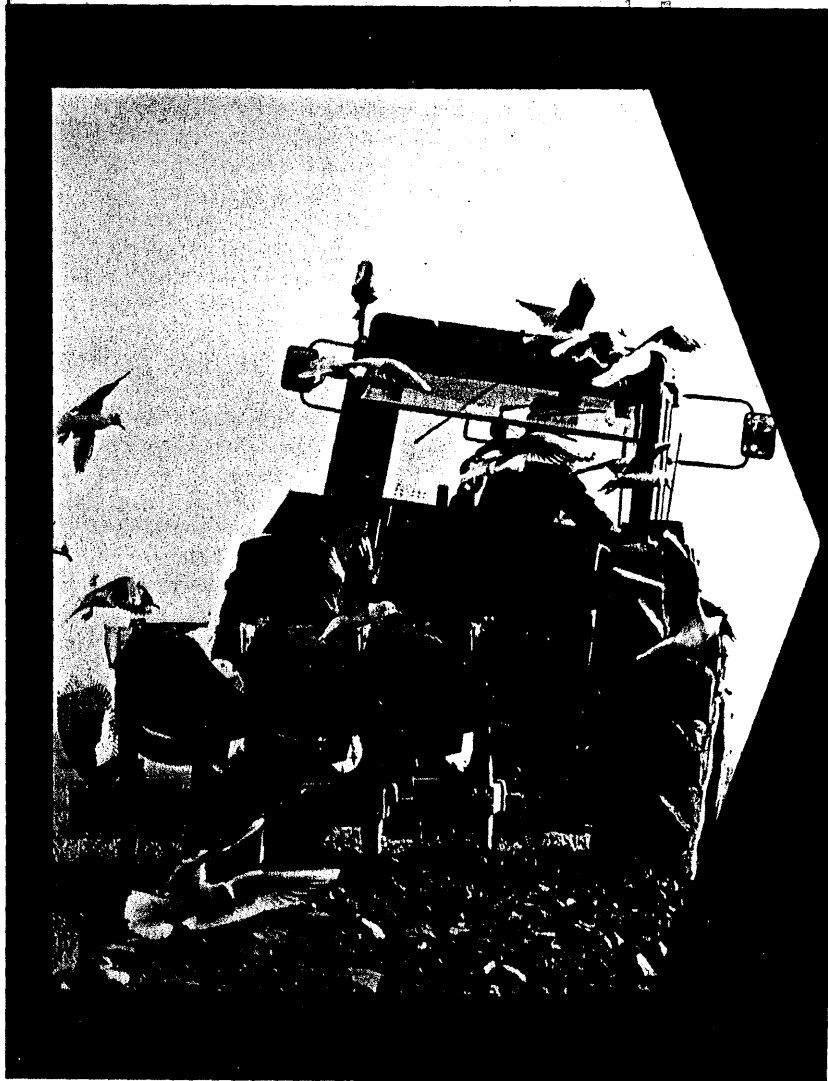


Jaargang 1992, nummer 5
(december)

Doorlopend genummerd: 109-110



C.T. de Wit :

Over het efficiënte gebruik
van hulpbronnen in de landbouw.

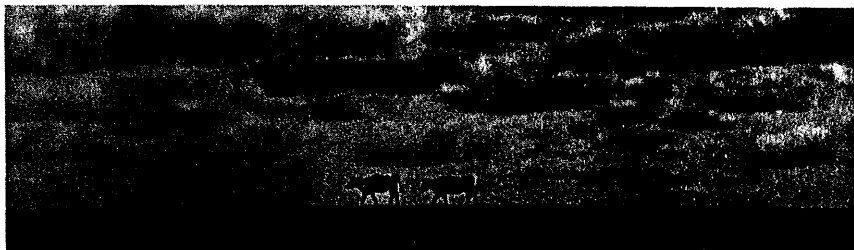
spil

*Kritisch tweemaandelijks tijdschrift
over landbouw en platteland*

Een poging tot interdisciplinaire benadering

Over het efficiënte gebruik van hulpbronnen in de landbouw

C.T. de Wit,



De recente WRR-studie *Grond voor keuzen* draagt heel duidelijk het stempel van de produktie-ecologische inzichten die in de afgelopen kwarteeuw zijn gegenereerd door de 'School van De Wit'. Agronomen, zoals in dit nummer van *Spil* Paul Struik, mogen de conclusies van het rapport daarmee nog niet voor zoete koek slikken, zij spreken onmiskenbaar wel dezelfde taal. Totaal anders is het gesteld met economen, zoals in dit nummer Dirk Strijker, die grote tot ogenschijnlijk onoverkomelijke bezwaren hebben tegen het werkstuk van Rudy Rabbinge en zijn projectgroep. Een oude discussie, dertien jaar geleden al eens in de kolommen van *Spil* gevoerd zonder tot overeenstemming te leiden, laait op tot ongekennde hoogte.

Sedert de Tweede Wereldoorlog zijn de agronomen en de landbouweconomen onmiskenbaar in eigen specialismen uit elkaar gedreven. De eersten hebben zich gericht op fundamenteel natuurwetenschappelijk onderzoek, de laatsten zijn blijven exerceren met produktiefuncties. Geleidelijk aan is daardoor een situatie ontstaan waarin - met de woorden van De Wit - economen vragen stellen waarop agronomen geen antwoord weten, en agronomen antwoord geven op vragen die economen niet stellen. Heeft daarmee Strijker gelijk als hij spreekt van een paradigmatische tegenstelling? Dan is volgens De Wit de hamvraag of de Europese boer zich bevindt in een evenwichtssituatie waarin hij volgens het economenboekje reageert op prijsprikkels, of in een dilemma waarin hij alleen nog kan kiezen tussen doorgaan op de eenmaal ingeslagen weg of radicaal stoppen. Maar de oude *maestro* zelf wil de relatie tussen economen en agronomen toch niet 'problematiseren'. De analyse in onderstaand artikel laat naar zijn mening zien dat er niet zozeer sprake is van paradigmatische verschillen als wel van vloeiende overgangen. Economen zowel als produktie-ecologen onderschrijven het bestaan van toenemende marginale schaalopbrengsten per hectare, maar volgens laatstgenoemden strekken deze zich uit over een aanzienlijk groter opbrengsttraject dan eerstgenoemden in het algemeen aannemen. Economen zien ook wel grote mogelijkheden tot produktieverhoging, maar vinden die niet zo relevant voor het gedrag van de boer en voor het beleid. Produktie-ecologen ontkennen niet dat er in de landbouw geoptimaliseerd wordt, maar zien dit gebeuren in een nogal tijdrovend heuristisch proces.

Het belang van de verschillen zowel als van de mogelijkheden om wetenschappelijk tot overeenstemming te komen rechtvaardigt volgens De Wit gezamenlijke, werkelijk interdisciplinaire onderzoeksprojecten. Op hem valt kennelijk (ook) te rekenen.

Inleiding

De Tweede Wereldoorlog markeert een breekpunt in de toename van de hectareopbrengsten van gewassen in de Westerse, geïndustrialiseerde wereld. Voor die tijd was in grote gebieden de jaarlijkse stijging van de opbrengst van tarwe niet groter dan enkele kilogrammen per hectare, terwijl sindsdien stijgingen van 35-70 kilogram per hectare voorkomen (De Wit e.a., 1987). Deze eerste groene revolutie hing economisch samen met een snelle stijging van de vraag en technisch met verbetering van de waterhuishouding, met mechanisatie die het mogelijk maakte meer op tijd te werken, met kunstmeststoffen waarmee de beschikbaarheid van nutriënten werd verbeterd, met bestrijdingsmiddelen voor betere beheersing van ziekten, plagen en onkruiden en met de ontwikkeling van aangepaste en resistente rassen.

Deze revolutie bracht de noodzakelijke produktiestijgingen met zich mee, maar had ook onbedoelde gevolgen. In marginale gebieden stagneerde de landbouw of verdween deze geheel en in beter bedeelde gebieden verdween de kleine boer. De diversiteit in landbouwsystemen verminderde en het toenemende gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen bleek schadelijk te zijn voor het milieu.

De vervuiling van de omgeving door deze post-revolutionaire, hoog-opbrengende landbouw brengt men vaak in verband met de wet van de vermindere meeropbrengsten. Deze stelt dat het verband tussen de opbrengst en de inzet van een produktiemiddel niet lineair is, maar afvlakt zodat meer en meer externe hulpbronnen moeten worden gebruikt om de opbrengsten op te voeren naar hun potentiële niveau. Echter, deze wet is geformuleerd voor het geval dat de inzet van andere hulpbronnen gelijk blijft, maar dit is niet het geval wanneer ontwikkelingen in de loop van de tijd in beschouwing worden genomen. Het blijft dus een open vraag of er afnemende meeropbrengsten optreden als gekeken wordt naar het verband tussen opbrengst en inzet van produk-

tiemiddelen door de jaren heen. Dit blijkt inderdaad niet het geval te zijn (De Wit, 1992), zoals in figuur 1, waar voor de Verenigde Staten de opbrengst van mais is uitgezet tegen het gebruik van stikstofmeststof voor de periode 1945-1982. Hier liep de toename van de opbrengst per kilo stikstof aan het eind van de jaren zestig wel terug, maar dit herstelde zich na de oliecrisis zodat aan het eind van de rit de toename van de opbrengst minstens even hoog was als aan het begin. Soortgelijke verbanden zijn gevonden voor graanopbrengst en stikstofgebruik in Duitsland en rijstopbrengst en stikstofgebruik in Indonesië (De Wit, 1992). Ook bij de melkveehouderij in Nederland blijkt vanaf 1965 een lineair verband te bestaan tussen de opname van stikstof in melk en vlees en de inzet van stikstof via kunstmest en veevoer (Van der Meer, persoonlijke mededeling). In tegenstelling tot wat vaak wordt beweerd, wordt er dus niet onevenredig meer stikstof gebruikt om een zelfde stijging van opbrengsten te verkrijgen.

Dit houdt niet in dat de wet van de verminderende meeropbrengsten op zichzelf niet zou gelden, maar wel dat elke afvlakking die zou moeten zijn opgetreden bij toenemende inzet van stikstof, meer of minder is gecompenseerd door verbeteringen in de efficiëntie van het stikstofgebruik tengevolge van technische ontwikkelingen in het productieproces.

Aan de wisselwerking tussen de inzet van hulpbronnen in de landbouw en de aard van de technische ontwikkelingen wordt noch in het agronomisch en noch in het economisch onderzoek veel aandacht besteed. Dit kan gemakkelijk tot gevolg hebben dat maatregelen worden genomen die, ondanks goede bedoelingen, niet of te weinig bijdragen aan het efficiënte gebruik van hulpbronnen en aan de beheersing van de vervuiling door de landbouw. Dit rechtvaardigt een verdere analyse.

Hiertoe wordt eerst de klassieke literatuur over produktiefuncties herbeschouwd om een beter inzicht te krijgen in de werking van de wet van de verminderende meeropbrengsten bij technische veranderingen. De analyse wordt dan in het bijzonder voor stikstof verder verdiept door de stikstofopname te beschouwen als intermediair tussen bemesting en opbrengsten. Vervolgens wordt aandacht besteed aan de efficiëntie van gebruik van water, mineralen en bestrijdingsmiddelen en aan de inzet van meer vaste activiteiten, zoals

ploegen en zaaien. Het blijkt dat over een aanzienlijk traject van opbrengsten de groeiomstandigheden zo kunnen worden verbeterd dat over het geheel genomen sprake is van toenemende produktiviteit. Tenslotte wordt ingegaan op de produktiekosten bij uiteenlopende produktiedoelen en op enkele gevolgen voor maatschappij en landbouw.

