

**LANDBOUW-ECONOMISCH INSTITUUT**

**Interne Nota 356**

**Drs. J.P. Elhorst**

**Factoranalyse en haar  
toepassing op het  
LEI nader bezien**

**Maart 1988**

**NIET VOOR PUBLIKATIE – NADRUK VERBODEN**



## INHOUD

	Blz.
1. INLEIDING	5
2. HET DOEL EN DE METHODE VAN FACTORANALYSE	6
2.1 Het doel	6
2.2 De methode	7
2.3 Het programma RX	8
2.4 Het resultaat	9
3. FACTORANALYSE OP HET LEI	12
4. EEN KRITISCHE BESCHOUWING VAN FACTORANALYSE OP HET LEI	13
4.1 De beweringen getoetst	13
4.1.1 Het factormodel en de herleide vorm	13
4.1.2 Doelvariabelen	14
4.1.3 Het benoemen van factoren	17
4.1.4 Conclusie	22
4.2 Factoranalyse als methode	23
4.2.1 Het aantal factoren	23
4.2.2 Het aantal waarnemingen	24
4.2.3 Standaardfouten	24
4.2.4 De stabiliteit van een oplossing	25
4.2.5 Lineaire verbanden	26
4.2.6 Conclusie	27
5. SLOTBESCHOUWING	28
LITERATUUR	30

"Wetenschap is een maatschappelijke activiteit ondernomen door een groep van mensen die handelen volgens bepaalde regels, volgens een normensysteem, dat zij handhaven door toezicht te houden op elkaar."

- Klant, 1976 -

## 1. INLEIDING

Factoranalyse is op het LEI een veel gebruikte techniek bij het verwerken van multivariaat waarnemingsmateriaal. Het beantwoorden van de vraag of, en zo ja, hoe, factoranalyse in een bepaald onderzoek van nut kan zijn, is niet eenvoudig. Misschien is dat de reden dat die vraag soms in het geheel niet wordt gesteld. Ook het beoordelen van de bruikbaarheid van de resultaten verkregen met factoranalyse vereist een zorgvuldige overweging.

Het is de mening van de schrijver van deze nota dat onvoldoende aandacht voor deze zaken maar al te vaak oorzaak is van resultaten, die de toets der kritiek niet kunnen doorstaan. In deze nota wil ik daarom aangeven waar factoranalyse wel en waar voor factoranalyse niet voor gebruikt kan worden en ook waar men op dient te letten bij de interpretatie van de resultaten.

De opbouw van deze nota is als volgt. In paragraaf 2 wordt ingegaan op het doel en de methode van factoranalyse. Tevens vindt een korte bespreking plaats van de programmatuur aanwezig op het LEI. De vorm, waarin de toepassingen van factoranalyse op het LEI hun beslag hebben gekregen, komt aan de orde in paragraaf 3. Uit verschillende publikaties worden beweringen of gedragscodes gelicht die maatgevend zijn voor de wijze waarop factoranalyse op het LEI wordt toegepast. In paragraaf 4 wordt deze naar wat ik zou willen noemen gangbare toepassing van factoranalyse aan een kritische beschouwing onderworpen. De nota wordt afgesloten met een slotbeschouwing, waarin opgenomen een aantal stellingen relevant voor het factoranalytisch onderzoek op het LEI.

## 2. HET DOEL EN DE METHODE VAN FACTORANALYSE

### 2.1 Het doel

Het doel van factoranalyse is om een volgend probleem op te lossen:

- A. Men beoogt een datareductie tot stand te brengen.
- B. Men hoopt een factorstructuur op te sporen.
- C. Men wil een factorstructuur toetsen.

Voor zover bekend bestaan geen andere problemen waarin factoranalyse nuttig kan zijn. Het duidelijk formuleren van de probleemstelling of de doelstelling van een bepaald onderzoek is dan ook van wezenlijk belang, omdat hier direct uit valt af te leiden of deze methode geschikt is of niet.

#### ad A. Datareductie

Een datareductiemethode is een techniek om de waarnemingen samen te vatten in een kleiner aantal nieuwe kenmerken, meestentijds functies van de waarnemingen, zonder dat veel van de oorspronkelijke in het materiaal aanwezige informatie verloren gaat. De behoefte aan datareductie kan ontstaan wanneer de materiaalverzameling voor een meeromvattend doel heeft plaatsgevonden dan voor de analyse waar men mee bezig is, of ook wanneer men, vaak uit angst iets over het hoofd te zien, een (te) groot aantal variabelen per waarnemingseenheid heeft gemeten. Door dit grote aantal is het materiaal dan onhandelbaar of treedt in de verdere analyse storende afhankelijkheid op.

