

SEPARAAT
No. 21208

Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep

TH. J. FERRARI,
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

63 007 v

BIBLIOTHEEK
INSTITUUT VOOR
BODEMYRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

Overdruk uit het Landbouwkundig Tijdschrift
72ste jaargang no. 19, november 1960

Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep

TH. J. FERRARI,

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

Het dikwijls gemaakte onderscheid van specialistisch en fundamenteel onderzoek tegenover statistisch en correlatief onderzoek wordt afgewezen en vervangen door dat van proeven met en zonder ingreep. De bruikbaarheid, eigenschappen en toepassingsmogelijkheden worden met elkaar vergeleken. Het blijkt, dat zowel de proef met als die zonder ingreep onze wetenschappelijke kennis vermeerderen kunnen. De twee werkwijzen hebben voor- en nadelen; de keuze tussen beide wordt bepaald door de aard van het te onderzoeken probleem.

INLEIDING

Het sterk scheikundige, natuurkundige en biologische karakter van het bodemvruchtbaarheidsonderzoek is er ongetwijfeld de oorzaak van geweest, dat de in deze wetenschappen gebruikelijke proeftechnische methode ook bij dit onderzoek vrijwel algemeen wordt toegepast. De vraag is of dit de enig juiste werkwijze is. Men kan zich de vraag stellen of in andere wetenschappen gebruikte methoden ook niet van betekenis voor de oplossing van bodemvruchtbaarheidsvraagstukken zijn of kunnen zijn.

In de gestelde vraag wordt wel eens een tegenstelling gezien tussen specialistisch en fundamenteel enerzijds tegenover statistisch en correlatief onderzoek aan de andere kant. Dit is o.i. onjuist. Er kan van een tegenstelling geen sprake zijn, omdat elke onderzoeker in de biologische wetenschappen gebruik moet maken en ook maakt van de wiskundige statistiek, al was het alleen maar door gemiddelden te vergelijken. De genoemde tegenstelling is een fraai voorbeeld

van „onzindelijk denken”, omdat hierbij niet-vaststaande begrippen met elkaar vergeleken worden. Overigens zijn wij van mening, dat er ook in het gebruik van de statistiek verschillen bestaan maar deze verschillen worden in hun wezen niet door de tegenstelling fundamenteel tegenover statistisch onderzoek uitgedrukt.

Vooruitlopende op wat later zal worden besproken, stellen wij, dat het verschil ligt in een toepassing van *proeven met ingreep* (ceteris-paribus-principe) en die van *proeven zonder ingreep*¹. Hierdoor krijgt men een tegenstelling, waarbij de scheidingslijnen anders liggen. In de eerste soort proeven varieert men kunstmatig een of meer factoren en gaat men de hierdoor ontstane verandering bij een andere factor na; de invloed van alle andere factoren wordt zoveel

¹ Deze termen zijn te vergelijken met de hier en daar in de angelsaksische literatuur over statistische onderwerpen gebruikte uitdrukkingen controlled en uncontrolled experiments.

mogelijk geëlimineerd. In de tweede soort proeven gaat men uit van de variatie die in de natuur aanwezig is zonder gebruik te maken van een kunstmatige verandering. In het bodemvruchtbaarheidsonderzoek bijv. worden gegevens van proefplekken op verschillende percelen verzameld. Vervolgens worden de bodemvruchtbaarheidsfactoren met de verkregen opbrengsten in verband gebracht. Daar de factoren met elkaar gecorreleerd zijn, is het grote probleem hierbij de aanwijzing van de afzonderlijke invloeden.

Het onderzoek met behulp van proeven met ingreep wordt nogal eens hoger gewaardeerd. De proef zonder ingreep zou hoogstens tendenties kunnen aangeven, en geen bijdrage tot vergroting van onze wetenschappelijke kennis leveren. Het is onze bedoeling de betekenis van deze stellingen te analyseren. Hiertoe is nodig allereerst in het kort te beschrijven wat onderzoek eigenlijk beoogt en wat de betekenis van een proef hierbij is om te laten zien hoe betrekkelijk de vooruitgang in onze wetenschappelijke kennis is. Vervolgens zullen eigenschappen en voor- en nadelen van de twee proeftechnische methoden vergeleken worden.