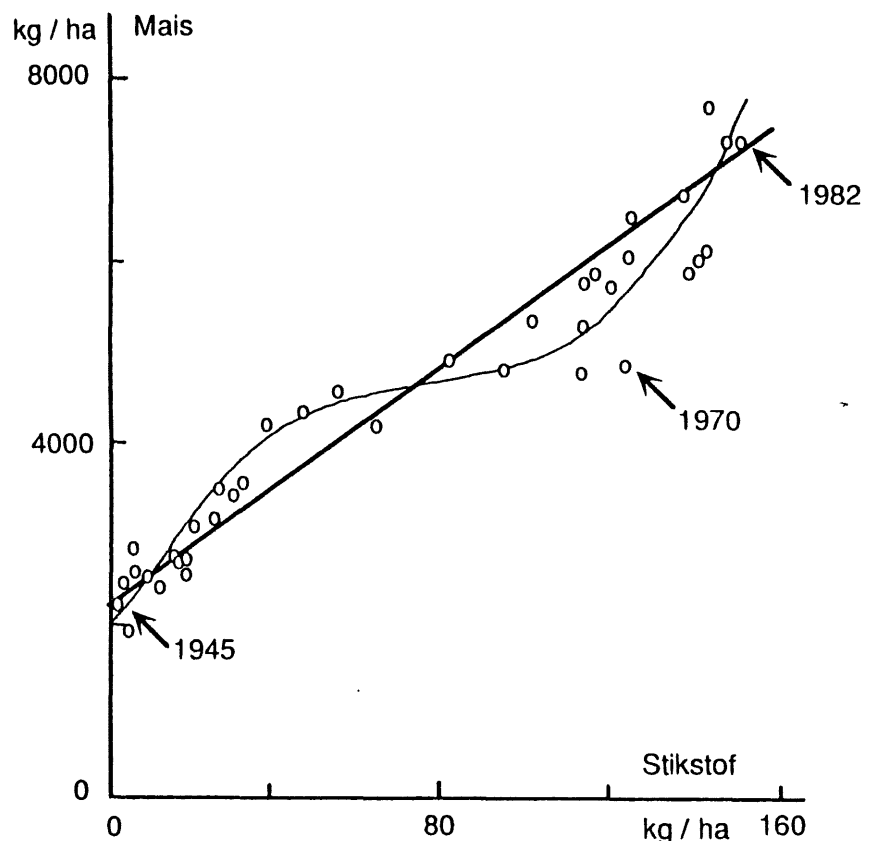
Produktiefuncties

Tot aan het begin van de Tweede Wereldoorlog richtte veel agronomisch onderzoek zich op het vinden van algemene wetmatigheden die ten grondslag zouden liggen aan het effect van zogenoemde groeifactoren op de opbrengst van gewassen. Sindsdien is dit onderzoek van produktiefuncties naar de achtergrond verschoven ten gunste van meer fundamenteel onderzoek naar de fysische, chemische en biologische processen die bij de groei van gewassen een rol spelen. De interesse van landbouweconomen in produktiefuncties is echter blijven bestaan zodat er geleidelijk een situatie is gegroeid waarin economen vragen stellen waarop agronomen geen antwoord we-

ten, en agronomen antwoord geven op vragen die economen niet stellen.

Wellicht kan deze patstelling worden doorbroken door een agronomische beschouwing die de draad weer opneemt waar deze vijftig jaar geleden is losgelaten. Hiertoe worden eerst drie wetmatigheden over produktiefuncties besproken die in de eeuw na de ontdekking van de kunstmest zijn geformuleerd. Deze fungeerden aan het eind van de jaren dertig als basis voor een verhelderende beschouwing van Van der Pauw uit de befaamde Groninger school over de samenhang tussen groeifactoren en opbrengst, een beschouwing die het waard is erop terug te komen.

Bij de bespreking wordt gebruik gemaakt van de schematische voorstelling van produktiefuncties en hun onderlinge relatie in figuur 2. Hier staat de hoeveelheid van een bepaalde nutriënt langs de horizontale as en de opbrengst langs de verticale as. Daarbij is - zoals vroeger gebruikelijk - de meststofwaarde van de bodemvoorraad uitgedrukt in hoeveelheid meststof. Deze is op de horizontale as aangegeven met een verticale pijl. Alle curven laten het bekende verschijnsel van afnemende



Figuur 1: Het verband tussen maisopbrengst en stikstofbemesting in de Verenigde Staten van 1945-1982.

meeropbrengsten zien bij toenemende inzet van de nutriënt. Bij ruime inzet zijn twee maxima onderscheiden: een basisniveau met een waarde van 100 en een verhoogd niveau met een waarde van 200. Het verschil is een gevolg van verschillen in beschikbaarheid van andere groeifactoren. De figuur bevat nogal veel informatie, maar deze komt stapsgewijs aan de orde.

Von Liebig - De wet van het minimum

De wet van het minimum in de landbouw is afkomstig van Von Liebig (1855). Deze wet houdt in dat de opbrengst van een gewas evenredig is met de beschikbaarheid van die groeifactor die in relatief de kleinste hoeveelheid aanwezig is. Het klassieke model van deze wet is een vat met duigen van verschillende lengte. De hoogte van elk van de duigen stelt de relatieve beschikbaarheid voor van elk van de groeifactoren. De maximum hoogte van het water in het vat wordt bepaald door de kortste duig en verbeeldt dan de opbrengst. Er is dus maar één groeifactor in het minimum en de opbrengststijging ten gevolge van verhoging van de beschikbaarheid van deze groeifactor is onafhankelijk van de beschikbaarheid van andere groeifactoren.

Deze interactie is schematisch weergegeven in figuur 2 met behulp van de curve 1 met een maximum van 100 en de curve 2 met een maximum van 200. Het enige verschil met het vat-met-duigen-model is dat de overgang van de beperkende naar de niet-beperkende situatie hier méér gradueel is voorgesteld. Kenmerkend voor de wet van het minimum van Liebig is dat de curven met verschillende maximumopbrengsten een zelfde beginhelling hebben en dus samenvallen in het gebied waar de nutriënt beperkend is.

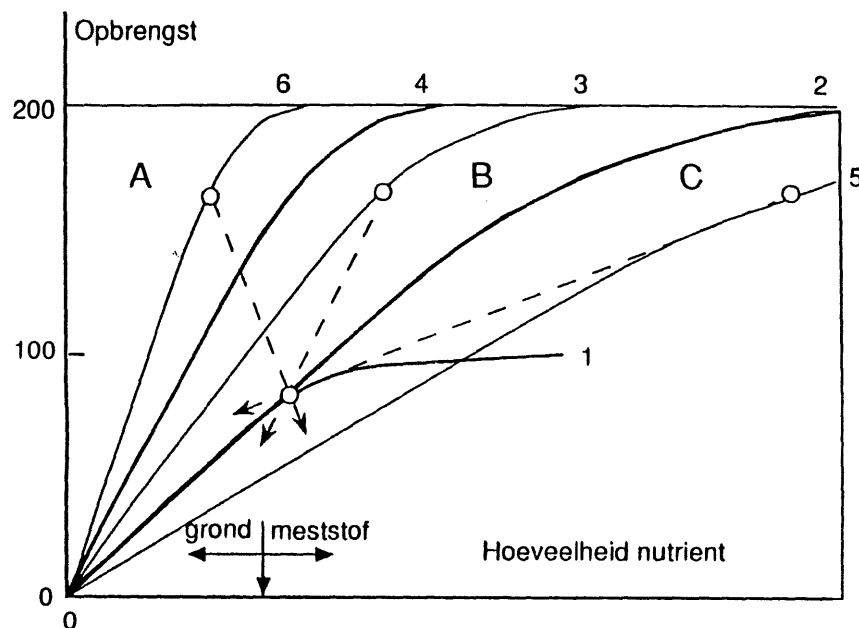
De wet van Liebig weerspiegelt de wet van de verminderende meeropbrengsten in situaties waar de beschikbaarheid van andere nutriënten gelijk blijft. De wet weerspiegelt ook de aanname dat de voorziening met nutriënten van gewassen zo in evenwicht moet zijn dat de beschikbaarheid van iedere nutriënt evenredig toeneemt met de opbrengst. Van substitutie is dan geen sprake.

Liebscher - De wet van het optimum

De vraag die nu aan de orde kwam, was in welke verhouding de nutriënten zouden moeten worden toegevoegd. Voor de beantwoording hiervan waren uitge-

breide proefnemingen nodig, waarbij Liebscher (1895) een vooraanstaande rol speelde. Op basis van veel proeven met de drie voornaamste plantenvoedende elementen - stikstof, fosfaat en kali - formuleerde hij een wetmatigheid die hij de wet van het optimum noemde. Deze stelt dat een groeifactor die in het minimum is, meer bijdraagt aan de pro-

Curve 4 is dus over de hele lijn tweemaal zo hoog als curve 1. Anders gezegd, de beginhelling van de curves is evenredig met hun maximumopbrengsten. Het handhaven van een bepaald nutriënteniveau is zo een vaste last die afhangt van de relatieve opbrengst maar niet van het absolute niveau van opbrengst.



Figuur 2: Schematische voorstelling van produktiefuncties.

Curves 1 en 2: de wet van het minimum van Liebig.

Curves 1 en 3: de wet van het optimum van Liebscher.

Curves 1 en 4: de wet van de constante werking van Mitscherlich.

Zie de tekst voor verdere uitleg.

duktie naarmate de andere groeifactoren dichter bij hun optimum zijn. Deze wet is schematisch voorgesteld door de curven 1 en 3 in figuur 2. Het verschil met de wet van het minimum is dat nu bij groter worden van de maximumopbrengst ook de beginhelling van de curven steiler wordt. Liebscher stelde uitdrukkelijk dat zijn wet ook geldt voor andere groeifactoren dan meststoffen, zoals water of weersomstandigheden of kalk om de pH van de grond te regelen.

Mitscherlich - De wet van constante werking

Mitscherlich (1924) ging nog een stap verder. Hij stelde dat de hoeveelheid nutriënt uit bodem en meststofzak samen die nodig is om een bepaald percentage van het maximum te bereiken, onafhankelijk is van de hoogte van dit maximum. Deze aanname van constante werking is schematisch weergegeven door de curven 1 en 4 in figuur 2.

Het gelijk van Liebscher

Alle produktiefuncties weerspiegelen afnemende meeropbrengsten wanneer de beschikbaarheid van één groeifactor toeneemt, terwijl die van andere constant blijft. Er is veel gespeculeerd over hun vorm, van meer abrupte tot vloeiende overgangen tussen tekort en overmaat, maar dit is in het verband van deze beschouwing niet van belang. Hier gaat het erom hoe de positie van de produktiefunctie verandert wanneer het maximum verandert onder invloed van de beschikbaarheid van andere groeifactoren.

Dit werd voor het eerst goed begrepen en uitgelegd door Van der Paauw (1938). Hij gebruikte de verschillende produktiefuncties voor de classificatie van opbrengstreacties; figuur 2 is aan zijn werk ontleend. Hij onderscheidde drie respons-gebieden, A, B en C, die zijn afgebakend door de produktiefunc-

ties van Mitscherlich (curve 4) en Liebig (curve 2).