Bij datareductie interesseert de onderzoeker zich minder voor de aard van de samenvattende kenmerken, mits deze maar zo veel mogelijk informatie bevatten. Wat de onderzoeker verstaat onder informatie bepaalt de te volgen reductietechniek. Twee uit vele mogelijkheden zijn de volgende:

- a. Een onderzoeker verricht aan een aantal experimentele eenheden een aantal metingen. Hij ziet dat niet alle meeteenheden dezelfde resultaten geven en hij is geïnteresseerd in de oorzaak van de opgetreden verschillen. Daarvoor wil hij weten welke combinaties van variabelen de grootste verschillen geven. Een mogelijke technische verwoording hiervan is: zoek combinaties van variabelen die de grootste variantie hebben. Voor deze onderzoeker betekent informatie dus kennis omtrent verschillen tussen de eenheden en dit wordt uitgedrukt in kennis van de variantie van de variabelen in zijn materiaal. Hij wil een zodanige reductietechniek toepassen dat in het resultaat ook nog die variabelen of combinaties van variabelen voorkomen met de grootste variantie. Hij kan dan principale componentenanalyse gebruiken, daar dit immers een techniek is, die juist die combinaties van variabelen uit het materiaal selecteert, die zoveel mogelijk van de totale variantie bevatten.
- b. Een onderzoeker heeft aan een aantal experimentele eenheden een aantal metingen verricht. Hij wil zijn metingen zodanig reduceren, dat de samenvattende kenmerken het mogelijk maken de samenhang van de originele variabelen te karakteriseren. Een mogelijke technische verwoording hiervan kan worden gevonden in termen van correlaties of covarianties. Voor hem betekent informatie kennis omtrent de covariantie/correlatiestructuur van de variabelen. Hij wil nu die combinaties van variabelen bepalen, die zoveel mogelijk van de oorspronkelijke structuur behouden. Hij kan trachten dit door middel van factoranalyse te verwezenlijken, daar deze techniek de variabelen tracht

te zien als opgebouwd uit lineaire combinaties van factoren, zodanig dat deze juist de covariantie/correlatiematrix teweeg brengen.

Opgemerkt moet worden dat datareductie met behoud van de variantie-structuur beslist niet hetzelfde is als datareductie met behoud van de covariantie/correlatiestructuur.

Datareductie is een eenmalige gebeurtenis, die slechts betrekking heeft op het materiaal waarop het wordt uitgevoerd. Men is niet gespist op een uitspraak over een algemene of toekomstige situatie.

#### ad B. Het opsporen van een factorstructuur

Bij het opsporen van een factorstructuur gaat het om het volgende: men poogt op grond van reeds beschikbare kennis een zo volledig en sluitend mogelijke theorie over een of ander gebied van waarneembare verschijnselen te ontwikkelen en men is er in het bijzonder op gespist een verklaring te geven voor de samenhang van bepaalde metingen aan experimentele eenheden. Men acht het redelijk te postuleren dat de samenhang tussen elk tweetal waargenomen variabelen voortkomt uit het gedeeltelijk bepaald zijn door een kleiner aantal andere, niet waargenomen variabelen. Deze nieuwe variabelen heten factoren. Twee varianten in het zoeken naar een factorstructuur kunnen worden onderscheiden:

a. de  $m$ -factorvariant.

Men wil aantonen dat de samenhang tussen de variabelen wordt veroorzaakt door een bepaald, vast, van te voren gespecificeerd aantal,  $m$ , factoren, en men wil nagaan op welke wijze de factoren de variabelen bepalen.

b. de exploratieve variant.

Men wil nagaan of het mogelijk is met een niet van te voren gespecificeerd aantal factoren de samenhang tussen de variabelen te verklaren. Men wil daarbij zowel het aantal factoren, waarmee dit mogelijk is, vaststellen, als ook de wijze waarop zij de variabelen bepalen.

Kenmerken van het structuur ontdekken zijn:

- a. Er bestaat de pretentie dat de gevonden resultaten, mochten die uit het materiaal naar voren komen, ook voor nieuwe metingen op dit gebied van toepassing zijn.
- b. Niet alle wiskundig voldoende oplossingen worden als succesvol beschouwd. Zij moeten ook verklarende kracht hebben en in overeenstemming zijn met de praktijk en kennis opgedaan in andere onderzoeken.

