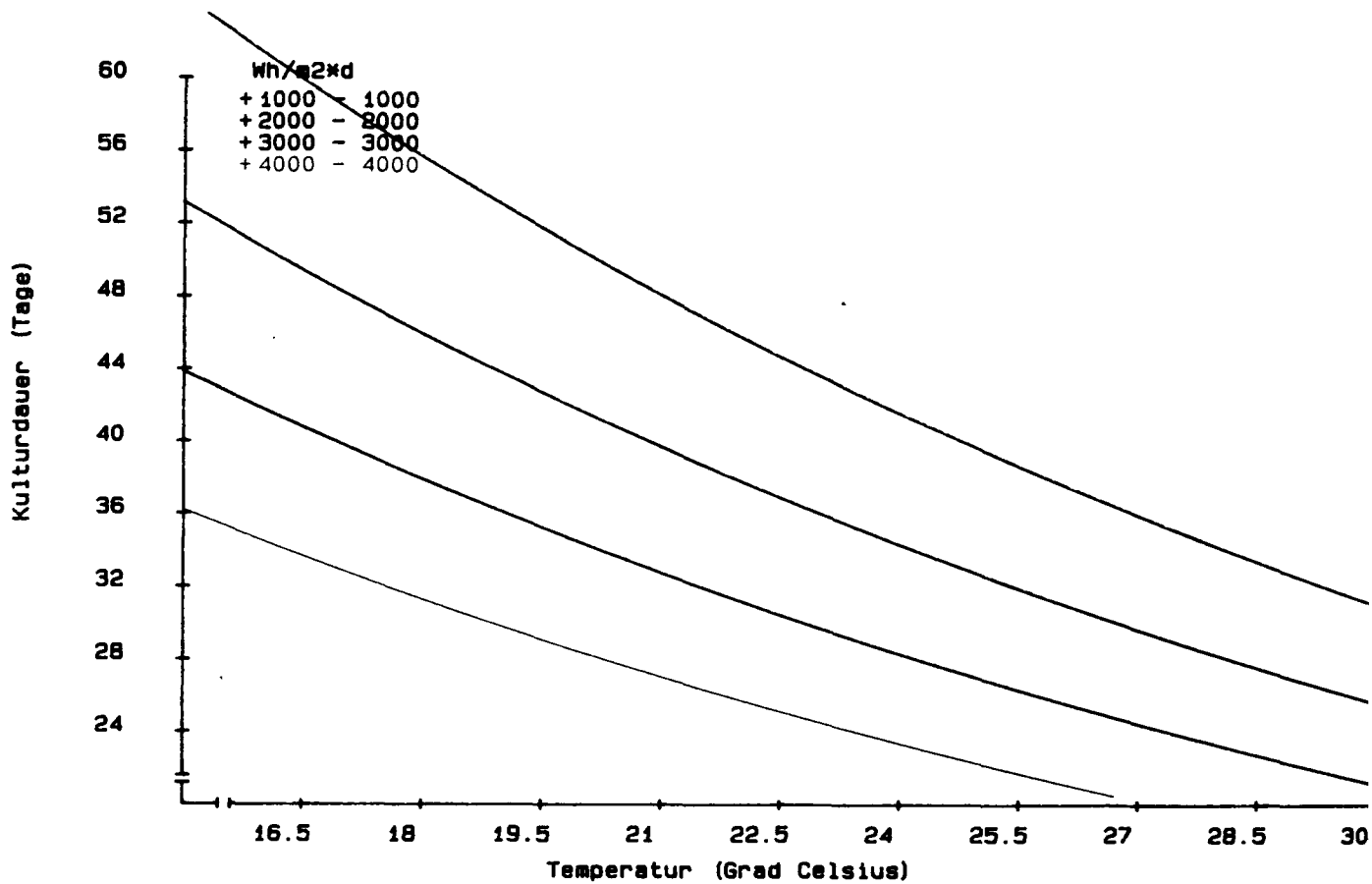
$$\text{vroegheid} = A * [e^{-c_1(T-T_{min})}] * [e^{-c_2(S-S_{min})}]$$

Het BMDP-programma (BMDPAR) voor het vinden van de parameters A,  $c_1$  en  $c_2$  staat in Bijlage V. Het verloop van deze multiplicatieve functie is weergegeven in figuur 2. We zien dat in het traject  $18-21^{\circ}C$  (hierin liggen de meeste waarnemingen) de additieve (figuur 1) en de multiplicatieve functie (figuur 2) weinig verschillen vertonen. Het grote pluspunt van de multiplicatieve functie is dat de respons curven elkaar ook bij extrapolatie buiten het waarnemingstraject niet snijden. In het simulatiemodel van Krug en Liebig wordt de vroegheid berekend via een iteratie algoritme dat in figuur 3 is weergegeven.

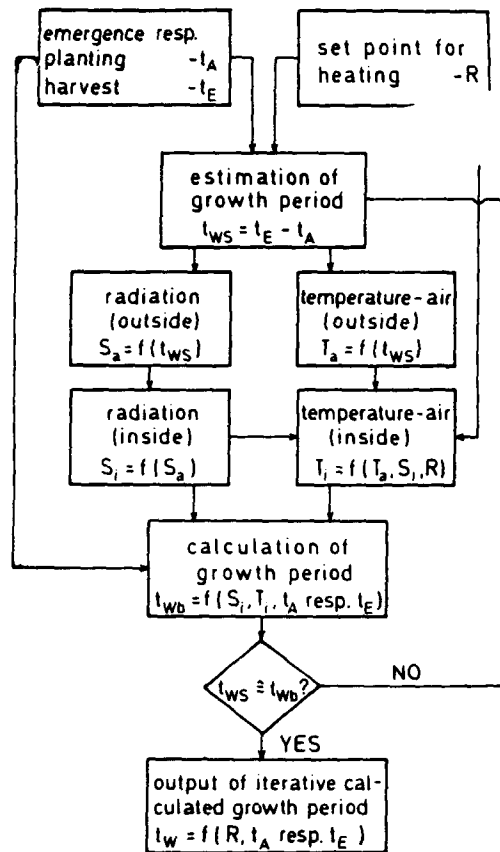
Ad 4. De tot nog toe minst goed te modelleren gewasfase is de productiefase. Door de verschillende modellen die voor deze fase uitgeprobeerd zijn wordt slechts ca. 50% van de variatie in de data verklaard. Volgens Liebig is minimaal 80% vereist. In figuur 4 zijn de data weergegeven (meer dan 1500 waarnemingen). Een belangrijk 'probleem' bij komkommer is de zgn. 'Ertragsritmik', d.w.z. schommelingen in de wekelijkse produktie door fluctuaties in bloei en vruchtzetting. Om deze korte-termijn fluctuaties uit de data te halen zijn de cumulatieve produktiecijfers gefit m.b.v. de functie:



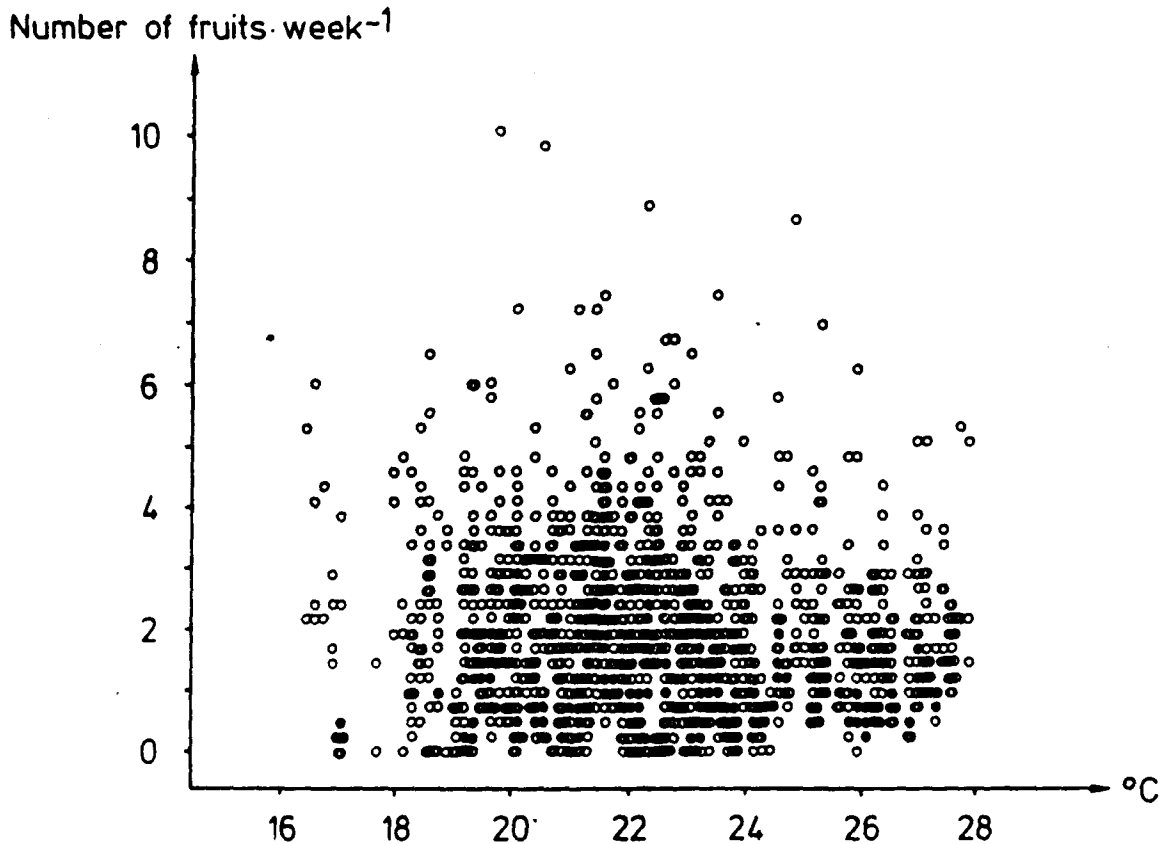
Figuur 1. Vroegheid van komkommer als functie van straling en temperatuur (multiple regressie).



Figuur 2. Vroegheid van komkommer als functie van straling en temperatuur (multiplicatieve functie).



Figuur 3. Iteratie algoritme voor planningsmodellen.



Figuur 4. Scattergram van de weekproductie (aantal vruchten per week) als functie van de gerealiseerde gemiddelde temperatuur.

$$y = A*(1 - e^{-cx})$$

De wekelijkse produktiecijfers die vervolgens hieruit kunnen worden berekend ("smoothed values") worden als basis voor de verdere berekeningen gebruikt.

Er wordt getracht de wekelijkse produktie te verklaren uit temperatuur, straling en plantleeftijd. Uit regressieanalyse kwam naar voren dat temperatuur minder belangrijk is dan straling en plantleeftijd.

Momenteel wordt in het simulatiemodel van Krug en Liebig met de volgende functies gewerkt:

$$y = a + \sin(S) + \cos(S) + y'$$

$$y' = a + b_1*T + b_2*T*T + b_3*S + b_4*S*S + b_5/PA + b_6*T*S + b_7*T/PA + b_8*S/PA$$

Y = produktie (stuks/week); T = temperatuur (°C); S = straling (Wh/m<sup>2</sup>/d); PA = plantleeftijd.

Hierin beschrijft de eerste functie het seizoensafhankelijke produktieverloop (sinus-functie) en de residuen hiervan tracht men d.m.v. multiple regressie te verklaren uit temperatuur, straling en plantleeftijd.

Tijdens een discussie werd naar voren gebracht dat het misschien zinvol is om het seizoensafhankelijke produktieverloop te verklaren m.b.v. het seizoensverloop in straling en temperatuur. Vervolgens kan dan getracht worden de residuen in de weekproducties te verklaren m.b.v. de residuen in straling en temperatuur. Om dit uit te proberen moet men eigenlijk alleen gebruik maken van de produktiecijfers van planten die even oud zijn (bijv. produktieweek 2) om de invloed van plantleeftijd uit te sluiten. Hiervoor zijn er echter onvoldoende gegevens (cijfers van produktieweek 2 zijn slechts voor ca. 3 maanden (mei-aug) beschikbaar).