In gebied C is de toename van de opbrengst minder dan volgens de wet van het minimum van Liebig. Curve 5 is hiervan een voorbeeld. De onderbroken lijn die hier een zelfde relatieve opbrengst van curve 1 en van curve 5 verbindt, snijdt de horizontale as links van de oorsprong. In overeenstemming hiermee neemt dus de behoefte aan de nutriënt die in het minimum is, zowel in absolute als in relatieve termen toe met toenemende maximumopbrengst. De efficiëntie of produktiviteit van de nutriënt, gedefinieerd als de verhouding tussen opbrengst en hoeveelheid nutriënt in grond en meststof, is dus kleiner naarmate de maximumopbrengst hoger is. Dergelijke ontmoedigende opbrengstreacties zijn bodemchemisch en plantenfysiologisch niet aannemelijk en dan ook niet waargenomen.

In gebied A zijn de opbrengstreacties gunstiger dan volgens de wet van constante werking van Mitscherlich. Curve 6 is hiervan een voorbeeld. De onderbroken lijn die hier een zelfde relatieve opbrengst verbindt van curve 1 en van curve 6, staat nu de andere kant op. In dit gebied neemt dus de behoefte aan de nutriënt zowel in absolute als in relatieve termen af met toenemende

maximumopbrengst. Het meest uitgesproken voorbeeld is dat bij verbetering van groeiomstandigheden gewassen een zuurdere grond kunnen verdragen en daarom met minder bekalking kunnen volstaan.

Gebied B tenslotte is het domein van de wet van het optimum van Liebscher. Curve 3 is hiervan een voorbeeld. De onderbroken lijn die hier een zelfde relatieve opbrengst van curve 1 en van curve 3 verbindt, snijdt de horizontale as rechts van de oorsprong. Dit geeft aan dat de absolute behoefte aan de nutriënt die in het minimum is, weliswaar toeneemt met toenemende maximumopbrengst, maar dat de relatieve behoefte tegelijkertijd afneemt. Anders gezegd: bij verbetering van het maximale opbrengstniveau is er meer van de nutriënt nodig wanneer de hoeveelheid wordt uitgedrukt per eenheid van oppervlak (ha), maar juist minder wanneer deze wordt uitgedrukt per eenheid oogstprodukt (kg). De produktiviteit van de nutriënt neemt dus toe bij verbetering van de groeiomstandigheden. Zoals Liebscher een halve eeuw eerder, vond Van der Paauw dat verreweg de meeste produktiefuncties in dit gebied B voorkomen en daarbij meer de kant opgaan van Mitscherlich dan die van Liebig.

Soms vond hij uitschieters in gebied A, maar nooit in gebied C.

Schaalopbrengsten

In plaats van één hulpbron kan men een aantal hulpbronnen evenredig laten toenemen, zoals gebeurt bij het toedienen van een mengmeststof die stikstof, fosfaat en kali bevat. Over het algemeen nemen economen aan dat in dat geval ook de wet van de verminderende meeropbrengsten geldt (Dillon en Anderson, 1990). Er wordt dan gesproken van afnemende marginale schaalopbrengsten per eenheid van oppervlak. Hier moet het nodige over worden gezegd, maar om dit niet al te ingewikkeld te maken wordt de beschouwing beperkt tot twee hulpbronnen (h_1 en h_2). Volgens de wet van Mitscherlich en bij lage inzet is er een evenredig verband tussen de opbrengst en de inzet van de ene zowel als de andere hulpbron. De opbrengst is dan gelijk aan $k \times h_1 \times h_2$, waarin k een constante is. Wanneer de inzet van beide hulpbronnen evenredig wordt verhoogd van bijvoorbeeld 0 over 1 en 2 naar 3, neemt de opbrengst dus kwadratisch toe van 0 over $1 \times 1 \times k$ en $2 \times 2 \times k$ naar $3 \times 3 \times k$. Natuurlijk laat bij nadering van het maximum dat met ruime inzet van de twee hulpbronnen kan worden bereikt, het verschijnsel van verminderende meeropbrengsten zich weer gelden. Zou de wet van Liebig opgaan, dan is, afhankelijk van de verhouding waarin de twee hulpbronnen worden toegediend, of de ene of de andere hulpbron beperkend. Wanneer dus de inzet van beide hulpbronnen evenredig worden verhoogd van 0 over 1 en 2 naar 3, neemt de opbrengst ook evenredig toe van 0 over $1 \times k$ en $2 \times k$ naar $3 \times k$, waarbij de waarde van k afhangt van de hulpbron die beperkend is.

De wet van Liebscher neemt een nogal gecompliceerde tussenpositie in. Deze komt erop neer dat naarmate de wet van Mitscherlich dichter wordt benaderd, de opbrengst meer volgens het kwadraat toeneemt bij toenemende inzetten, en over een groter spectrum van verhoudingen tussen beide hulpbronnen. Bij evenredig verhoogde inzet van meerdere hulpbronnen over het hele traject van lage naar hoge opbrengsten is de produktiefunctie dus in beginsel S-vormig. Deze S-vorm is des te meer uitgesproken des te groter het aantal hulpbronnen dat bij de evenredig verhoogde inzet betrokken is en des te meer de wet van Liebscher de kant van de wet van Mitscherlich opgaat. Over het gehele traject van lage naar maximale op-

A deficiency of any single nutrient is enough to limit growth



brengsten treden dan eerst toenevende marginale schaalopbrengsten per eenheid van oppervlak op die bij nadering van het maximum overgaan in afnemende marginale schaalopbrengsten per eenheid van oppervlak.

Verdere analyse

Opname als intermediair tussen meststofgift en opbrengst

Produktiefuncties kunnen beter worden begrepen door niet alleen opbrengsten, maar ook nutriëntenopnames in beschouwing te nemen. De meeste hiervoor beschikbare gegevens hebben betrekking op granen omdat deze over de hele wereld gezien de belangrijkste gewasgroep vormen, en op stikstof omdat deze meststof elk jaar moet worden gegeven, het meest dynamische gedrag vertoont en in hoge mate bijdraagt aan de milieuvervuiling vanuit de landbouw. Om deze reden is de verdere analyse vooral toegesneden op de reactie van deze gewasgroep op dit element in afhankelijkheid van variëteit, water, minerale meststoffen en ziekten, plagen en onkruiden.

Waar mogelijk zijn de experimenten geanalyseerd door gebruik te maken van de opname van stikstof in het bovengrondse gewas (zaad plus stro) als intermediair tussen de hoogte van de bemesting en de zaadopbrengst door middel van zogenoemde drie-sectoren-diagrammen (De Wit, 1953; Van Keulen, 1982), zoals in figuur 3. Het verband tussen de hoogte van de bemesting en de opname van stikstof is weergegeven in het vierde kwadrant (IV) van het diagram en dat tussen opname en opbrengst in het eerste kwadrant (I). Door uit beide grafieken de opname te elimineren wordt de gebruikelijke functie tussen hoogte van bemesting en opbrengst in kwadrant II gevonden, maar dan wel in gespiegelde vorm.

Er zijn vier aangrijpingspunten voor het verhogen van de werking van stikstof onder invloed van verbetering van de overige groeiomstandigheden: de opname uit de onbemeste grond, de uitbating van de bemesting, een minimumgehalte en de maximumopbrengst bij voldoende stikstofvoorziening. In kwadrant IV kunnen de opname van de stikstof uit de bodemvoorraad (N_0) en de uitbating van de gegeven stikstof worden verhoogd. Onder uitbating wordt verstaan: de opname van stikstof met bemesting minus de opname zonder bemesting, gedeeld door de hoogte van

de bemesting, uitgedrukt in procenten. Bij een uitbating van 40% wordt, netto gezien, 40% van de gegeven stikstof door het gewas opgenomen. De overige 60% blijft in de grond achter of verdwijnt door vervluchtiging, denitrificatie of uitspoeling. In kwadrant I is aangegeven dat bij lage opnames een vrijwel lineair verband bestaat tussen opbrengst en opname. De daarbij behorende verhouding tussen opname in zaad en stro en opbrengst van het zaad wordt eenvoudigheidshalve de minimumverhouding genoemd: de stikstof in zaad en stro is hier tot het minimum verdund. De maximumopbrengst bij ruime stikstofvoorziening wordt bepaald door de overige groeiomstandigheden, zoals de beschikbaarheid van water en mineralen. Bij nadering van dit maximum is er sprake van afnemende meeropbrengsten. De opname van stikstof is ook gebonden aan een maximumverhouding tussen opname en opbrengst. Wanneer deze wordt benaderd, laat ook het verband tussen bemesting en opname in kwadrant IV afnemende meeropbrengsten zien. Bij het huidige prijsniveau van oogstprodukt en stikstof wordt de optimale stikstofverhouding van het gewas in de praktijk bepaald door de kans op legeren. Deze optimale verhouding ligt op zo'n niveau dat het verband tussen bemesting en N-opname (kwadrant IV) rechtlijnig is in het traject dat landbouwkundig van belang is. Voor soortgelijke kwaliteitsgrenzen bij suikerbieten en aardappelen geldt hetzelfde.

Dit diagram is uitermate geschikt om te onderzoeken welke verschijnselen aan de wet van het optimum van Liebscher ten grondslag liggen. Elke wet houdt een verhoging in van de maximumstikstofopname en van de maximumopbrengst bij ruime stikstofvoorziening bij verbetering van groeiomstandigheden en zegt dus niets over de geldigheid van de wet van Liebscher. Daarvoor geldt dat de werking van stikstof ook wordt verhoogd wanneer deze juist niet in ruime mate voorhanden is. Dit kan op drie manieren: verlaging van de minimumverhouding in kwadrant I, verhoging van de opname uit de bodemvoorraad in kwadrant IV en van de uitbating in kwadrant IV.

Experimentele resultaten voor stikstof

Belangrijke factoren die de hierboven genoemde aangrijpingspunten voor de invloed van stikstof op de opbrengst beïnvloeden, zijn uitvoerig besproken in

een ander artikel (De Wit, 1992), zodat hier met een samenvattende bespreking wordt volstaan.

Minerale meststoffen

Liebscher baseerde zijn wet van het optimum op proeven waarin hij de interactie bestudeerde tussen minerale meststoffen en stikstofmeststoffen. In Nederland is de mineralenrijkdom van de grond zo groot dat deze proeven hier niet onder veldomstandigheden te herhalen zijn. Dit is anders in veel tropische gebieden waar vaak een schrijnend tekort is aan mineralen en stikstof. De resultaten van proeven in dergelijke gebieden tonen aan dat bemesting met stikstof geen zin heeft als de fosfaatvoorziening slecht is, en andersom. De positieve invloed van bemesting met fosfaat op de werking van stikstof blijkt zich te weerspiegelen in een aanzienlijk hogere maximumopbrengst bij hogere opnames van stikstof, door verhoging van de uitbating en van de opname uit de bodemvoorraad. Omgekeerd manifesteert zich de positieve invloed van de stikstof op de werking van fosfaat op een zelfde wijze.

In sommige gevallen is het positieve effect van fosfaat op de opbrengst geheel te danken aan een verhoging van de opname van stikstof. Een bemesting met fosfaat kan dan worden gezien als een vermorde stikstofbemesting. Dit is te danken aan de gunstige invloed van fosfaat op de wortelgroei in een vroeg stadium van ontwikkeling wanneer er nog stikstof in de grond zit. Na enige jaren is de stikstof zover uitgeput dat deze substitutie van stikstof door fosfaat niet meer plaats kan vinden.