VOORTGANG VAN HET WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

Wij nemen als uitgangspunt van ons betoog het proces waarmee het wetenschappelijk denken vooruitgang boekt, zoals door Schouten op de tuinbouwdagen 1959 besproken. Men begint — de natuurwetenschappen zijn nu eenmaal ervaringswetenschappen — met de waarneming en eindigt weer

met de waarneming via de denkprocessen inductie en deductie. Dit is een kringloop van essentieel belang bij het natuurwetenschappelijk onderzoek. Uit de waarnemingen al of niet met proeven verkregen, vormt de onderzoeker zich een beeld van de werkelijkheid met behulp van een empirische regel, waaruit via een inductie een hypothese of theorie wordt opgesteld. Deze geven vervolgens via deductie een mogelijkheid tot het stellen van nieuwe vragen aan de natuur enz. Overigens bedenke men, dat het een schema is en dat het proces in werkelijkheid niet zo rechtlijnig verloopt.

Wij wijzen verder op een belangrijk punt. Nemen wij aan dat de regels van deductie en inductie goed zijn toegepast, dan hangt de waarde van de conclusie van de waarde van premissen en waarnemingen af. Men is zich vaak deze beperkingen niet bewust. Nemen wij als voorbeeld de inductie.

Men kan slechts van een „wetenschappelijke” inductie spreken, wanneer op grond van een waargenomen noodzakelijkheidskarakter een abstract-algemeen geldende gevolgtrekking gemaakt kan worden, waarbij iets noodzakelijk is, dat niet-niet-zijn kan en niet anders zijn kan. De beoordeling van deze noodzakelijkheid vindt plaats met behulp van 3 normen, die ook de basis voor de later te bespreken proef vormen. Het is theoretisch mogelijk, dat slechts één waarneming voldoende is om deze in plaats van „wetenschappelijk” ook wel „onvolledig” genoemde inductie toe te passen. De beoordeling is overigens *relatief* en geldt alleen voor het gebied

dat onderzocht is. De conclusie blijft daarom altijd open voor revisie. Praktisch bereikt men het stadium van de „wetenschappelijke” inductie moeilijk en blijft men dikwijls staan bij een zgn. „volledige” inductie of een „door analogie volledig gemaakte” inductie. De onderzoeker loopt steeds het gevaar in de veronderstelling te verkeren een wetenschappelijke inductie toe te passen, terwijl de inductie in werkelijkheid slechts een volledige of door analogie volledig gemaakte inductie is.

In de volledige inductie geeft men een collectief-algemeen oordeel, gebaseerd op waarnemingen bij alle onderzochte gevallen, over een bepaalde eigenschap of samenhang zonder tot het noodzakelijke door te dringen. In het tweede geval geeft men slechts een opsomming betreffende een gedeelte van alle gevallen, waarna dit collectief-algemeen oordeel ook op alle niet-waargenomen gevallen wordt toegepast. Toen Kepler uit de waarnemingen dat de baan van Mars een ellips was, concludeerde dat de banen van alle planeten om de zon ellipsen waren, paste hij een door analogie volledig gemaakte inductie toe. Dergelijke collectieve gevolgtrekkingen verkregen met inductie, worden in de natuurwetenschappen vaak als premissen in een deductie gebruikt; de oordelen betreffen alleen enkele individuele gevallen en zijn niet abstract-algemeen. De onderzoeker loopt hierbij het gevaar dat extrapolatie niet geoorloofd is. De extrapolatie brengt met zich mee, dat de conclusie alleen een zekere waarschijnlijkheid bezit. Ondanks deze beperkingen hebben deze inducties toch een grote betekenis

voor het wetenschappelijk onderzoek omdat zij 1. de waarnemingen ordenen en classificeren, 2. regels voor het verschijnsel formuleren en 3. dienstig zijn voor de hypothetische uitbreiding van kennis en wetenschap, nl. door de verwachting dat iets wat regelmatig voorkomt, ook waarschijnlijk een noodzakelijk karakter heeft.