Een beter beschrijving van de weekproduktie wordt verkregen wanneer de sinusfunctie wordt uitgebreid tot:

$$Y = a + b_1*\sin(t) + b_2*\cos(t) + b_3*\sin(2t) + b_4*\cos(2t)$$

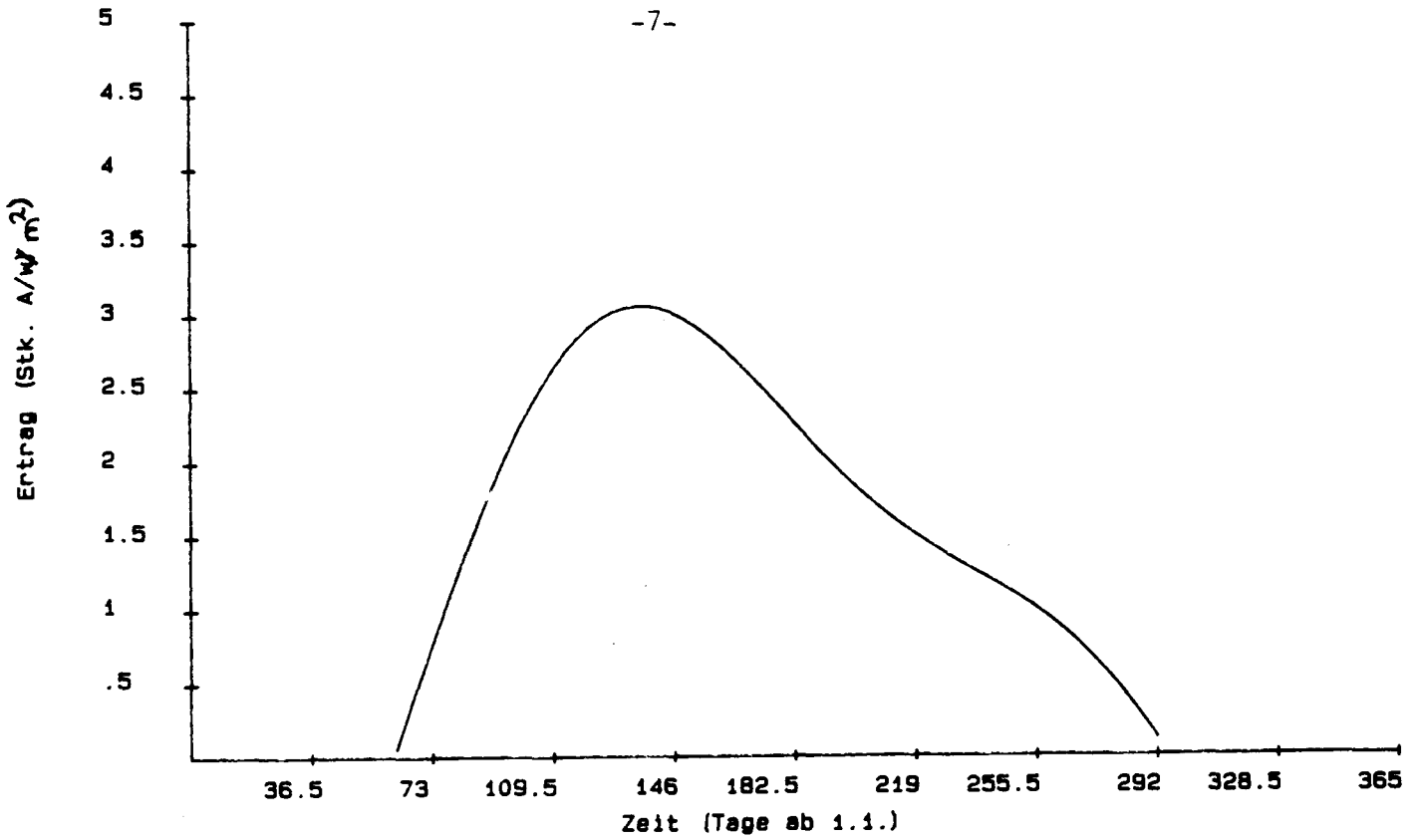
$$t = 2*PI*week/52$$

In figuur 5 is deze uitgebreide sinus-functie weergegeven. We zien dat in het gebied waarin produktiecijfers gemeten zijn deze weergave goed kan voldoen, maar dat in het vroege voorjaar en in de winter de produktie nul bedraagt, hetgeen onwaarschijnlijk is.

Zelfs bij weinig licht (wintermaanden) zullen jonge planten nog enige produktie geven. Dit probleem hebben we ook wanneer van de oorspronkelijke sinus-functie wordt uitgegaan. In het simulatiemodel wordt dit opgelost door zowel de maximaal als de minimaal mogelijke weekproduktie te begrenzen.

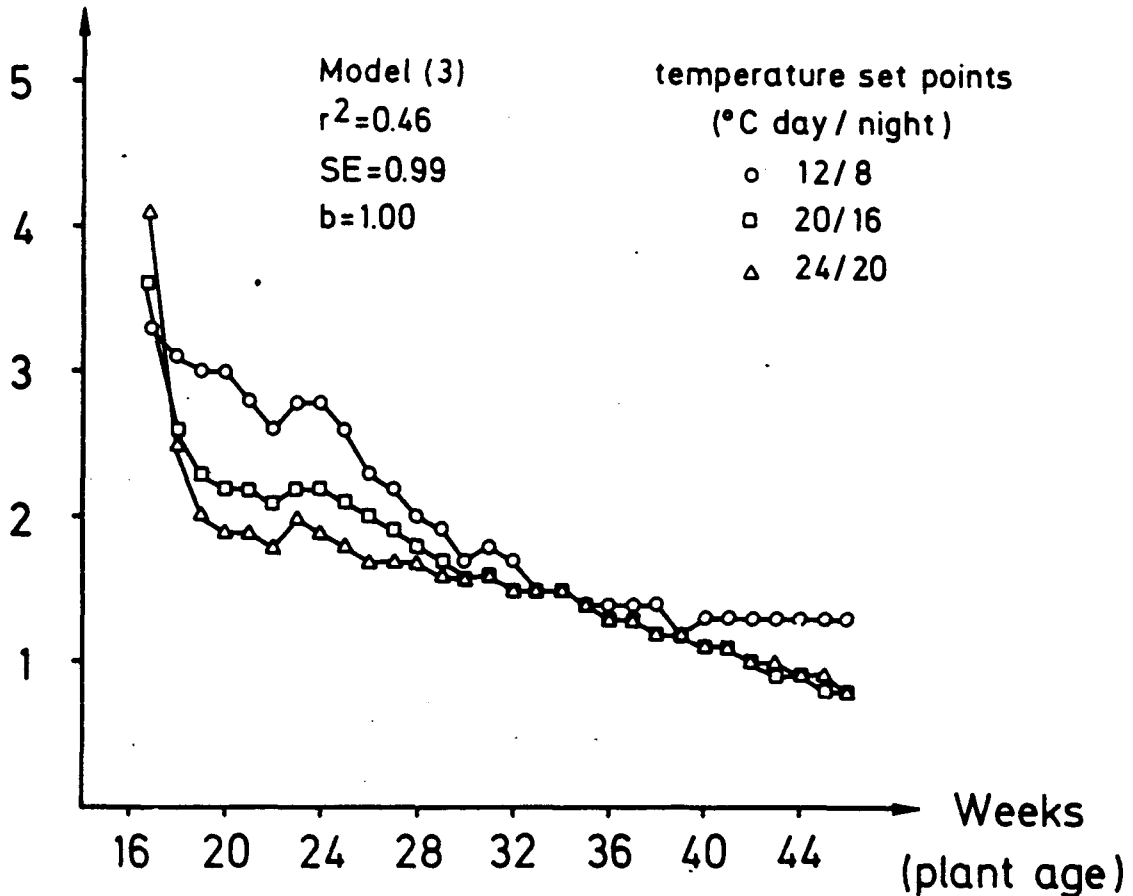
Van het simulatiemodel voor komkommer zoals dat door Krug en Liebig is ontwikkeld is een listing beschikbaar. Het model omvat de gewasfasen 3 en 4. Het verloop van de weekproduktie onder verschillende ingestelde temperaturen, zoals dat door dit model wordt berekend vinden we in figuur 6.