Water

Door betere beheersing van de watervoorziening wordt niet alleen de maximale opbrengst aanmerkelijk verhoogd, maar ook de uitbating van stikstof en de opname van stikstof uit de bodemvoorraad. De minimumverhouding bij lage opnames wordt echter nauwelijks beïnvloed. Wanneer de watervoorziening wordt verbeterd vanaf de natte kant, neemt de opname van stikstof toe door het terugdringen van denitrificatie- en uitspoelingsverliezen en wanneer deze wordt verbeterd vanaf de droge kant, door een toename van het watergehalte in de bovengrond waar de meeste stikstof zit.

Rasverschillen

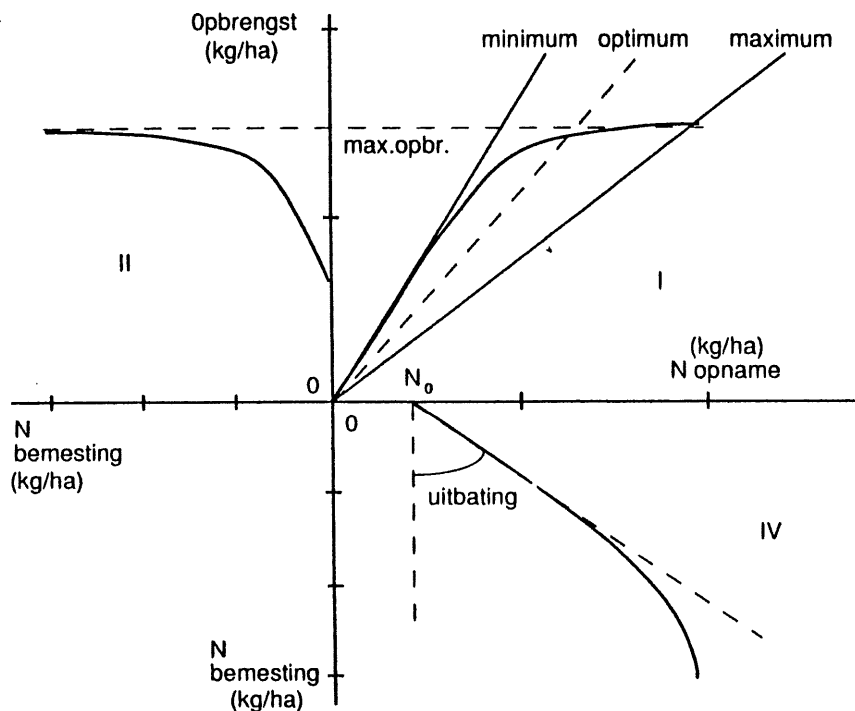
Een belangrijk verschil tussen oude, langstro-rassen en moderne kortstro-

rassen is dat de laatste veel minder legeren en daarom een veel grotere stikstofbemesting kunnen verdragen. Wanneer dit legeren wordt voorkomen, bijvoorbeeld met behulp van gaas, blijkt dat de moderne rassen niet alleen hogere opbrengsten bij een goede stikstofvoorziening, maar ook bij een lage. Dit is dan een gevolg van zowel een verho-

van de minimumverhouding, maar wel tot een aanmerkelijk hogere opbrengst bij hogere opnamen. Op dat niveau is voldoende stikstof beschikbaar om zowel de bladeren langer groen te houden als te voorzien in de stikstofbehoefte van de zaden, mits de bladeren niet vroegtijdig afsterven door ziekten. De opname uit de bodemvoorraad en de

bevestigd voor stikstof. Immers, in alle gevallen wordt een verhoogde werking van de stikstof gevonden, ook wanneer deze beperkt beschikbaar is. In sommige voorbeelden wordt vooral de uitbating verbeterd, in andere gevallen juist de opname uit de bodemvoorraad verhoogd of het minimumgehalte verlaagd. In de praktijk gaat een verhoging van de stikstofgift samen met een betere voorziening met water en mineralen, een betere beheersing van ziekten, plagen en onkruiden en een keuze van aangepaste rassen, zodat de drie mogelijkheden tot vergroting van de werking van stikstof zich altijd samen zullen voordoen. Dit is schematisch weergegeven in het diagram van figuur 4 waar drie maximumopbrengstniveaus zijn onderscheiden. Zoals in figuur 3 zijn ook hier de produktiefuncties in kwadrant II afgeleid uit de verbanden tussen bemesting en opname in kwadrant IV en uit opname en opbrengst in kwadrant I door het elimineren van de opname. De optimumverhouding waarbij de kans op legeren aanvaardbaar is, is in kwadrant I aangegeven door de onderbroken lijn vanuit de oorsprong. Waarschijnlijk zijn deze gehalten wat hoger naarmate de opbrengst kleiner is, maar omdat dit niets afdoet aan het betoog, is hier verder geen rekening mee gehouden. De optimumopbrengsten en -opnames bevinden zich dus op de snijpunten van deze onderbroken lijn met de drie opbrengstfuncties in kwadrant I. In kwadrant IV zijn uit de optimumopnames de optimummeststofgiften afgeleid en in kwadrant II zijn die optimumwaarden op de produktiefuncties aangegeven.

Uiteraard vragen hogere opbrengsten hogere giften per hectare. Echter, de onderbroken lijn door de optimumwaarden in kwadrant II snijdt de horizontale as links van de oorsprong. Dit houdt in dat de produktiviteit van de stikstof, gemeten als de opbrengst per kilo bemesting, groter is naarmate de optimumopbrengst hoger is. Een zelfde redenatie geldt voor het verband tussen opname en meststofgift in kwadrant IV: de lijn door de optimale punten snijdt hier de vertikale as beneden de oorsprong. Het betreft hier een schematische voorstelling en het is een kleine moeite de curven zo te tekenen dat de onderbroken lijn door de opbrengsten in kwadrant II de horizontale as rechts van de oorsprong snijdt en dat de onderbroken lijn door de opnames in kwadrant IV de vertikale as boven de oorsprong snijdt. In dat geval neemt de produktiviteit van



Figuur 3: Schematische voorstelling van de verbanden tussen bemesting en N-opname, N-opname en opbrengst, en bemesting en opbrengst in een drie-kwadranten-diagram ter verduidelijking van de terminologie.

ging van de opname (kwadrant IV) als van een verlaging van de minimumverhouding (kwadrant I). Weliswaar zijn de minimumgehalten van zaad en stro specifiek voor de soort, maar door een verbetering van de zaad/stro-verhouding wordt toch een lagere minimumverhouding bereikt.

Bij een vergelijking van hybride en gewone rassen van rijst blijkt dat ook in geval van hybridisatie zowel de relatie tussen bemesting en opname als die tussen opname en opbrengst verbeterd, zodat hybriden ondanks hun hogere opbrengst niet meer stikstofbemesting behoeven. De opname door hybriden uit onbemeste grond is ook aanmerkelijk hoger als gevolg van een aanmerkelijk betere begroei.

Ziekten, plagen en onkruiden

Een betere beheersing van afrijpingsziekten leidt niet tot een verandering

uitbating van de stikstofgift in het traject waar stikstof meer beperkend is, nemen ook aanmerkelijk toe bij een betere bestrijding omdat bij een plant die langer gezond blijft, de wortels beter en langer blijven functioneren. Grondontsmetting leidt tot een verhoogde mineralisatie van stikstof en mineralen, zodat de opname uit de bodemvoorraad toeneemt. Op een veronkruid veld wordt door gewas en onkruid samen ongeveer evenveel stikstof opgenomen als door het gewas in een onkruidvrij veld. Onkruidbestrijding leidt daarom niet alleen tot een verhoging van de maximumopbrengst, maar ook tot een verhoging van de uitbating van stikstof en van de opname uit de bodemvoorraad.

Gebruiksefficiëntie van stikstof

Voor zover dit nog nodig zou zijn, is in de voorgaande paragraaf de wet van het optimum van Liebscher nog eens

de stikstof niet toe wanneer deze zou worden gemeten op basis van bemesting alleen, maar wel toe wanneer deze zou worden gemeten op basis van bemesting en meststofwaarde van de beschikbare bodemvoorraad samen. Dit lijkt een wezenlijk verschil maar is het niet omdat op minerale gronden de stikstof die uit de grond wordt opgenomen, voor een groot deel afkomstig is uit de bemesting in voorgaande jaren. In overeenstemming met figuur 2 zou de meststofwaarde van de opgebouwde bodemvoorraad kunnen worden gevonden door de drie curven in kwadrant IV te extrapoleren tot de verticale as, maar dan wordt deze as meestal niet in hetzelfde punt gesneden. Zo eenvoudig als in het klassieke diagram van figuur 2 blijkt het ook weer niet te zijn.

Het is meer verhelderend de verdere analyse te richten op evenwichtssituaties. Op een stikstofarme grond neemt de grootte van de meststofgift die nodig is om een bepaalde optimumopname te bereiken, met de jaren af omdat de beschikbare bodemvoorraad toeneemt; het omgekeerde geldt op een stikstofrijke grond. Op den duur stelt zich dus een evenwichtsniveau van bemesting in, waarbij de hoeveelheid stikstof die jaarlijks aan de beschikbare bodemvoorraad wordt onttrokken door opname, denitrificatie, uitspoeling en vastlegging in vrijwel onbeschikbare vorm, weer wordt gecompenseerd door wat overschiet van de bemesting. De vraag waar het nu om gaat, is welke fractie de totale opname uitmaakt van deze evenwichtsbemesting. Welnu, deze fractie neemt toe bij een toename van de efficiëntie van de opname uit de meststof (de uitbating) en bij een toename van de efficiëntie van de opname uit de beschikbare bodemvoorraad. Zij neemt ook toe bij een toename van de relatieve bijdrage van de opname uit de bemesting in het jaar van toediening. Dit laatste is zo omdat bij elke mineralisatie er weer verliezen optreden en de synchronisatie van de mineralisatie van stikstof uit de beschikbare bodemvoorraad en de vraag naar stikstof van het gewas slechter is dan de synchronisatie van de bemesting met stikstof en deze vraag. Bij opname via de omweg van de bodemvoorraad gaat daarom meer stikstof verloren dan bij directe opname uit de bemesting in het jaar van toediening. Verbetering van groeiomstandigheden leidt tot een hogere optimumopname en een verbetering van de uitbating zowel als van de efficiëntie van opname uit de beschikbare bodemvoorraad. Verbete-

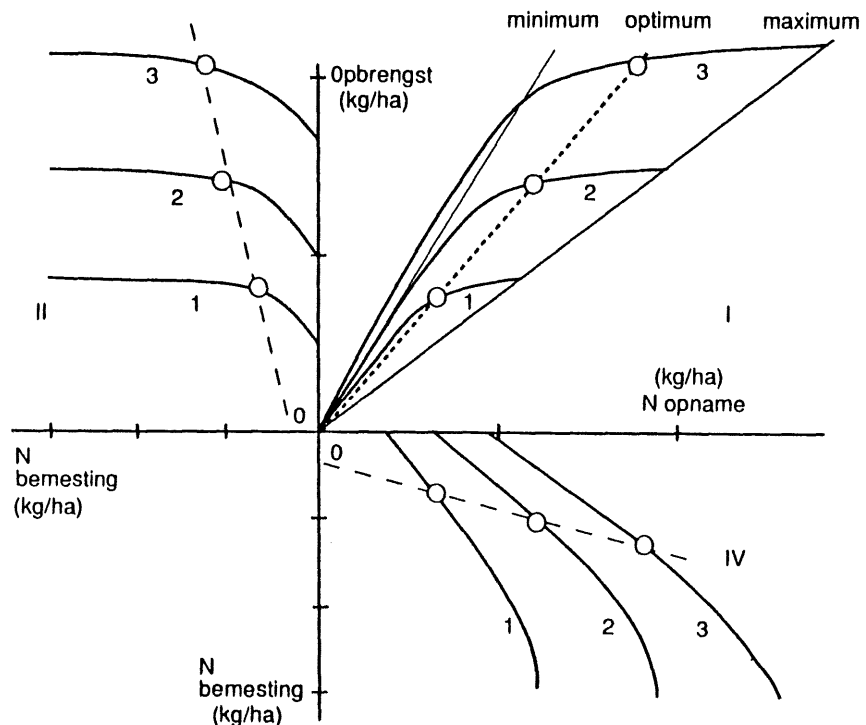
ring van de uitbating betekent dat ook de relatieve bijdrage van de opname uit de bemesting in het jaar van toediening wordt vergroot.