Men ziet hieruit, dat de inductie een belangrijke schakel in de kringloop van het onderzoek is. Zij is in de natuurwetenschappen het belangrijkste denkproces. Het is verder duidelijk, dat de abstractie een belangrijk maar ook moeilijk uit te voeren proces is. Wij hebben reeds medegedeeld dat een echt wetenschappelijke inductie pas wordt bereikt, indien noodzakelijke oordelen als uitgangspunt kunnen worden genomen. Deze noodzakelijkheid is alleen te verkrijgen uit inzicht en uit de gegevens die de natuur ons verstrekt. De onderzoeker is meestal door het grote aantal met elkaar samenhangende gegevens niet in staat direct het noodzakelijke element te abstraheren. Hij moet op de een of andere wijze het noodzakelijke van het niet-wezenlijke, van het toevallige weten te schiften. Hoe bereikt men deze abstractie in de natuurwetenschappen? Wij moeten de verschijnselen op allerlei manieren „op de proef” stellen. Dit gebeurt met de *proef*.

DE PROEF

Men kan drie soorten proeven onderscheiden, die op 3 door de logica geformuleerde principes zijn gebaseerd: 1. als de oorzaak aanwezig is, moet het effect met noodzakelijkheid volgen (*proef*), 2. als de oorzaak afwezig

is, moet het effect met noodzakelijkheid afwezig zijn (*tegenproef*) en 3. als de oorzaak varieert, moet het effect met noodzakelijkheid variëren (*variatieproef*). Een mooi voorbeeld van deze proeven geeft het bekende onderzoek van Pasteur over het bewijs, dat een voedingsoplossing door uit de lucht afkomstige bacteriën bedorven wordt. Hij deed dit door een gesteriliseerde voedingsoplossing aan de lucht bloot te stellen (proef), door lucht binnen te laten via een gloeiende platinadraad en via watten (tegenproef) en door lucht van verschillende herkomst en hoogte te nemen (variatieproef).

De proef is dus een belangrijke schakel in het onderzoek. Deze dient om het noodzakelijke van het toevallige te schiften. Voor een juiste schifting is nodig dat de proef volgens de genoemde beginselen wordt opgebouwd. De vraag is of het ook mogelijk is een abstracte schifting te verkrijgen zonder in de natuur in te grijpen. De voorstanders van de proef met ingreep stellen immers, dat dit niet mogelijk zou zijn. Wij stellen dat uit niets blijkt dat een abstracte schifting in een proef zonder ingreep niet te bereiken is. Allereerst is dit logisch niet te bewijzen. Vervolgens leert de ervaring, dat het heel goed mogelijk is zonder ingreep een abstracte schifting te verkrijgen. De resultaten in de sterrekunde verkregen zijn hiervoor het duidelijkste bewijs. In dit verband is het opmerkelijk, dat het lanceren van aard- en maan-satellieten, de eerste proef met ingreep in de sterrekunde, niet expliciet als proef naar voren gebracht wordt.

Deze opvatting wordt door anderen

gedeeld. Schouten maakt in zijn reeds eerder genoemde lezing geen tegenstelling tussen proeven met en zonder ingreep. Beysens schrijft in zijn boek *Logica*: „Als eerste eis voor ieder eigenlijk gezegde proefneming stelt men dikwerf, dat de proefnemer zelf de te onderzoeken verschijnselen kunne te voorschijn roepen en over de variatie zelf kunne beschikken. Mijn inziens, ten onrechte. Zeker is dit in den regel wel zo, en altijd is dit wel waar voor laboratoriumproeven. Maar noodzakelijk is het niet in dien zin, dat een strikt wetenschappelijke inductie door proefneming zonder dat onbestaanbaar zou wezen. Het natuurlijk verloop der verschijnselen kan in het groot hetzelfde doen, wat wij in onze proefneming verrichten. Met name is het in het geheel niet ondenkbaar, dat de variatie van het verschijnsel in de natuur volledig genoeg is doorgevoerd om daarop met hetzelfde recht als in de best-geslaagde eigen proefneming een strikt wetenschappelijk inductief besluit te kunnen nemen”.