Door in dit model ook economische gegevens (produkt prijzen, stookkosten)



Figuur 5. Weekproductie van komkommer zoals deze beschreven wordt door de functie:  $0.63 + 0.60 \cdot \sin(t) - 2.2 \cdot \cos(t) - 0.42 \cdot \sin(2t) - 0.60 \cdot \cos(2t)$ .

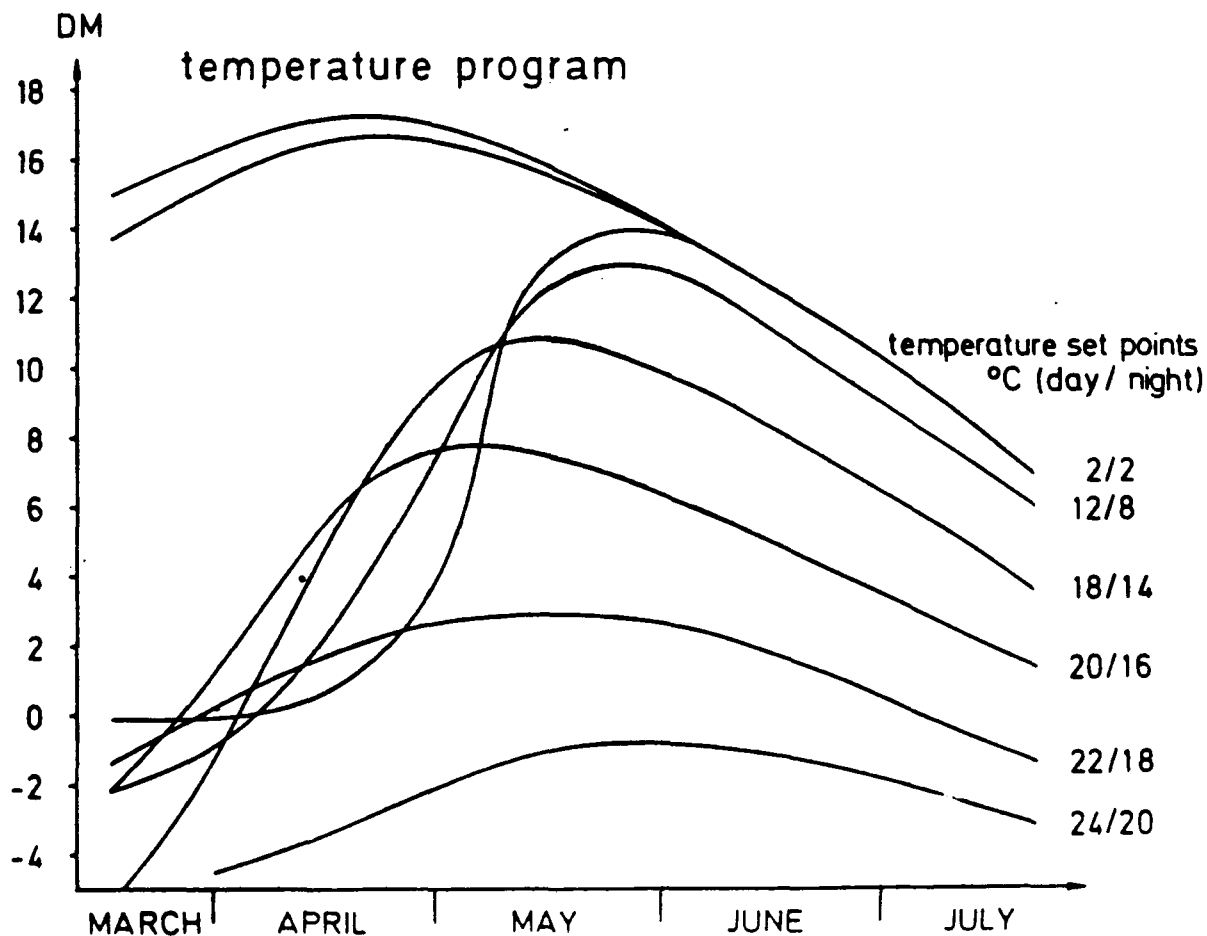
Number of fruits week<sup>-1</sup>



Figuur 6. Modeluitkomsten (geschatte wekelijkse produkties) van simulatiemodel voor komkommer.



op te nemen kan de financiële opbrengst minus stookkosten voor verschillende temperatuurregimes berekend worden. Dit is in figuur 7 weergegeven.



Figuur 7. Produktie minus stookkosten zoals berekend voor diverse plantdata en temperatuurregimes m.b.v. simulatiemodel voor komkommer.