#### ad C. Toetsen van een factorstructuur

Als men uit eerder onderzoek, of hoe dan ook, een veronderstelling heeft over het bestaan van een welomschreven factorstructuur, dan kan men die veronderstelling willen toetsen. Hiervoor zij verwezen naar Brand-Koolen (1972, blz. 206-213).

## 2.2 De methode

Factoranalyse begint als zovele statistische onderzoeksmethoden met het verzamelen van gegevens. Op het LEI hebben deze gegevens in het algemeen betrekking op bedrijven ( $k=1, \dots, n$ ). Elk van deze  $n$  bedrijven levert in een vaste volgorde  $p$  gegevens. Dit kunnen zijn technische gegevens, balansgegevens, bedrijfsuitkomsten, gegevens omtrent de inkomensvorming en -besteding van de ondernemer en zijn gezin, e.d. Na het verzamelen van deze gegevens heeft men de beschikking over een matrix  $X$  van  $n \cdot p$  elementen.

De bewering X heeft een factormodel houdt in: er bestaan een natuurlijk getal  $m \leq p$ , constanten  $a_i$  en  $a_{ij}$  ( $i=1, \dots, p$ ;  $j=1, \dots, m$ ), onderling ongecorreleerde variabelen  $F_j$  ( $j=1, \dots, m$ ), en onderling en met  $F_j$  ongecorreleerde storingstermen  $u_i$  ( $i=1, \dots, p$ ) met verwachting 0 en variantie  $\sigma_u^2$  zodanig dat

$$X_i = a_i + a_{i1}F_1 + \dots + a_{im}F_m + u_i, \quad i=1, \dots, p \quad (1)$$

De variabelen  $F_j$  heten factoren, de storingstermen  $u_i$  specifieke gedeelten of ook specifieke of unieke factoren en de constanten  $a_i$  factorladingen van de  $i$ -de variabele op de  $j$ -de factor. De som  $\sum_{j=1}^m a_{ij}F_j$  heet het gemeenschappelijke of communale gedeelte van de  $i$ -de variabele  $X_i$ . De grootte  $\text{cov}(X_i, \sum_{j=1}^m a_{ij}F_j)$  heet de communaliteit van  $X_i$  en is gelijk aan  $\sum_{j=1}^m a_{ij}^2$ . De grootte  $\text{var}(u_i)$  heet de uniciteit van  $X_i$  en is gelijk aan  $\text{var}(X_i)$  minus de communaliteit van  $X_i$ . In plaats van  $\text{var}(u_i)$  noteer ik  $V_i$ .

De bewering dat X een factormodel heeft met  $m$  factoren is equivalent met de bewering

$$P = AA' + V \quad \text{met} \quad V = \begin{bmatrix} V_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & V_p \end{bmatrix}, \quad (2)$$

waarbij  $P$  de covariantie-matrix van de waarnemingen. Dit is de vorm waarin een factormodel veelal wordt gepresenteerd en ook de vorm waarvan men uitgaat bij de oplossing ervan. Men noemt een drietal  $(m, A, V)$  een factoroplossing voor  $X$  of  $P$ . De geldigheid van een factoroplossing voor  $X$  impliceert dat de covariantie tussen elk tweetal  $X_{i1}$  en  $X_{i2}$  geheel voortkomt uit de wijze waarop zij van de factoren afhangen, namelijk

$$\text{cov}(X_{i1}, X_{i2}) = \sum_{j=1}^m a_{i1j} a_{i2j}, \quad (1 \leq i_1 < i_2 \leq p). \quad (3)$$

Daarom zegt men wel dat factoranalyse ten doel heeft de covariantiestructuur van de variabelen te verklaren.

### 2.3 Het programma RX

Op het LEI is zelf ontwikkelde programmatuur aanwezig, aan te duiden met RX, om het algemene factoranalysemodel te schatten. Hierbij wordt uitgegaan van gestandaardiseerde variabelen, dat wil zeggen men kiest een zodanige schaaltransformatie dat de variabelen een gemiddelde van 0 en een lengte 1 hebben. Deze schaaltransformatie leidt er toe dat de constanten  $a_i$  in het model komen te vervallen en ook dat de covariantie-matrix  $P$  overgaat in de correlatiematrix  $R$

$$R = AA' + V.$$

Het programma RX schat het algemene factoranalysemodel, hetgeen wil zeggen dat wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de storingstermen of specifieke gedeelten multinormaal verdeeld zijn. In het verleden zijn naast het algemene factoranalysemodel modellen ontwikkeld als het gelijke residuele variantiemodel en het Jöreskog's factoranalysemodel, die extra restricties opleggen aan de storingstermen. Deze waren bedoeld om de oplossingsmethode - de methode om de constanten te schatten - te vereenvoudigen. Tegenwoordig echter is dat niet meer nodig, omdat ons in het onderzoek een rekenautomaat ter beschikking staat.