Toepassing van beide methoden brengt uiteenlopende consequenties met zich mee, die wij het best kunnen demonstreren door ze te vergelijken. Wanneer beide methoden in het volgende met elkaar vergeleken worden, moet men bedenken dat het meestal niet gaat om absolute tegenstellingen en verschillen. Deze zijn er praktisch niet. Het is zo, dat de ene methode meer het accent legt op facet a, de andere meer op facet b. De verschillen zijn betrekkelijk, het gaat meestal om „min of meer”. Het is vaak ook zo, dat men bij toepassing van de ene methode door de aard ervan meer

geneigd is in een bepaalde richting te gaan dan bij gebruikmaking van de andere methode.

VOORNAAMSTE VERSCHILLEN

Allereerst is er een verschil tussen beide methoden in de mate waarin hypothese en theorie de proefopzet bepalen. Hypothese en theorie spelen bij de proef met ingreep over het algemeen een grote rol. Dit volgt al direct uit de reeds besproken kringloop. Zonder een verantwoorde theorie is het moeilijk een goede proef op te stellen. Bij de proef zonder ingreep spelen een meer uitgewerkte theorie en hypothese in het begin een veel geringere rol. Men kan echter niet zeggen, dat de onderzoeker bij het opzetten van een proef zonder ingreep in het geheel geen theorie heeft. Hij wacht iets meer af. Bovendien is het vaak moeilijk een hypothese op te stellen. Enige hypothese is er natuurlijk altijd wel, die in een eenvoudige formulering wordt neergelegd. De formulering zal eenvoudig moeten zijn omdat het anders onmogelijk wordt de gegevens wiskundig te verwerken. Onze kennis is verder dikwijls te gering om formuleringen te gebruiken die de werkelijkheid meer zouden benaderen. Het is dan maar beter niet te veel veronderstellingen te maken, maar wel een model te gebruiken dat voldoende soepel is om nog alle richtingen uit te kunnen. Als voorbeelden kunnen de regressie-analyse en de aspecten-analyse worden genoemd. De grafische regressie-analyse (polyfactor-analyse) heeft hierbij een grotere soepelheid dan de numerieke.

De consequentie is, dat men bij de

proef zonder ingreep veel minder aan van te voren opgestelde theorieën gebonden is. Dit kan een groot voordeel zijn. In dit verband zou men zich wel eens kunnen afvragen hoe dikwijls een vooropgezette mening de vooruitgang van onze kennis belemmerd heeft. Om een voorbeeld te noemen: in welke mate heeft het geloof in de generatio spontanea de vooruitgang van onze kennis over het leven niet vertraagd? Men moet niet vergeten, dat de onderzoeker juist door de hypothese en door de hieruit af te leiden proefopzet zich grote mogelijkheden afsnijdt. Hij moet sterk schiften en isoleren, zodat alle aandacht valt op de veronderstelde invloed. Is het in verband hiermede niet opvallend, dat grote ontdekkingen zo vaak door toeval worden gedaan? De onderzoeker daarentegen die zonder ingreep zijn waarnemingen doet, heeft wat dit betreft veel meer mogelijkheden. Bij de proef met ingreep is de keuze van de te onderzoeken variabelen, die slechts een klein aantal kunnen bedragen, betrekkelijk willekeurig. Zij hangt af van de hypothese en theorie die ontwikkeld zijn.

Hiermede hangen ook weer verschillen samen, die voor de proef zonder ingreep pleiten. De proef zonder ingreep levert maar weinig kennis van de betekenis der factoren die niet in het onderzoek betrokken zijn en ook een rol spelen. Zoals bekend probeert men in de proef met ingreep de restvarianties zo klein mogelijk te houden. Dit stelt men bij de proef zonder ingreep ook wel op prijs, maar om een geheel andere reden. Het accent ligt bij dit onderzoek meer op de mogelijkheden alle factoren die in-

vloed hebben te duiden. In zoverre is de restvariantie een maat om aan te geven in welke mate de analyse is geslaagd en of er nog belangrijke factoren zijn die aansprakelijk kunnen zijn voor het verschijnsel. Deze aanpak stimuleert op deze wijze het onderzoek.