Dus bij verbetering van groeiomstandigheden geldt voor de evenwichtsbemesting dat deze toeneemt wanneer ze wordt uitgedrukt per eenheid van oppervlak en afneemt wanneer ze wordt

stof die vrijkomt door verwerking, weliswaar dient toe te nemen per eenheid van oppervlak, maar per eenheid produkt afneemt.

Andere hulpbronnen

Voor andere hulpbronnen kunnen soortgelijke analyses worden uitgevoerd, maar hier wordt volstaan met een



Figuur 4: Schematische voorstelling van de verbanden tussen bemesting en N-opname, N-opname en opbrengst, en bemesting en opbrengst in een drie-kwadranten-diagram bij drie opbrengstniveaus.

utgedrukt per eenheid produkt. Het gaat hier om aanzienlijke verschillen, van een efficiëntie van minder dan 20% bij slechte groeiomstandigheden tot boven de 60% bij goede groeiomstandigheden. Er zijn elementaire simulatiemodellen beschikbaar (Wolf e.a., 1989) waarmee het verloop van dergelijke curven kan worden berekend op basis van gegevens uit éénjarige proeven, maar hier wordt niet nader op ingegaan. Op goede veengrond hoeft er nauwelijks sprake te zijn van bemesting met stikstof omdat de beschikbare bodemvoorraad op peil wordt gehouden door afbraak van organische stof. Stikstof is dan als hulpbron verinnerlijkt. Een belangrijke zorg is door regulering van de waterhuishouding dit afbraakproces af te stellen op de vraag. Ook hier geldt de wet van Liebscher, zodat bij toenemende optimale opbrengsten de stik-

korte bespreking onder verwijzing naar de eerder genoemde publikatie (De Wit, 1992).

Fosfaat

Voor zover dit al nodig zou zijn, is bij de bespreking van de interactie tussen stikstof en fosfaat in het voorgaande de wet van Liebscher ook bevestigd voor fosfaat. Vele gronden zijn van nature fosfaatarm zodat ook in dit geval een groot deel van de bodemvoorraad afkomstig is uit bemesting in voorgaande jaren. Ook hier hangt de efficiëntie van opname uit de bodemvoorraad direct samen met de uitbating en stelt zich bij elke optimale opname een evenwichtsniveau van bemesting in waarbij de hoeveelheid fosfaat die jaarlijks aan de beschikbare bodemvoorraad wordt onttrokken door het gewas en door vrijwel onomkeerbare vastlegging, wordt ge-

compenseerd door wat overschiet van de jaarlijkse bemesting (Wolf e.a., 1987). Daarbij is de optimale opname van fosfaat evenredig aan die van stikstof omdat de optimale verhouding van beide elementen in het plantenweefsel aan vrij nauwe grenzen is gebonden. Bij optimale evenwichtsbemesting bestaat er nauwelijks ruimte voor substitutie tussen fosfaat en stikstof. Voor fosfaat gelden dus dezelfde conclusies als hierboven voor stikstof zijn geformuleerd, al is de dynamiek van de processen verschillend.

In Nederland worden veel gronden als stortplaats gebruikt voor overschotten van organische mest. Zij zijn deels zo verzadigd met fosfaat dat geen onomkeerbare vastlegging meer plaats vindt en overtollige fosfaat uitspoelt. Om erger te voorkomen, is het storten van organische mest wettelijk beperkt tot het niveau waarbij de hoeveelheid meekomende fosfaat beperkt is tot de hoeveelheid die door het gewas wordt onttrokken, maar met efficiëntie van bemesting heeft dit niets meer te maken.

Water

Verbetering van groeiomstandigheden leidt tot een aanmerkelijke verhoging van de efficiëntie van het waterverbruik als gevolg van een langere bedekking en een betere doorworteling van de grond. Er gaat dan veel minder water verloren door directe verdamping en drainage. In geval van geïrrigeerde rijst is de verdamping van een veld waarop helemaal geen gewas groeit, al dicht bij het potentiële niveau, zodat een groeiend gewas weinig meer water vraagt. Bij irrigatie in droge gebieden dient eerst een aanzienlijke drempelwaarde te worden overschreden voordat van enige opbrengst sprake is. De efficiëntie van het waterverbruik is dus eerst vrijwel nul, maar neemt dan toe met toenemende giften totdat het gewas optimaal is voorzien met water.

In meer humide gebieden is de watervoorziening als zodanig wel verzekerd, maar gaat het bij verbetering van groeiomstandigheden over verbetering van de water- en luchthuishouding gedurende de hele groeiperiode en over de hele akker. In vergelijking met verbetering van de stikstof- en mineralenvoorziening doet zich hierbij een belangrijk verschil voor. Stikstof en mineralen zijn vrij verkrijgbaar op de markt zodat hun prijzen onafhankelijk zijn van het bemestingsniveau dat wordt nagestreefd. Bij regulering van de waterhuishouding is dit anders. Des te dichter de situatie

wordt benaderd waarbij in tijd en ruimte geen tekorten of overmaten optreden, des te meer wordt de waterbeheersing een infrastructureel probleem waarvan de oplossing steeds kostbaarder wordt. De investeringen voor betere waterbeheersing worden dan een publieke zaak en des te minder de maatschappij bereid of in staat is die op te brengen, des te eerder komen de grenzen aan de groei van opbrengsten in zicht.

Bestrijdingsmiddelen

Hiervoor is gebleken dat bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden zowel bij lage als hoge opbrengsten gunstig werkt op de produktiviteit van stikstof. Maar hoe staat het met het effect van verbeterde groeiomstandigheden op het optreden van ziekten en plagen en het gebruik van bestrijdingsmiddelen? In geval van granen wordt het gewas meer gevoelig voor obligaat parasitische ziekten en plagen, zoals meeldauw, roesten en luizen. Dit vraagt ongetwijfeld een grotere inspanning bij de bestrijding, die dan veelal gepaard gaat met een grotere inzet van bestrijdingsmiddelen per eenheid van oppervlak. Gewassen zijn echter minder vatbaar voort niet-obligate parasitische ziekten en plagen, zoals fusaria, naarmate ze onder meer optimale omstandigheden worden verbouwd, zodat beheersing van deze ziekten juist minder inzet van bestrijdingsmiddelen per eenheid van oppervlak vraagt. Dit geldt ook voor nematoden.

Met betrekking tot onkruiden doet zich een zelfde soort tweedeling voor. Er zijn onkruiden die vrijwel dezelfde eisen stellen aan hun omgeving als het gewas. Zo komen in rijst onkruiden voor die zo op het gewas lijken dat ze zelfs bij het overplanten niet onderscheiden kunnen worden. Hiervan kan het concurrerend vermogen toenemen met toenemende vruchtbaarheid van de grond en dan in het bijzonder wanneer moderne rassen worden gebruikt. In Nederland is ook kleefkruid in granen meer concurrerend bij goede groeiomstandigheden. Het bestrijden van deze onkruiden vraagt dus meer inspanning per eenheid van oppervlak naarmate de groeiomstandigheden gunstiger zijn. Onder ongunstige omstandigheden zijn er altijd onkruiden die daaraan beter zijn aangepast dan het gewas en dus meer schade toebrengen naarmate de opbrengst lager is. De bestrijding van deze gelegenheidsonkruiden vraagt juist minder inspanning bij toenemende opbrengsten.

Aan de ene kant zijn er dus ziekten, plagen en onkruiden die minder bestrijding vragen per eenheid van oppervlak naarmate de groeiomstandigheden en de opbrengst beter worden en aan de andere kant zijn er die juist meer bestrijding vragen. In totaal genomen kent het gebruik van bestrijdingsmiddelen in kilogrammen actieve stof per hectare dus een aanzienlijke vaste-lastencomponenent. Het is dus aannemelijk dat, ondanks toenemende inzetten bij toenemende opbrengst, de efficiëntie van dit gebruik, gemeten in kilo's opbrengst per kilo actieve stof, toeneemt bij verbetering van groeiomstandigheden. Een vergelijking van statistische gegevens van vier gebieden in Europa wijst in elk geval niet op het tegendeel (Jansma en Van Keulen, 1992): ondanks het feit dat in de Flevopolder verreweg de meeste actieve stof per hectare wordt gebruikt, is daar de efficiëntie van gebruik het hoogst.

Proeven die erop gericht zijn hierover nader uitsluitsel te krijgen, zijn gecompliceerd en staan in elk geval niet hoog op de prioriteitenlijst. Dit komt omdat de afhankelijkheid van omgeving en gezondheid bedreigende bestrijdingsmiddelen zo groot en riskant wordt geacht dat vooral aandacht wordt geschonken aan het terugdringen van hun gebruik met behulp van geïntegreerde methoden.

Activiteiten

Naast produktiemiddelen die opbrengstverhogend en opbrengstbeschermend werken, zijn er activiteiten die een voorwaarde zijn om landbouw te bedrijven op welk niveau dan ook. Deze meer vaste activiteiten vragen vooral inzet van arbeid, kapitaal en energie en zijn ten dele gerelateerd aan de grootte van het oppervlak, maar ten dele ook aan de opbrengst. Voorbeelden van activiteiten die samenhangen met de grootte van het oppervlak, zijn ploegen, eggen en zaaien. Hun inzet per eenheid produkt is omgekeerd evenredig met de opbrengst. Voorbeelden van inzetten die meer evenredig zijn met de opbrengst per hectare, zijn het transport van het geoogste produkt, het drogen van graan en het sorteren van aardappelen. Oogstactiviteiten nemen een tussenpositie in. Te zamen genomen, neemt bij toenemende opbrengsten de inzet van deze activiteiten toe per eenheid van oppervlak, maar aanzienlijk af per eenheid van geoogst produkt.

Tussentijds bestek

In de landbouw lokt de ene stap van verbetering van groeiomstandigheden de andere uit in een heuristisch proces van methodische verbetering op basis van een beperkte kennis van de productiesystemen en van vallen en opstaan. Daarbij blijkt uit de voorgaande analyse dat de wet van Liebscher algemene geldigheid bezit en dicht tegen de wet van Mitscherlich aanleunt dan tegen die van Liebig. Dit heuristisch proces van verbetering vindt dus plaats in een omgeving waar schaalopbrengsten per eenheid van oppervlak volgens een uitgesproken S-vorm toenemen. Daarom kunnen over een aanzienlijk traject van opbrengsten manieren ter verbetering van groeiomstandigheden worden gevonden waarbij over het geheel van inzetten sprake is van toenemende marginale opbrengsten. En dit is altijd de moeite van het proberen waard. Daarbij dient men zich steeds af te vragen of elke hulpbron wel zo wordt ingezet dat de andere hulpbronnen zo goed mogelijk worden gebruikt: dit leidt tot een evenwichtige inzet van hulpbronnen.