De beste resultaten worden verkregen bij het volgende temperatuurregime (ingestelde waarden):

eerste week na planten 22 °C dag/18 °C nacht  
20 °C dag/16 °C nacht tot midden mei  
vervolgens 2 °C dag/2 °C nacht (=koude teelt) tot het  
einde van de oogstperiode (eind september)

Voor Duitse omstandigheden ligt de optimale plantdatum in april. Liebig liet zien dat met zijn model ook te verklaren is waarom onder Nederlandse omstandigheden (lagere stookkosten) de optimale plantdatum veel vroeger ligt en een hoger temperatuurregime het meest economisch is.

Momenteel wordt eraan gewerkt om naast temperatuur en straling ook CO<sub>2</sub>-concentratie in de modellen op te nemen. Binnenkort zal hieromtrent voor sla een dissertatie van Mann verschijnen.

Literatuur

Feddes, R.A., 1971: V. Effects of water and heat on seedling emergence and crop production. In: Water, heat and crop growth. Meded. Landbouw Hogesch. Wageningen 71-72: 1-148.

Bierhuizen, J.F. and W.A. Wagenvoort, 1974: Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. Scientia Hortic. 2, 213-219.

Liebig, H.-P. 1984. Model of cucumber growth and yield. II. Prediction of yields. Acta Hortic. 156:139-154.

Wagenvoort, W.A. and J.F. Bierhuizen, 1977: Some aspects of seed germination in vegetables. II. the effect of temperature fluctuation, depth of sowing, seed size and cultivar, on heat sum and minimum temperature for germination. Scientia Hortic. 6,259-270.

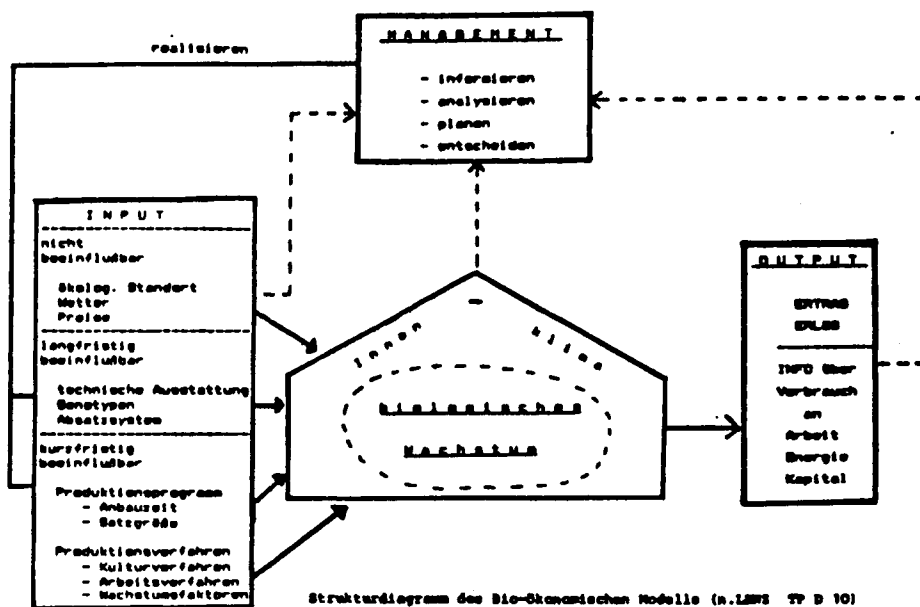
## Institut fuer Gartenbauoekonomie

In het kader van de reis naar de Universiteit van Hannover is naast het bezoek aan het Institut fuer Gemuesebau tevens een bezoek aan het Institut fuer Gartenbauoekonomie gebracht. De belangstelling ging daarbij uit naar de wijze waarop beschrijvende groeimodellen - o.a. ontwikkeld op het Institut fuer Gemuesebau - worden gebruikt bij het ontwikkelen van modellen (planning/sturing) en de toepassing daarvan voor de praktijk ter ondersteuning van het management. Daarnaast was de aandacht gericht op de methodiek van de modelontwikkeling.

De activiteiten van het Institut fuer Gartenbauoekonomie m.b.t. de inpassing van (o.a.) beschrijvende groeimodellen in beslissingsondersteunende modellen vinden plaats in het kader van een multidisciplinair samenwerkingsverband. Dit samenwerkingsverband heeft betrekking op het zogeheten "Sonderforschungsbereich" (speciaal onderzoeksterrein) dat in dit geval de "bio-economische modellen" centraal heeft staan. In West-Duitsland zijn meerdere Sonderforschungsbereiches ingesteld waaraan verschillende onderzoeksgebieden ten grondslag liggen. In het bedoelde Sonderforschungsbereich "bio-economische modellen" nemen van de Universiteit van Hannover deel:

- Institut fuer Technik in Gartenbau und Landwirtschaft
- " " Gemuesebau
- " " Zierpflanzenbau
- " " Gartenbauoekonomie.

Het bio-economisch model, dat de verschillende disciplines integreert, kan schematisch als volgt worden weergegeven (figuur 1).

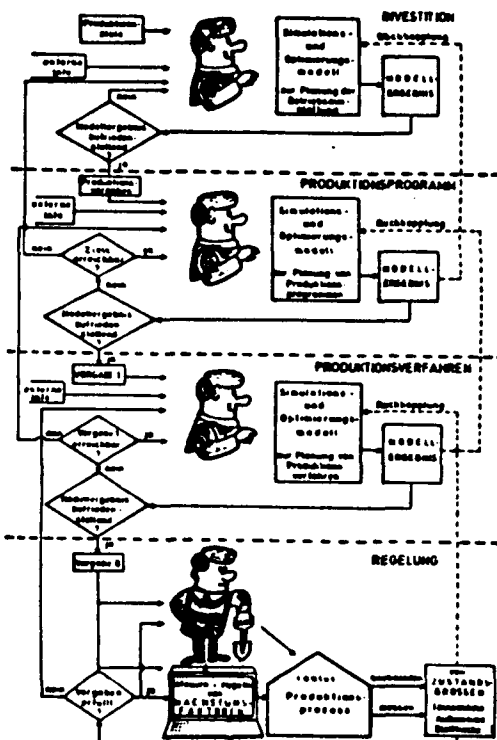


In het schema wordt middels de kas het groeiproces van de plant weergegeven dat onderhevig is aan diverse omgevings- en invloedsfactoren. Het management stelt het beslissingsproces voor waarbij op basis van informatie - vanuit het eigen bedrijf en daarbuiten - via informatie-analyse en het opstellen van plannen een beslissingsstrategie wordt opgesteld.