Daartegenover staat, dat het ontbreken van een uitgewerkte theorie bij de proef zonder ingreep een groot gevaar meebrengt. In wezen toetst men elke mogelijke theorie, tenminste binnen zekere grenzen. Het toevalskarakter van de waarnemingen heeft hierbij tot gevolg, dat men statistisch betrouwbare invloeden kan vinden die toch alleen door het toeval zijn ontstaan. Dit eist een zwaardere statistische toets, tenzij andere argumenten de resultaten steunen. Het is echter veel beter het onderzoek opnieuw te verrichten, waarbij de reeds verkregen resultaten als theorie dienen. Nieuw onderzoek vraagt echter geld, zodat de onderzoeker vaak niet in de gelegenheid is dit uit te voeren.

Wij hebben zojuist de statistische toetsing genoemd. Wij willen op een misvatting wijzen, die dikwijls bij de beoordeling van de tegenstelling tussen fundamenteel en statistisch onderzoek bestaat. Men meent, dat deze tegenstelling parallel loopt met de toepassing van variantie-analyse of regressie-analyse en wel zo, dat de variantie-analyse alleen bij de proef met ingreep, de regressie-analyse voornamelijk bij de proef zonder ingreep wordt toegepast. Dit is geen *wezenlijke* tegenstelling, hoewel deze in de praktijk misschien wel bestaat. Over het algemeen zal de regressie-analyse

meer op gegevens van de variatieproef worden toegepast, en aangezien de proef zonder ingreep meestal een variatieproef is, is deze opvatting wel verklaarbaar. Men kan echter even goed de regressie-analyse op gegevens van proeven met ingreep toepassen en omgekeerd.

De proef zonder ingreep is inderdaad meestal een variatieproef. Dit is een groot bezwaar voor een schifting tussen wezenlijke en toevallige factoren. Wij stelden reeds, dat het voor een juiste abstracte schifting om het noodzakelijke element te verklaren nodig is verschillende soorten proeven te nemen. Het is moeilijk door gebruikmaking van de variatie in de natuur tot een echte proef en tegenproef te komen. Ongetwijfeld is dit een van de grootste bezwaren van de proef zonder ingreep.

Een ander verschil berust in het feit, dat men in het bodemvruchtbaarheids-onderzoek — hetzelfde geldt voor het economisch onderzoek — dikwijls te maken heeft met factoren, die niet of moeilijk te veranderen zijn. Een proef met ingreep is daardoor moeilijk of niet mogelijk. Een proef zonder ingreep biedt dan echter de mogelijkheid ook dergelijke factoren te onderzoeken. In verband hiermede komt ook de vraag naar voren hoe vaak in de proef met ingreep factoren veranderd worden die eigenlijk niet kunnen worden gewijzigd zonder het te onderzoeken proces wezenlijk te veranderen.

Een bezwaar tegen de proef zonder ingreep is ongetwijfeld de over het algemeen moeilijke verwerking der resultaten, veroorzaakt door het grote

aantal factoren die het verschijnsel bepalen. Dit vraagt een zekere kennis van de bewerkingstechniek, die bij de proeven met ingreep een minder belangrijke rol speelt. Het is echter onjuist te menen, dat geen gebruik van statistische kennis bij de bewerking van proeven met ingreep nodig zou zijn. Men mag stellen, dat ook het zgn. specialistische onderzoek met ingreep veel meer profijt van de kennis van de statisticus zou kunnen trekken, al was het alleen maar om een betere proefopzet te krijgen.

De proef met ingreep heeft daarentegen het nadeel, dat het kunstmatig constant houden van niet te onderzoeken factoren meebrengt, dat het verschijnsel vaak onder onnatuurlijke omstandigheden onderzocht wordt, onder condities die het proefobject als onnatuurlijk ondervindt of die niet in de natuur voorkomen. De onderzoeker moet over dit bezwaar niet te gering denken. Speciaal voor een wetenschap met een toegepast karakter kan dit consequenties hebben voor de toepasbaarheid der bereikte resultaten. Overigens weet men nooit in hoeverre het constant-houden der factoren het te onderzoeken proces zelf weer beïnvloedt. Evenmin staat vast of alle factoren die niet onderzocht worden, inderdaad constant gebleven zijn. Om een voorbeeld te noemen: uit het feit, dat bekalking van een perceel de opbrengst verhoogt, mag men niet concluderen, dat de plant kalk nodig gehad heeft. De oorzaak kan geweest zijn dat de plant een betere lucht of watervoorziening heeft gekregen. Alles bij elkaar maakt, dat het accent bij de proef met ingreep minder op