Deze conclusie weerspiegelt het feit dat het bedrijven van landbouw des te moeilijker is naarmate zich meer onbekende en onbeheersbare verschijnselen voordoen, en dit is het geval wanneer meer hulpbronnen beperkt voorhanden zijn. Dit leidt niet alleen tot een lage produktie per hectare, maar tegelijkertijd tot een minder efficiënt gebruik van hulpbronnen. Bij verbetering van groeiomstandigheden zijn daarom toename van de produktie per hectare en toename van de produktiviteit van de hulpbronnen die worden ingezet, nauw aan elkaar gekoppeld.

Bij toenemende schaalopbrengsten is er sprake van een evenredige vergroting van alle inzetten, maar het gaat daarbij niet om een erg slimme manier van doen. Immers wanneer een pakket is samengesteld waarmee het maximum kan worden benaderd dat behoort bij de cultuurtechnische toestand van de akker, zullen bij toenemende inzet van dit pakket een groeiend aantal activiteiten en hulpbronnen een niveau bereiken waarboven zij nauwelijks meer bijdragen aan de stijging van de opbrengst, zodat efficiënter wordt geproduceerd bij aanpassing van het pakket. De vraag naar het verband tussen inzet en opbrengst kan beter worden omgedraaid: welke activiteiten en hulpbronnen zijn minimaal nodig om een be-

paalde opbrengst te handhaven en hoe verandert hun inzet bij verhoging van dit opbrengstdoel? Beantwoording van deze vraag heeft alleen zin wanneer er bij elk opbrengstniveau van een duurzame situatie sprake is. Dit houdt een stationaire toestand in waarbij zowel de beschikbare bodemvoorraad aan stikstof en mineralen als het niveau van aantasting met ziekten, plagen en onkruiden niet met de tijd veranderen. De substitutiemogelijkheden zijn dan veel geringer dan in gebruikelijke éénjarige multi-factoriële proeven, waarbij geen eisen van duurzaamheid worden gesteld.*)

Afgezien van de ontginningsinspanning zijn er activiteiten, zoals ploegen, eggen, zaaien en oogsten, die betrekkelijk weinig toenemen bij toenemende opbrengst. Dit geldt eveneens bij bemesting met micronutriënten, het gebruik van kalk om een goede zuurgraad te handhaven en de verdelingsinspanning. Uitgedrukt in termen van actieve stof per hectare, brengt ook het gebruik van bestrijdingsmiddelen een relatief hoge vaste last met zich mee, maar wanneer naar afzonderlijke problemen en middelen wordt gekeken, is het beeld wel gecompliceerder. Zonder bemesting boert de grond snel uit. De evenwichtsbemesting die nodig is om de voorziening met stikstof en mineralen op peil te houden, neemt toe met toenemende opbrengst, maar naar verhouding aanmerkelijk minder. Problemen gaan zich vooral voordoen bij het voldoen aan toenemende eisen die aan de water- en luchthuishouding worden gesteld en aan de uniformiteit van de groeiomstandigheden op de akker. Dit vereist vooral cultuurtechnische maatregelen en hierbij is vaak sprake van een meer dan evenredige stijging van inspanningen.

Economisch gezien neemt het aandeel van de vaste activiteiten in het totaal van kosten af bij toenemende opbrengst en behouden de meer variabele opbrengstverhogende activiteiten en hulpbronnen bij stijgende opbrengsten een grote marginale produktiviteit omdat de ene de werking van de andere versterkt. Dit betekent dat binnen een vrij brede marge hun inzet minder wordt bepaald door hun kosten en hun beloning minder afhangt van de mate van hun schaarste, zodat binnen een vrij brede marge prijsverhoudingen geen grote invloed hebben op hun optimale mix (Van Dijk en Verkaik, 1989; De Veer e.a., 1992). Er zijn wel substituties mogelijk maar dan niet zozeer op agro-

nomisch, maar op management-niveau. Zo kunnen vaste activiteiten niet worden gemist maar zijn ze uitvoerbaar met uiteenlopende verhoudingen tussen inzet van kapitaal en arbeid, zoals bij ploegen en spitten. Onkruidbestrijding is nodig maar het hangt van de prijsverhoudingen af of dit met meer mechanische en ecologische middelen gebeurt of met een groter gebruik van bestrijdingsmiddelen. En wanneer stikstof wordt belast, zal veel werk worden gemaakt van het beperken van verliezen, maar de opname die nodig is om een bepaald opbrengstdoel te bereiken, zal zich weinig wijzigen.

Het front van minimum-produktiekosten

Tot hertoe is het om een technische beschouwing gegaan waarbij prijzen nauwelijks een rol spelen. Dit is wel wat anders voor de boer, die erop uit is profijt te trekken van zijn werk zonder de continuïteit van zijn bedrijf in de waagschaal te stellen. In dit stadium van het betoog kan een meer systeem-analytische benadering die het hele traject van extensieve tot intensieve landbouwsystemen bestrijkt, verhelderend werken. Daartoe wordt gebruik gemaakt van de schematische voorstelling van het verband tussen opbrengst en kosten in figuur 5, die geïnspireerd is op werk van Holt (1987, 1988). Hier staat langs de horizontale as het produktiedoel uitgedrukt in guldens per hectare voor een gehele rotatie. Des te hoger het produktiedoel des te intensiever het landbouwsysteem. De curve in de grafiek is het front van minimum-produktiekosten. Dit front geeft de kosten aan in guldens per hectare die ten minste moeten worden gemaakt om een bepaald produktiedoel op duurzame wijze te bewerkstelligen: dit kan op duizend manieren slechter maar niet beter. Duurzaamheid op bedrijfsniveau houdt daarbij in elk geval in dat de beschikbare bodemvoorraden, het niveau van ziekten, plagen en onkruiden, en de hoeveelheid en aard van de kapitaalgoederen niet systematisch met de tijd veranderen. De opbrengst wordt dus gezien als de onafhankelijke variabele en de minimumkosten als de afhankelijke variabele. De S-vorm van het front weerspiegelt de uitkomst van voorgaande analyses dat bij toenemende opbrengst de produktiviteit van hulpbronnen eerst toeneemt, maar weer afneemt bij het naderen van de maximumopbrengst die kan worden bereikt. Bij deze voorstelling van zaken zijn alle

kosten - dus ook die van kapitaal en arbeid - variabel. De beloning van de grond bestaat uit een deel van de netto opbrengst die zich bij een bepaald produktiedoel kan voordoen, en kan verder buiten beschouwing worden gelaten. Wanneer het produktiedoel wordt gehaald, geeft de 45-gradenlijn in de grafiek de produktiewaarde aan. De netto opbrengst bij een bepaald produktiedoel is dan gelijk aan de afstand tussen de lijn voor de produktiewaarde en het front van minimumproduktiekosten. De vorm van het front van minimumkosten en zijn positie ten opzichte van de produktielijn hangt af van de prijsverhoudingen en met verandering van produktiedoel wijzigen zich ook het landbouwsysteem en de rotatie. Om de beschouwing in dit stadium niet node-loos ingewikkeld te maken, wordt verondersteld dat over het hele traject van produktiedoelen de prijzen gelijk zijn, ook die van arbeid. Dit kan worden be-

reikt door de bedrijfsgrootte aan te passen.

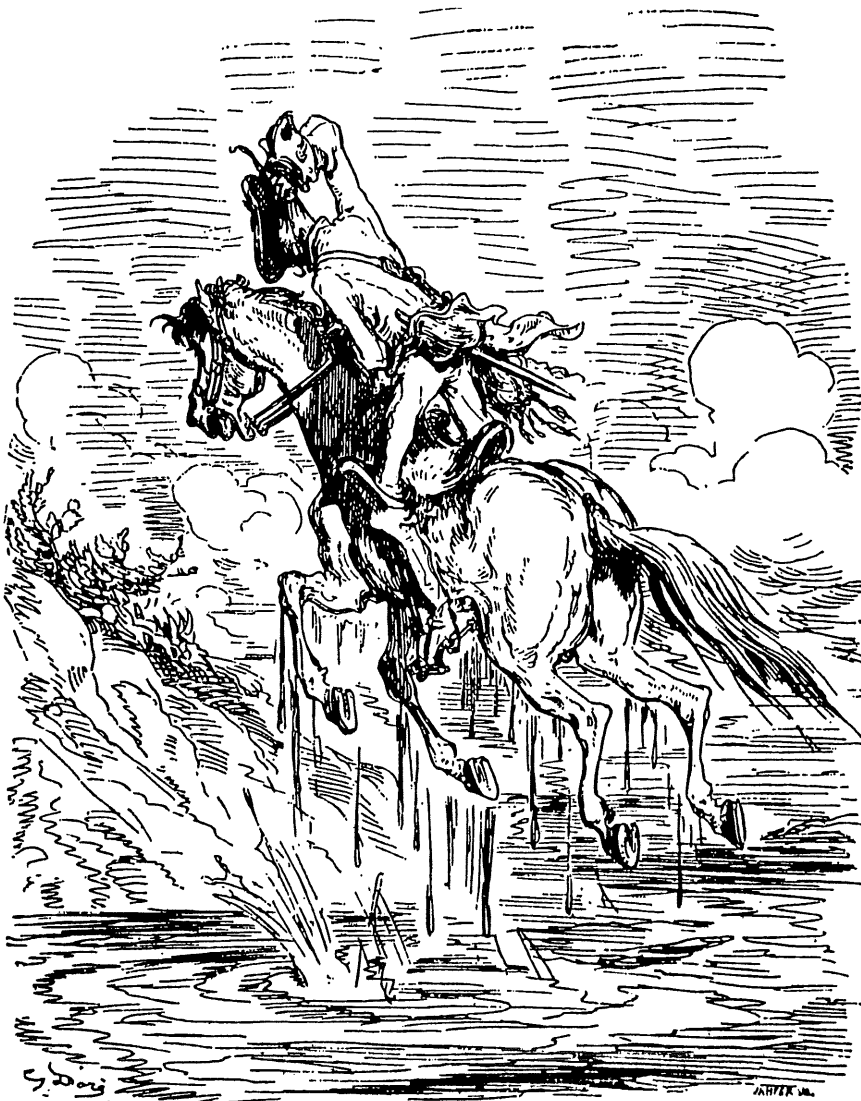
Er kunnen nu drie karakteristieke punten worden onderscheiden. Het punt van laagste kosten per eenheid produkt is het raakpunt van een lijn door de oorsprong en het front van minimumkosten. Dit is ook het punt van de hoogste produktiviteit per ingezette gulden. Het punt waar de stijging van opbrengsten gelijk is aan de stijging van kosten, wordt gegeven door het raakpunt van het front van minimumkosten en een lijn evenwijdig aan de lijn voor de produktiewaarde. Hier is de netto opbrengst maximaal. Wanneer er, zoals in dit voorbeeld, een traject is waar landbouw met voordeel kan worden bedreven, ligt het punt van hoogste netto opbrengst altijd bij hogere opbrengsten dan het punt waar de produktiviteit het grootst is. Tenslotte is er het snijpunt van de produktielijn met het front van minimumproduktiekosten. Dit geeft de opbrengst

aan waar beneden geen rendabele produktie meer mogelijk is. De grondrente is dan nul.

Elke verschuiving van het punt van maximale netto opbrengst naar het punt van hoogste produktiviteit gaat ten koste van de netto opbrengst. In geïntegreerde landbouwsystemen wordt niet meer gestreefd naar een maximale netto opbrengst, maar naar een produktie met een minimumgebruik van hulpbronnen per eenheid produkt. Er wordt wel gezegd dat dit ook leidt tot een verhoging van de netto opbrengst. Dit kan echter alleen zo zijn als geïntegreerde landbouwsystemen dichter tegen hun optimum aan zouden functioneren dan gangbare systemen tegen het hunne doen, maar daarvoor is geen reden aan te geven.