Tevens is het schema te beschouwen als een input-output model van het glastuinbouwbedrijf waarin de plant als een black box wordt gezien. Met betrekking tot de omgevings- en invloedsfactoren wordt in het schema onderscheid gemaakt tussen enerzijds de beïnvloedbaarheid (sturing) van de factoren en anderzijds de termijn waarop de factor betrekking heeft.

Hoewel het bio-economisch model een integrale beschrijving van het productieproces geeft is de suggestie niet juist dat het een alles omvattend model placht te zijn, waarin alle relaties tussen input en outputvariabelen worden meegenomen.

Op het Institut fuer Gartenbauoekonomie wordt het ontwikkelen en het toepassen van beslissingsondersteunende modellen gezien in het licht van de type beslissingen die de ondernemer neemt. Hierbij stelt men zich geen "totaal model" voor ogen, maar wordt de aandacht gericht op zogenaamde "deelmodellen" welke aansluiten bij de verschillende typen beslissingen die de ondernemer wenst te nemen. Deze optiek is in figuur 2 weergegeven.



Uit deze figuur blijkt dat vier beslissingsniveau's worden onderscheiden. Van boven naar beneden is de indeling van de beslissingen gebaseerd op de tijdsperiode waarover de consequentie(s) van de beslissing strekt. Deze indeling komt in grote mate overeen met de indeling in lange, middellange en korte termijn beslissingen. Beslissingen op het hoogste niveau betreffen investeringen die de bedrijfsuitrusting en de samenstelling daarvan voor een of meerdere jaren vastleggen. Een niveau lager hebben beslissingen betrekking op het teeltplan binnen de door de bedrijfsuitrusting geboden mogelijkheden. Nog een beslissingsniveau dieper staan de produktiemethoden m.b.t. teeltmaatregelen (in de verschillende ontwikkelingsstadia) van de in het bovengelegen niveau gekozen teelten centraal. Het vierde niveau

betreft het eigenlijke sturen en regelen van de groeifactoren om het productieproces in de juiste banen te leiden (o.a. via klimaatsinstellingen op de procescomputer).

De activiteiten op het Institut fuer Gartenbauoekonomie t.a.v. het ontwikkelen van bio-economische modellen zijn met name gericht op het tweede en derde niveau, m.a.w. op het terrein van de beslissingen m.b.t. het teeltplan en de daarbij gebezigde produktiewijzen. De modelmatige aanpak betreft zowel de beide beslissingsniveau's afzonderlijk als de interactie tussen beide beslissingsniveau's.

Zeer recentelijk zijn twee modellen op bovengenoemde terreinen ontwikkeld. Het eerste model (1) is bedoeld als een beslissingsondersteunend hulpmiddel bij het opstellen van een teeltplan. In dit model wordt uit een aantal teelten en inherente produktiewijzen die combinatie van teelten gekozen dat het hoogste bedrijfsresultaat oplevert. De keuze van de gewenste combinatie kan gemaakt worden via simulatie en met behulp van LP. Simulatie houdt in feite in dat de handplanning computerondersteund gebeurt. Met het LP-programma vindt optimalisatie van het teeltplan plaats.

Een belangrijk uitgangspunt van dit model (tevens voor de toepassing ervan) is dat de bedrijfssituatie als een gegeven wordt beschouwd en niet in de planning wordt betrokken. Dit geeft een beperking aan het toepassingsgebied.

Het model voor het opstellen van een teeltplan is in een pc versie beschikbaar.

In het tweede model (2) wordt het aspect van de onzekerheid van omgevingsfactoren als het weer en de markt op de outputgrootheden van een gekozen produktiewijze van een gewas (=teelt) meegenomen. In eerste instantie betreft dit de invloed van de variatie in het meerjarig gemiddelde van de weersvariabelen (buitentemperatuur, straling en windsnelheid) en de produktprijs op de op basis van het meerjarig gemiddelde gemaakte planning en inherente outputwaarden (teeltduur, produktie, warmte-energieverbruik). Vervolgens kan bekeken worden wat het effect op de output is als de gemiddelde waarden voor het weer en de produktprijs worden vervangen door data uit een bepaald jaar. Daarnaast kan nagegaan worden wat het effect is als het oorspronkelijke plan t.a.v. temperatuur set-pointstrategie tijdens de teelt wordt bijgesteld. De praktische toepassing van dit model is nog beperkt omdat het model niet in pc-versie beschikbaar is, te weinig teelten bevat en een koppeling met de klimaatcomputer aanwezig moet zijn willen de aktuele data gebruikt kunnen worden.

Een andere modelaanpak - nog in studiefase (3) - betreft de interactie tussen de planning van de produktiewijzen en het opstellen van het teeltplan, m.a.w. dit model tracht de beide beslissingsniveau's in bovenvermeld schema integraal te beschrijven. Evenals vorengenoemde modellen wordt m.b.v. simulatie dit probleem aangepakt. De aandacht is niet alleen gericht op het optimale teeltplan en inherente produktiewijze maar ook op het bijstellen van de gemaakte planning tijdens de teelt als de feitelijke situatie afwijkt van de geplande (=gewenste). Met name het flexibel gebruik van dit systeem gedurende het verloop van de teelt staat in de belangstelling.

In de laatste twee besproken modellen vormen de beschrijvende groei- en produktiemodellen een belangrijk onderdeel. Daarnaast worden andere deelmodellen gebruikt t.b.v. o.a. simulatie kasklimaat en berekening energieverbruik. Aangezien slechts van een beperkt aantal gewassen groei cq produktiemodellen (beschrijvend) voorhanden zijn, wordt in de gevallen dat men niet over een dergelijk model beschikt zelf een beschrijvend groei en/of produktiemodel ontwikkeld. Dit betreffende model is dan zeer globaal en op slechts enkele gegevens gebaseerd. Niettemin wordt het bio-economisch simulatiemodel als beslissingsondersteunend hulpmiddel om dit globale groei/produktiemodel gebouwd vanuit de veronderstelling dat dit onderdeel wordt vervangen indien er een beter beschrijvend groei/produktiemodel verschijnt. Dit is de gedachte in het model waarin de interactie tussen de twee beslissingsniveau's wordt beschreven.