de verwerking komt te liggen. Dit is bij de proef zonder ingreep een groot probleem. Men heeft bij de proef met ingreep de neiging het vraagstuk meer kwalitatief te stellen. Men stelt de vraag: zijn de waarnemingen in overeenstemming met de hypothese, ja of nee? Bij de proef zonder ingreep is naast het kwalitatieve karakter, nl. de beantwoording van de vraag welke factoren een rol spelen, ook het kwantitatieve karakter belangrijk. Steeds wordt getracht de grootte van de invloeden in een maat vast te leggen. Nogmaals, dit aspect is ook op de proef met ingreep toe te passen, maar de praktijk is anders.

Het moeilijkste probleem bij de proef zonder ingreep blijft de abstracte schifting. Bij de proef met ingreep wordt de schifting zoveel mogelijk direct in de proefopzet aangebracht — nogmaals hiervan heeft men nooit zekerheid —; bij de proef zonder ingreep tracht men de schifting meer door de bewerking van de gegevens te bereiken. Steeds zal het uiterste moeten worden gedaan om een goed resultaat te bereiken. Dit vraagt wiskundige kennis en langdurige berekeningen, factoren die de methode minder geliefd maken, en er wel eens toe leiden de bewerking op een te vroeg punt af te breken. De proef met ingreep heeft hier een grote voorsprong. Gezegd kan echter worden, dat de nieuwere ontwikkeling van de bewerkingstechniek de onderzoeker die de proef zonder ingreep gebruikt, ook weer grotere mogelijkheden biedt. Beoordeling van de merites van de methoden en uitkomsten is voor een niet-deskundige echter moeilijk.

Naast de bekende, numerieke en grafische regressie-analyse staan tegenwoordig voornamelijk twee andere werkwijzen ter beschikking, t.w. de aspectanalyse en de methode met de path coëfficiënt, in ons land voor dit doel nog weinig toegepast. Zoals bekend gebruikt de regressie-analyse een meer-dimensionaal model, waarin de relatie tussen veronderstelde afhankelijke factoren en onafhankelijke factoren recht of kromlijinig voorgesteld kan worden. De veronderstelling is, dat een factor afhankelijk van de andere factoren is, die elkaar niet beïnvloeden. De theorie van de onderzoeker ligt in het model en de keuze van de factoren. In het uiterste geval kunnen alle factoren genomen worden. Meer ruimte laat de aspectanalyse, die ook uitgaat van een meer-dimensionaal model en waarbij de oorzaken van de samenhangen tot enkele causale aspecten worden teruggebracht. Een keuze betreffende het al of niet afhankelijk zijn van de factoren behoeft niet direct plaats te vinden. De onderlinge beïnvloeding wordt niet afwezig verondersteld. De verkregen resultaten suggereren een verder gaande theorie. Het kenmerkende van de methode is de voorlopig geringe binding aan bepaalde opvattingen en hypothesen.

Een methode die in verschillende opzichten tussen de proef zonder ingreep, waarbij regressie-analyse en aspectanalyse worden toegepast, en de proef met ingreep in staat, is die met de zgn. path coëfficiënts. Ook hierbij kan men uitgaan van het gebeuren in de natuur. Evenals bij de proefopzet met ingreep is een vergaande hypothese

over de causale samenhangen noodzakelijk. De onderzoeker is gedwongen een volledig schema van veronderstelde causale samenhangen op te stellen. De bewerking toetst deze hypothese, terwijl zij tevens een schatting van de sterkte der verschillende invloeden geeft.

De natuurwetenschappen gebruiken het begrip causaliteit, dat een noodzakelijkheid uitdrukt en tevens door een tijdsfactor wordt gekenmerkt. De proef met ingreep heeft inderdaad het voordeel dat deze tijdsfactor impliciet in het onderzoek meegenomen wordt. Tenminste men veronderstelt dit, en indien de waarnemingen met de hypothese overeenstemmen, meent men de tijdsfactor ook te hebben verklaard. Aan de hand van het voorbeeld van de kalkbemesting is reeds gewezen op de gevaren, die ook deze methode heeft. In principe is de tijdsfactor ook in de proef zonder ingreep op te nemen. Praktisch is dit echter veel moeilijker omdat het relevante tijdsverloop moeilijk te meten is. In beide gevallen is zekerheid moeilijk te verkrijgen, hoewel de proef met ingreep hier misschien grotere waarde heeft. Aan de andere kant komt het ook dikwijls voor, dat het niet nodig is de tijdsfactor bewust in het onderzoek op te nemen, omdat de relatie zonder meer duidelijk is.