Bij ecologische landbouw wordt gestreefd naar een nog beperkter gebruik van hulpbronnen om de nadelige effecten van de landbouw op de omgeving zoveel mogelijk te vermijden en de akker in een zo natuurlijk mogelijke staat te laten. Wanneer daarbij bepaalde produktiemiddelen, zoals kunstmest en bestrijdingsmiddelen, zwaar worden belast of helemaal in de ban worden gedaan, verschuift het front van minimumproduktiekosten in de grafiek van figuur 5 ook nog eens naar hogere kosten en lagere maximumopbrengsten. Er moet dan wel worden bedacht dat naarmate strakkere eisen aan het gebruik van externe hulpbronnen worden gesteld, dit niet alleen hogere kosten maar ook de inzet van meer grond en meer hulpbronnen per eenheid produkt met zich meebrengt. Wanneer het om de hoogste produktiviteit van hulpbronnen zou gaan, wordt zo het paard dus achter de wagen gespannen.

Daling van de opbrengstprijzen van landbouwprodukten bij overigens gelijkblijvende prijsverhoudingen kan in figuur 5 worden weergegeven door een kleiner wordende helling van de lijn voor de produktiewaarde. Langs de horizontale as staat dan niet meer het produktiedoel in lopende prijzen maar in prijzen van een basisjaar. Bij een dergelijke daling van de produktiewaarde schuift het punt van marginalisering omhoog en het punt van maximale netto opbrengsten omlaag langs het front van minimumproduktiekosten. Het punt van de hoogste produktiviteit is echter onafhankelijk van het prijsniveau van de



*Zo kwam de legendarische Baron von Münchhausen eruit ...
(gravure van Gustave Doré)*

landbouwproducten en blijft dus op dezelfde plaats liggen. Bij voortgaande prijsverlaging wordt een situatie bereikt waarbij de drie punten samenvallen. Wanneer er tijd van leven is, worden alle bedrijven hier op een hoop gedreven. Als de opbrengstprijzen dan nog verder dalen, wordt het uitoefenen van de landbouw onrendabel. Het punt van hoogste produktiviteit kan dus gevoegelijk ook het 'verdwijnpunt van de landbouw' worden genoemd. Strategisch landbouwkundig onderzoek dat gericht is op het voortbestaan van de landbouw in een bepaalde streek, valt dus samen met onderzoek dat mikt op verlaging van de inzet van hulpbronnen per eenheid produkt. Het dient zich te richten op verbeteringen in produktieverhoudingen rond het punt van hoogste produktiviteit en zich daarbij steeds af te vragen of elke hulpbron wel zo wordt ingezet dat de mogelijkheden van andere hulpbronnen die ter beschikking staan, goed worden benut. Wanneer men dan ook nog heffingen legt op hulpbronnen waarvan men het gebruik wil terugdringen – zoals stikstof en meer schadelijke bestrijdingsmiddelen – gaat onderzoek naar geïntegreerde landbouw het helemaal maken.

Enkele gevolgen voor maatschappij en landbouw

Ontwikkelingen in de Europese Gemeenschap

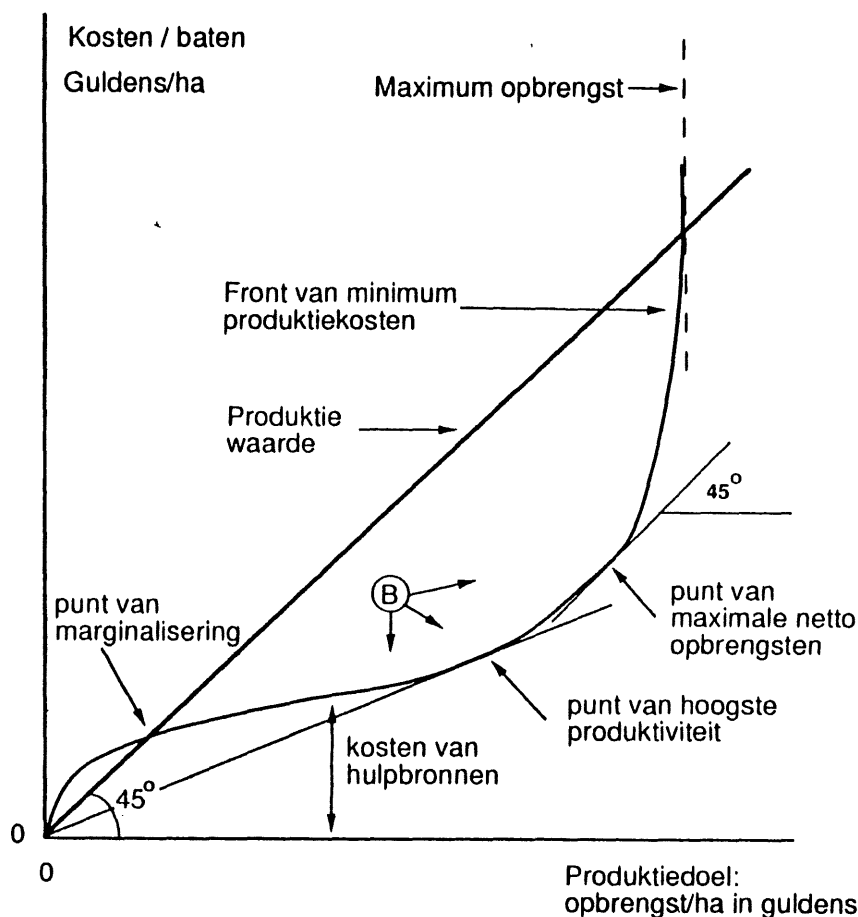
Uit landbouwecologische verkenningen blijkt dat in verreweg het grootste deel van de Europese Gemeenschap een aanzienlijke kloof bestaat tussen huidige opbrengsten en opbrengsten die kunnen worden bereikt bij de bestaande cultuurtechnische toestanden, en dat een productie op het huidige niveau mogelijk is met een aanmerkelijk efficiënter gebruik van hulpbronnen, in het bijzonder van arbeid (WRR, 1992). Blijkbaar zijn de technische mogelijkheden vooruitgehoed op hun realisatie. Bedrijven zijn dus niet geclusterd rond het produktiedoel met maximale netto opbrengst in figuur 5, maar in een lager opbrengsttraject ergens boven het front van minimumkosten, maar hopelijk wel beneden de lijn voor de bruto produktiewaarde, zoals bijvoorbeeld bedrijf B. Veel oorzaken kunnen hiervoor worden aangegeven, zoals gebrekkige kennis van de produktiesituatie, weerstand tegen verandering van bedrijfssysteem, gebrekkig functioneren van de handel in voor de streek ongebruikelijke pro-

duktiemiddelen en produkten en daarboven vooral de tijd die nodig is om wat nieuws te leren.

Gegeven deze kloof en de technische mogelijkheden die er zijn om zowel de produktiviteit van grond als die van hulpbronnen te vergroten, is het in regio's van de Europese Gemeenschap waar het bedrijven van landbouw een

gezien zo weinig verschilt, ondanks grote verschillen in bedrijfssystemen en opbrengstniveaus. (Zie Meester en Strijker (1985) voor statistische gegevens.)

Een doorlopende stijging van het produktievolumen zonder veel toename van de vraag heeft een prijsdrukkende werking, zelfs binnen de Europese



Figuur 5: Het front van minimumproduktiekosten in afhankelijkheid van het produktiviteitsdoel van landbouwsystemen.

economisch aantrekkelijke bezigheid is, voor de boer aantrekkelijk zijn opbrengstdoel hoger te stellen. De snelheid waarmee opbrengststijgingen zich daarbij doorzetten, wordt dan niet zozeer bepaald door prijsverhoudingen maar door een heuristisch proces van verbetering van groeiomstandigheden, dat voorlopig nog wordt gevoed door publieke en private activiteiten van onderzoek en voorlichting. Dit proces heeft ook in het verleden veel groeiomstandigheden beheerst, een feit dat zou kunnen verklaren waarom de absolute stijging van de opbrengsten in veel regio's van de Gemeenschap en in de tijd

Gemeenschap. Gegeven de grote autonomie van het proces van opbrengstverhoging, kan worden gesteld dat, ondanks een strakker wordende prijsklem, zich een tweedeling doorzet waarbij enerzijds de hectareopbrengsten blijven stijgen in beter bedeelde gebieden van Europa waar landbouw een economisch aantrekkelijke bezigheid blijft, en anderzijds aanpassing van het produktievolumen plaats vindt door marginalisering van slechter bedeelde gebieden. Goed en slecht bedeelde gebieden onderscheiden zich hierbij door de ligging van het front van minimumproduktiekosten: in minder bedeelde

gebieden is het maximum lager en zijn de minimumkosten hoger. Het verdwijnpunt van de landbouw (zie vorige paragraaf) bij dalende opbrengstprijzen wordt dus eerder bereikt naarmate de gebieden slechter bedeed zijn. Na een paar jaar interen en uitboeren wordt het land aan zijn lot overgelaten of op zijn hoogst gebruikt voor extensieve graasveehouderij. Omdat bij prijsverlaging het verdwijnpunt van de landbouw samenvalt met het punt van hoogste produktiviteit, gebeurt het uit produktie nemen niet via geleidelijke extensivering. Er is in feite alleen de keuze tussen verder voortgaan op de ingeslagen weg of radicaal stoppen (De Veer e.a., 1992). Bij bedrijven die functioneren op hun economisch optimum, leidt een daling van de prijzen van landbouwprodukten per definitie tot een daling van de opbrengsten. Op grond hiervan zou kunnen worden gesteld dat bij dalende prijzen de opbrengsten over de hele linie van goed tot slecht bedeelde gebieden gaan dalen en dat de soep van de tweedeling minder heet wordt gegeten dan hij hier is opgediend. Deze redenering is gebaseerd op de veronderstelling dat landbouwbedrijven functioneren rond het punt van maximale netto opbrengsten in figuur 5, maar dit moet dan wel worden bewezen.

Natuurlijk is er geen twijfel dat de boer optimaliserend gedrag vertoont, maar vanwege beperkte kennis van de produktieprocessen gebeurt dit in een heuristisch proces, op onderdelen en binnen beperkte domeinen. En dan ook nog met verschillende doeleinden. Zij kan zich daarbij, zoals boer B in figuur 5, richten op een verlaging van produktiekosten bij handhaving van produktiedoel, op het punt van maximale netto opbrengsten of, anticiperend op prijsverlaging, op het punt van hoogste produktiviteit. Vaak zal zij het ene doen zonder het andere te laten. Bij verlaging van prijzen het produktiedoel naar beneden bijstellen is altijd contra-optimaal: dan wordt de ondergang tegemoet gelopen.

Technisch gezien, is er in veel gevallen nog zoveel ruimte voor verhoging van produktiviteit van zowel grond als hulpbronnen dat het er binnen ruime marges weinig toe doet of het punt maximale netto opbrengst in figuur 5 door prijsverlaging naar beneden verschuift. Het probleem waar de boer voor staat, is niet een optimale wijze van produktie te handhaven onder zich wijzigende omstandigheden, maar aldoende de afstand te verkleinen tussen wat zij ener-

zijds doet en anderzijds als beter ervaart. Er bestaat zo een wezenlijk verschil tussen optimaal functioneren en optimaal produceren. Het niet maken van dit onderscheid verwijst de boer naar het strafbankje en dit is even onredelijk als te beweren dat een bergbeklimmer haar sport niet verstaat omdat zij pas halverwege de top is.