Uit het vorengaande is op te maken dat de modelaanpak en de beoogde modeltoepassing met name is gericht op de korte termijnplanning. Indien men verder kijkt dan genoemde twee beslissingsniveau's is men op het Instituut fuer Gartenbauoekonomie geïnteresseerd in de integratie van de regeling van de produktieprocessen in deze modellen. Beslissingsondersteunende modellen t.a.v. investeringen heeft een mindere aandacht.

Met betrekking tot het ontwikkelen van modellen t.b.v. het ondersteunen van ondernemersbeslissingen wordt i.t.t. de aanpak in Nederland voornamelijk de aandacht geconcentreerd op modellen die zijn gebaseerd op simulatie. Hierbij staat centraal dat de toepassing van dit soort modellen vooral ingegeven wordt door de mogelijkheid tijdens de lopende planperiode de planning bijstellen als de feitelijke situatie daartoe aanleiding geeft. Niet alleen de optimale planning van de produktiewijzen en de teelten is dan het gegeven maar van minstens zo groot belang ook de bijstelling van dat plan.

- (1) COMGAB (Computerunterstuetzung der Gartenbauberatung)  
Benutzerhandbuch: Arbeitsbereich 8  
Anbauplanung  
Lenz. W, Loeschner. M  
Institut fuer Gartenbauoekonomie, Hannover, 1986.
- (2) Zur Berueckzichtigung der Unsicherheit bei der Planung und Steuerung gartenbaulicher Produktionsverfahren mit Hilfe bio-oekonomischer Modelle  
Werthwein. A  
Hannover und Weihestephan, 1986.
- (3) Ein Simulationsmodell fuer die Planung der Topfpflanzenbauproduktion  
Buchwald. W.W  
Institut fuer Gartenbauoekonomie, Hannover  
DGG Vortrag, 1986.

## DISCUSSIE

Liebig gaf nog eens aan welke problemen zich voordoen bij het vinden van relaties tussen groei (of produktie) en groeiomstandigheden.

In het voorgaande zijn deze problemen reeds genoemd, samengevat zijn ze: -de te kiezen functie; Een polynoom beschrijft binnen het waarnemingsveld de gevonden resultaten vaak het beste, maar geeft buiten het waarnemingsveld (bij extrapolatie) al vrij snel onwaarschijnlijke resultaten. De multiplicatieve relatie geeft een wat minder goede beschrijving van de resultaten maar heeft als voordelen dat de parameters een min of meer fysiologische betekenis hebben en dat buiten het waarnemingsveld niet snel onwaarschijnlijkheden optreden.

-I.t.t. het verklaren van de vroege produktie was het verklaren van de wekelijkse produktie met de temperatuur, straling en plantleeftijd nog onvoldoende. Het vinden van een "seizootrend" van de produktie met het doel de verschillen t.o.v. deze trend te verklaren bleek moeilijk omdat de variatie in plantdatum van de aanwezige dataset te gering was. Het toevoegen van nederlandse data aan de dataset zou een waardevolle aanvulling zijn.

A. de Koning gaf een presentatie van de structuur van het model zoals dat binnen de samenwerking PTOG-Tuinbouwplanteteelt opgezet is. Zoals de gedachten nu liggen is de structuur van het model complexer dan die van de modellen van Hannover. Onze modellen zullen meer een hybride zijn tussen de puur beschrijvende en de zuiver analytische modellen. De meer complexe structuur lijkt nodig vanwege het feit dat een tomatenvrucht veel langer aan de plant hangt dan een komkommervrucht. De tijd dat groeiomstandigheden op de oogst van een bepaalde week invloed hebben is bij tomaten langer en ook zal de onderlinge concurrentie tussen vruchten bij tomaat meer invloed op de wekelijkse produktie hebben dan bij komkommer.

Krug en Liebig konden zich goed vinden in de opgezette structuur en zien voor de toekomst een dergelijke verfijning ook voor hun modellen. De bij de discussie aanwezige wiskundige wees erop dat een dergelijk verfijnd model de wekelijkse produktie niet beter verklaard dan een beschrijvend model waarin alle mogelijke invloeden betrokken worden. De anderen zagen dan toch nog voordelen in een verfijnd model omdat zo de verschillende invloeden via een logische structuur in het model betrokken worden.

Tenslotte gaf promotieassistent Mann nog een korte uiteenzetting van zijn bevindingen t.a.v. de invloed van de CO<sub>2</sub>-concentratie op de teeltduur van sla. Het produkt van de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie met de dagelijkse stralingssom verklaarde de teeltduur van sla niet minder wanneer de gemiddelde concentratie van 's ochtends 7 Watt tot 's avonds 7 Watt i.p.v. zon-op tot zon-onder wordt genomen. Ook de verfijning van het produkt van gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie per uur met de uurlijkse stralingssom gaf geen verbetering. Volgens Mann gaf ook de door Krug voorgestelde multiplicatieve functie met CO<sub>2</sub>-concentratie en straling geen verbetering. Gevonden werd dat in de

herfst de teeltduur sterker door de CO<sub>2</sub>-concentratie beïnvloed wordt dan in het voorjaar. Dit werd verklaard met het resp. afnemen en toenemen van de lichtintensiteit in beide jaargetijden.

In de discussie werd nog opgemerkt dat (bij komkommer) bij zeer hoge CO<sub>2</sub>-concentraties (meer dan 6000 ppm) de huidmondjes open blijven staan, zodat bladverdroging optreedt.

Helaas kwam men in de discussie niet of nauwelijks toe aan de toepassingen van de gewasmodellen.

#### NAWOORD

Tijdens het bezoek aan het Institut fuer Gartenbau hebben we veel kennis opgedaan over de aldaar ontwikkelde gewasmodellen, m.n. dat van komkommer, en de gebruikte methoden. Dit is mede dankzij een de zeer goede opvang en begeleiding door dhr Liebig. Het bezoek aan het Institut fuer Gartenbauoekonomie toonde een aantal toepassingen van de gewasmodellen. Opvallend hierbij was dat men niet wacht totdat de gewasmodellen volmaakt zijn, maar deze reeds in een vroeg stadium gebruikt.

De opzet van de reis, een degelijke kennisname van de modellen, de methodiek en de toepassing, is d.m.v. het 5-daagse bezoek goed geslaagd.