Ter verkrijging van een overzichtelijke vergelijking zijn de eigenschappen en de voor- en nadelen van beide methoden in tabelvorm naast elkaar gesteld. De volgorde is niet volgens veronderstelde belangrijkheid, maar volgens de plaats in de kringloop.

proef met ingreep

- 1 hypothese speelt vooral grote rol, veel denkwerk
- 2 grotere gebondenheid aan hypothese
- 3 noodzakelijke keuze van factoren vooraf; beperking van het probleem
- 4 hypothese en waarneming op de 1e plaats, statistische e.a. toetsing op de 2e plaats
- 5 onderzoek met proef, tegenproef en variatieproef
- 6 abstracte schifting moeilijk, onderzoek suggereert echter vaak de juistheid van een toegepaste schifting
- 7 bewerking minder moeilijk; proefopzet vraagt veel aandacht, ingewikkelde apparatuur
- 8 minder kennis van bewerkingstechniek nodig
- 9 accent bij bewerking op variantie-analyse
- 10 meer kwalitatief onderzoek
- 11 onbekendheid met betekenis van niet-in-het-onderzoek betrokken factoren
- 12 moeilijk te veranderen factoren niet of moeilijk te onderzoeken
- 13 onderzoek dikwijls onder onnatuurlijke omstandigheden
- 14 extrapolatie moeilijk
- 15 meer gebruikt in specialistisch onderzoek

CONCLUSIE

Uit het bovenstaande volgt, dat een absolute voorkeur voor de proef met ingreep of voor die zonder ingreep niet kan bestaan. Geen van beide methoden is ideaal. Een afwijzing van de methode zonder ingreep is onjuist, omdat deze voornamelijk op een te hoge waardering van de proef met ingreep berust. De keuze van methode hangt niet af van de vakwetenschap die de onderzoeker beoefent, maar van

proef zonder ingreep

- hypothese speelt vooral kleine rol, hypothese volgt meer uit resultaten
- minder gebondenheid aan hypothese
- minder noodzakelijke keuze van factoren vooraf: geen of minder beperking
- aan statistische toetsing worden zware eisen gesteld, toeval kan door schijnresultaat onderzoek op dwaalspoor brengen
- onderzoek meer met variatieproef
- abstracte schifting zeer moeilijk, hét grote probleem
- bewerking moeilijk, proefopzet vraagt minder aandacht
- grote kennis van bewerkingstechniek nodig
- accent op regressie-analyse, aspectenanalyse of andere methoden
- kwalitatief en kwantitatief onderzoek
- restvariantie geeft betekenis van niet-in-het-onderzoek betrokken factoren
- moeilijk te veranderen factoren kunnen even gemakkelijk onderzocht worden
- onderzoek onder natuurlijke omstandigheden
- extrapolatie minder moeilijk
- meer gebruikt in toegepast onderzoek

de aard der problemen die opgelost moeten worden. Elke onderzoeker zal dit steeds moeten afwegen. Wij laten in het midden welke methode op den duur de meeste toepassing zal vinden en het doelmatigst zal blijken. Beide mogelijkheden zullen echter moeten worden bekeken. Het is ook mogelijk, dat het beste resultaat verkregen wordt door combinatie van beide methoden. Dit is eveneens met het bodemvruchtbaarheidsonderzoek in Nederland het

geval geweest. Discussiepunt zou kunnen zijn of een bepaalde richting te veel of te weinig wordt toegepast. Het feit dat in de laatste tijd de in Nederland toegepaste richting door onderzoekers in de Verenigde Staten,

Engeland en Duitsland wordt gevolgd, maakt het gestelde probleem van des te groter belang. Maar ook in de natuurwetenschappen moet de proef zonder ingreep een betekenis kunnen hebben.