Het proces van differentiatie tussen goed en slecht bedeelde streken bij verbetering van de produktiemogelijkheden deed zich in Europa ook voor rond 1400 en 1700 (Van der Woude, 1992) en is in deze eeuw al langer aan de gang in de Verenigde Staten. Wat zich in de Europese Gemeenschap en de Verenigde Staten voordoet, zal zich ook op wereldschaal voordoen bij internationalisering van wereldmarkten: stijgende hectareopbrengsten in beter bedeelde gebieden van de wereld en een stagnerende of verdwijnende landbouw in slecht bedeelde gebieden waar de landbouw geen comparatieve voordelen heeft.

Er zijn goede geopolitieke redenen om voedsel vooral daar te verbouwen waar de monden zijn, goede rechtvaardigheidsgronden om boeren in marginale gebieden te helpen het hoofd boven water te houden en goede ecologische redenen om landbouwkundige vormen van landgebruik te handhaven in marginale gebieden. Dat zal echter veel van de politiek vergen omdat het bereiken van dit alles niet alleen nationale en internationale solidariteit vraagt, maar ook leidt tot een minder efficiënt gebruik van vaak schaarse hulpbronnen en grond onnodig blootstelt aan de risico's van landbouwkundig gebruik.

Vervuiling om en op de akker

Ook het tegengaan van vervuiling is gediend met een efficiënt gebruik van hulpbronnen door middel van het concentreren van de landbouw in daarvoor geschikte streken. Ofschoon de produktiviteit van hulpbronnen dan toeneemt, kan het toenemende gebruik van vervuilende hulpbronnen op een klein oppervlak leiden tot een situatie waarbij de hiervoor gestelde omgevingsstandaarden worden overschreden. Bovendien maakt een dergelijke concentratie het onmogelijk de gevolgen van vervuiling te verkleinen door spreiding over een groter oppervlak. Waarschijnlijk zullen de grenzen die aan externe vervuiling door de landbouw worden gesteld, zo strak worden dat de landbouw zich minder zal concentreren dan uit het oogpunt van zuinig

gebruik van hulpbronnen optimaal is. Hoe ver men hiermee wil gaan, is een politieke keuze waarbij het niet gaat om het afwegen van tegenstrijdige belangen van landbouw en milieu, maar om het afwegen van tegenstrijdige milieudoelstellingen, zoals ook uit het rapport *Grond voor keuzen* van de WRR blijkt. Optimale groeiomstandigheden zijn verschillend voor verschillende gewassen. Hierom en om te profiteren van mogelijkheden tot specialisatie, zijn gewasrotaties versmald tot bijvoorbeeld alleen granen en aardappelen of bieten of zelfs alleen granen. In samenhang met zware mechanisatie kan een dergelijke specialisatie op den duur grote problemen veroorzaken. Gronden blijven te lang onbedekt en aan weer en wind blootgesteld, waardoor de structuur achteruitgaat, wind- en watererosie optreden en stikstofuitspoeling plaats vindt. De weinige overgebleven gewassen staan dan bovendien onder grotere druk van ziekten en plagen en moeilijk te bestrijden onkruiden. Op deze wijze leidt optimalisering van groeiomstandigheden voor gewassen in nauwe rotaties tot situaties waar de produktiviteit van hulpbronnen achteruitloopt. Zorg op langere termijn voor het produktieve vermogen van de grond is de reden dat zoveel onderzoek is gericht op het vervuilen van rotaties, het ontwikkelen van grondbewerkingsmethoden en machines die de structuur van de grond intact laten, en het invoeren van gewassen en gewascombinaties die de grond gedurende een langere tijd van het jaar bedekken. Het scherper stellen van eisen aan duurzaamheid heeft zo tengevolge dat het front van minimumproduktiekosten in figuur 5 naar boven verschuift.

Tenslotte

Er wordt wel gezegd dat zich een paradigmatische tegenstelling heeft ontwikkeld in de wijze waarop economen die opgegroeid zijn met algemene evenwichtstheorieën, en produktie-ecologen tegen de ontwikkelingen in de landbouw aankijken. De hamvraag is dan of de Europese boer zich in een economische evenwichtssituatie bevindt, waar volgens het boekje wordt gereageerd op prijsprikkels, of zich in een dilemma bevindt waarbij alleen nog de keuze bestaat tussen doorgaan op de eenmaal ingeslagen weg of radicaal stoppen. Deze analyse laat zien dat niet zozeer van paradigmatische verschillen sprake is, maar van vloeiende overgangen. Zo wordt het bestaan van toene-

mende marginale schaalopbrengsten per hectare onderschreven door zowel economen als productie-ecologen, maar de laatsten menen te hebben aangetoond dat deze zich over een aanzienlijk groter opbrengsttraject uitstrekken dan economen over het algemeen aannemen. Economen weten ook wel dat er aanzienlijke mogelijkheden tot produktieverhoging bestaan, maar vinden deze niet van grote relevantie voor het gedrag van de boer en voor het beleid. Productie-ecologen ontkennen niet dat er in de landbouw wordt geoptimaliseerd, maar vinden dat onderscheid moet worden gemaakt tussen optimaal functioneren en optimaal produceren. Zo komen uit het voorgaande meer verschillen naar voren. Nu kan men zeggen dat de waarheid wel ergens in het midden zal liggen, maar deze gemakkelijke uitweg miskent zowel het belang van de verschillen als de mogelijkheden om tot overeenstemming te komen. Een gezamenlijke onderneming, zoals het kwantificeren van het front van minimumproduktiekosten (figuur 5) voor enkele landbouwgebieden, zou daarbij goed kunnen helpen.

*) De uitkomsten van dergelijke experimenten worden veelal beschreven volgens de produktiefunctie

$$Y = (X_1, X_2, \dots, X_n)$$

waarin Y een homogene output (veelal de opbrengst) en X_1 tot X_n homogene inputs voorstellen. Deze produktiefunctie wordt in het definitiegebied tweemaal differentieerbaar verondersteld. Deze aannamen vergemakkelijken de mathematische bewerkingen waarmee onder meer de grootte van de maximale netto opbrengst en de inputs die daarvoor nodig zijn, worden afgeleid in afhankelijkheid van prijzen.

Een voorbeeld waarmee de resultaten van een éénjarige proef worden beschreven (Dillon en Anderson, 1990), is de volgende vergelijking:

$$Y = 18,85 + 7,59.N + 2,47.P - 0,656.N^2 - 0,398.P^2 + 0,211.N.P$$

In deze vergelijking zijn fosfaat (P) en stikstof (N) ten dele substituëerbaar omdat een zelfde opbrengstverhoging kan worden bereikt door hetzij met P, hetzij met N te bemesten.

Wanneer alleen met fosfaat (P) wordt bemest, neemt over een aanzienlijk traject de opbrengst (Y) toe. Tezelfdertijd neemt echter de stikstofvoorraad in de grond af door vergrote opname in het geoogste materiaal. Wanneer alleen met stikstof (N) wordt bemest, neemt de beschikbare fosfaatvoorraad in de grond af. Er verandert nog wel meer, maar deze twee constatering tonen al aan dat er sprake is van één homogene output (de opbrengst), en daarenboven van minstens één inhomogene output (de verande-

ring in bodemvruchtbaarheid). Produktiefuncties die afgeleid zijn uit resultaten van éénjarige multi-factoriële proeven, voldoen dus niet aan de hiervoor gegeven definitie van vorm, zodat de op deze definitie gebaseerde mathematische bewerkingen niet toelaatbaar zijn.

Wanneer de alleszins redelijke eis van duurzaamheid wordt gesteld, is er nauwelijks produktie mogelijk zonder bemesting en brengt een bepaalde bemesting met P een bepaalde bemesting met N met zich mee, en omgekeerd. De produktiefuncties nemen dan vormen aan waarbij van substitutie nauwelijks sprake meer is.

Aangehaalde literatuur

- Dijk, G. van, en A.P. Verkaik (1989), „Resource allocation for animal health research”, *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, 37, pp. 301-310.
- Holt, D. (1987), *Agricultural production systems research. Proceedings and minutes of the 36th annual meeting of the Agricultural Research Institutes* (Rockville Pike, Bethesda), Oct 7-9, Washington
- Holt D. (1988), „Agricultural production systems research”, *National Forum*, 68 (3), pp. 14-18.
- Jansma, E., en H. van Keulen (1992), „Gewasbescherming nu en in de toekomst”, *Spil*, No. 3, pp. 29-35.
- Keulen, H. van (1982), „Graphical analyses of annual crop response to fertilizer application”, *Agricultural Systems*, 9, pp. 113-126.
- Keulen, H. van, en J. Wolf (1985), *Modelling of agricultural production, weather and crops. Simulation monographs* (Wageningen, Pudoc).
- Liebig, J. von (1855), *Die Grundsätze der Agricultur-Chemie mit Rücksicht auf die in England angestellten Untersuchungen* (Braunschweig).
- Liebscher, G. (1895), „Untersuchungen über die Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden und Kulturpflanzen”, *Journal für Landwirtschaft*, 43, p. 49.
- Meester, G., en D. Strijker (1985), *Het Europese landbouwbeleid voorbij de scheidslijn van zelfvoorziening. WRR Voorstudies en achtergronden V46* ('s-Gravenhage, Staatsuitgeverij).
- Mitscherlich, E.A. (1924), *Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens* (Berlin, Paul Parey).
- Paauw, F. van der (1938), „Over de samenhang tussen groeifactoren en opbrengst, en de principes die dit verband bepalen”, *Landbouwkundig Tijdschrift*, 50, pp. 1-36.
- Veer, J. de, S.L. Mansholt, G. van Dijk en C.P. Veerman (1992), „Naar een vaste grondslag in het Europese landbouwbeleid”, *Spil*, no. 3, pp. 18-22.
- Wit, C.T. de (1953), „A physical theory on placement of fertilizers”, *Verslagen en Mededelingen van Landbouwkundig Onderzoek*, 59.4.

Wit, C.T. de, H. Huisman en R. Rabbinge (1987), „Agriculture and its environment: are their other ways?”, *Agricultural Systems*, 23, pp. 211-236.

Wit, C.T. de (1992), „Resource use efficiency in agriculture”, *Agricultural Systems*, 40, pp. 125-151.

Wolf, J., C.T. de Wit, B.H. Jansen and D.J. Lathwell (1987), „Modeling long-term crop response to fertilizer phosphorus. I The model”, *Agronomy Journal*, 79, pp. 445-451.

Wolf, J., C.T. de Wit en H. van Keulen (1989), „Modeling long-term crop response to fertilizer and soil nitrogen. I Model description and application”, *Plant and Soil*, 120, pp. 11-22.

Woude, A.M. van der (1992), „The Future of West European Agriculture: An Exercise in Applied History”, *Review*, 15, pp. 243-256.

WRR (1992), *Grond voor keuzen*, Rapport aan de Regering 42 ('s-Gravenhage, SDU).

Professor dr.ir. C.T. de Wit was verbonden aan de Vakgroep Theoretische Produktie-Ecologie van de Landbouwuniversiteit Wageningen.

Bij het ontwikkelen van de gedachten-gang in dit artikel heeft hij geprofiteerd van opbouwende kritiek van dr. A.J. Oskam, dr. F. Veeneklaas en dr. J. de Veer en van medewerkers van het Centrum voor Agro-Biologisch Onderzoek (CABO-DLO) en van de Vakgroep Theoretische Produktie-Ecologie van de Landbouwuniversiteit. Hij is echter van mening dat er ongetwijfeld nog ruimte is voor méér.