Bijlage I. SPSS-programma voor multiple regressie over straling en temperatuur voor de vroegheid van komkommer. Resultaat in Bijlage III.

```

RUN NAME          GURKE - FRUEHZEITIGKEIT
PAGESIZE          EJECT
VARIABLE LIST     VAR001 TO VAR004
INPUT FORMAT      FIXED(F3.0,F4.1,F5.0,F4.1)
INPUT MEDIUM     A
COMPUTE           VAR005=VAR003*VAR003
COMPUTE           VAR006=VAR004*VAR004
COMPUTE           VAR007=VAR003*VAR004
N OF CASES       UNKNOWN
VAR LABELS       VAR001,SATZNUMMER/
                  VAR002,DAUER/
                  VAR003,STRAHLUNG/
                  VAR004,TEMPERATUR/
                  VAR005,STRAHLUNG QUA./
                  VAR006,TEMP. QUA./
                  VAR007,TEMP. * STRAHLUNG/
REGRESSION        VARIABLES=VAR002 TO VAR007
                  REGRESSION=VAR002 WITH VAR003 TO VAR007(1) RESID=0/
STATISTICS        ALL

```

Bijlage II. SPSS-programma voor het maken van een scattergram van de waargenomen en de berekende vroegheid (multiple regressie) van komkommer. Resultaat in Bijlage IV.

```

RUN NAME          GURKE - FRUEHZEITIGKEIT
PAGESIZE          EJECT
VARIABLE LIST     VAR001 TO VAR004
INPUT FORMAT      FIXED(F3.0,F4.1,F5.0,F4.1)
INPUT MEDIUM     A
COMPUTE           VAR005=VAR003*VAR003
COMPUTE           VAR006=VAR004*VAR004
COMPUTE           VAR007=VAR003*VAR004
COMPUTE           VAR008=173.69396+.95443702E-03*VAR007-6.3840607*VAR004
                  -.35001003E-01*VAR003+.52971599E-01*VAR006+.16191767E-05*
                  VAR005
COMPUTE           VAR009=VAR002-VAR008
N OF CASES       UNKNOWN
VAR LABELS       VAR001,SATZNUMMER/
                  VAR002,DAUER/
                  VAR003,STRAHLUNG/
                  VAR004,TEMPERATUR/
                  VAR005,STRAHLUNG QUA./
                  VAR006,TEMP. QUA./
                  VAR007,TEMP. * STRAHLUNG/
                  VAR008,SCHAETZWERT AUS REGRESSION/
                  VAR009,MESSW.-SCHAETZW. AUS REGRESSION/
SCATTERGRAM       VAR009(-10,10) WITH VAR003(1000,4000),VAR004(15,30)
OPTIONS           4,7
STATISTICS        ALL

```

FILE NONAME (CREATION DATE = 07/04/86)

MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. VAR002 DAUER

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 5.. VARIOUS STRAHLUNG QUA.

ANALYSIS OF VARIANCE OF REGRESSION RESIDUAL  
 MULTIPLE R .87310  
 R SQUARE .76230  
 ADJUSTED R SQUARE .75150  
 STD DEVIATION 3.12027  
 SUM OF SQUARES 3434.64318  
 MEAN SQUARE 686.92864  
 DF 5.  
 F 70.55510  
 COEFF OF VARIABILITY 8.6 PCT  
 1070.96648  
 9.73606

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	STD ERROR B	F	SIGNIFICANCE	BETA	ELASTICITY	VARIABLE	PARTIAL	TOLERANCE	F	SIGNIFICANCE
VAR007	.95443702E-03	.28995248E-03	10.334552	.001	1.9036827	1.36877					
VAR004	-6.3840607	1.8593209	11.785424	.001	-2.3600367	-3.77945					
VAR003	-.35001003E-01	.89719416E-02	15.219409	.000	-2.6375208	-2.33228					
VAR006	.52971599E-01	.41567509E-01	1.6239706	.205	.8546795	.58072					
VAR005	.16191767E-05	.12953690E-05	1.5524357	.214	.5596025	.27046					
(CONSTANT)	173.69396	24.891579	48.592775	.000							

VARIABLES NOT IN THE EQUATION

COEFFICIENTS AND CONFIDENCE INTERVALS.

VARIABLE	B	STD ERROR B	T	95.0 PCT CONFIDENCE INTERVAL
VAR007	.95443702E-03	.28995248E-03	3.2915880	.37979944E-03, .15290746E-02
VAR004	-6.3840607	1.8593209	-3.4329905	-10.069393, -2.6987286
VAR003	-.35001003E-01	.89719416E-02	-3.9012061	-.52781088E-01, -.17220919E-01
VAR006	.52971599E-01	.41567509E-01	1.2732511	-.29405447E-01, .13536865
VAR005	.16191767E-05	.12953690E-05	1.2499743	-.94793865E-06, .41862921E-05
CONSTANT	173.69396	24.891579	5.9730209	124.36469, 223.02323

ALL VARIABLES ARE IN THE EQUATION.

Bijlage IV. Scattergram van de waargenomen minus berekende vroegheid van komkommer (multiple regressie) als functie van de straling.

FILE NONAME (CREATION DATE = 07/04/96 )  
 SCATTERGRAM OF (DOWN) VAR09 MESSM.-SCHAEITZ\*.AJS REGRESSION

(ACROSS) VAR03 STRAHLUNG

1150.00 1450.00 1750.00 2050.00 2350.00 2650.00 2950.00 3250.00 3550.00 3850.00

10.00

8.00

6.00

4.00

2.00

0.00

-2.00

-4.00

-6.00

-8.00

-10.00

10.00

8.00

6.00

4.00

2.00

0.00

-2.00

-4.00

-6.00

-8.00

-10.00

1000.00

1300.00

1600.00

1900.00

2200.00

2500.00

2800.00

3100.00

3400.00

3700.00

4000.00

Bijlage V. BMDP-programma voor bepalen van de regressiecoëfficiënten in de multiplicatieve relatie tussen temperatuur, straling en vroegheid van komkommer.

```
/PROBLEM TITLE='GURKE FRUEHZEITGKEIT'.  
/INPUT VARIABLES=3.  
UNIT=10.  
FORMAT='(3X,F4.1,F5.0,F4.1)'.  
/VARIABLE NAME=DAUER,STRI,TEMP.  
/REGRESS DEPENDENT=DAUER.  
PARAMETERS=3.  
/PARAMETER INITIAL=80.,-.002,-.2.  
/FUN F=P1*(EXP(P3*(X(3)-12)))*(EXP(P2*(X(2)-70))).  
/END
```