Een belangrijke eigenschap van het algemeen factoranalysemodel is dat het onafhankelijk is van de schaal. Het eenhedenstelsel, waarin de variabelen worden uitgedrukt, is dus niet van invloed op de uitkomsten.

De resultaten die door het programma RX worden afgedrukt hebben betrekking op variantiecomponenten, die uit de geschatte coëfficiënten van het factormodel kunnen worden afgeleid. Wordt het factormodel opgeschreven voor de k-de waarneming uitgaande van gestandaardiseerde variabelen, dan verkrijgt men

$$X_{ik} = a_{i1} F_{1k} + \dots + a_{im} F_{mk} + u_{ik}, \quad i=1, \dots, p, \quad k=1, \dots, n. \quad (4)$$

Hieruit kan de variantie in de variabele  $X_i$  worden verkregen door de vergelijking te kwadrateren, te sommeren over alle k en door te delen door n

$$\sigma_i^2 = \sum_k X_{ik}^2 / n = a_{i1}^2 \sum_k F_{1k}^2 / n + \dots + a_{im}^2 \sum_k F_{mk}^2 / n + \sum_k \text{var}(u_{ik}). \quad (5)$$

De produkttermen tussen de factoren onderling vallen hierbij weg, omdat zij ongecorrleerd zijn. Daar de variabelen zijn gestandaardiseerd is dit ook te schrijven als

$$\sigma_i^2 = a_{i1}^2 + \dots + a_{im}^2 + \sigma_u^2. \quad (6)$$

Hieruit kan worden afgeleid dat iedere factor  $F_j$  ( $j=1, \dots, m$ )  $100 \cdot a_{ij}^2 / \sigma_i^2$  % van de variantie van variabele  $X_i$  omvat en dat alle factoren samen  $100 \cdot \sum_{j=1}^m a_{ij}^2 / \sigma_i^2$  % van de variantie van variabele  $X_i$  omvatten.

Tot slot zou ik een aantal eigenschappen van het programma RX willen noemen die van belang zijn, indien men met dit programma zou willen werken:

- RX drukt toetsgrootheden af om te bepalen in hoeverre de frequentieverdelingen van de waarnemingen afwijken van de normale verdeling. Eén van de lastigste vragen die men zich kan stellen is of de waarnemingen een multivariate normale verdeling volgen. Deze vraag is niet onbelangrijk, omdat de schatting van het factormodel op deze aanname is gebaseerd. Zij is lastig, omdat statistici nog maar bitter weinig concreets hebben voorgesteld om deze aanname te toetsen en ook niet hebben aangegeven hoe erg eventuele afwijkingen zijn van multivariate normaliteit.
- RX drukt een toetsgrootheid af om te toetsen op het aantal factoren.
- RX drukt geen standaardfouten af van de geschatte coëfficiënten.
- Een complete handleiding van het programma RX ontbreekt, waardoor een aantal opties uit het programma verborgen blijven.

#### 2.4 Het resultaat

Het is belangrijk om na te gaan, hoe men de resultaten kan interpreteren, wanneer aannemelijk is gemaakt dat een factorstructuur aan een zeker databestand ten grondslag kan worden gedacht. Om de betekenis van een bereikt resultaat toe te lichten staat in tabel 2.1 een voorbeeld van een uit een onderzoek verkregen factor (deze factor is ontleend aan Hamming et al., 1961).

Tabel 2.1 Een factortabel

Bindingssom	Bindings- percentage	Variabelen
94	0	1. Beschikbaar nationaal inkomen
95	+27	2. Loonsomindex
66	0	3. Verbruik rundvlees
71	0	4. ,, nuchter kalfsvlees
61	0	5. ,, gemest kalfsvlees
70	+9	6. ,, paardevlees
62	+3	7. ,, schapevlees
82	0	8. ,, varkensvlees
82	0	9. ,, spek
88	0	10. ,, varkens incl. huissl.
92	+40	11. Prijs rundvlees
73	+45	12. ,, nuchter kalfsvlees
91	+18	13. ,, gemest kalfsvlees
68	+28	14. ,, paardevlees
91	+5	15. ,, schapevlees
96	+4	16. ,, varkensvlees
92	+44	17. ,, spek
96	+13	18. ,, varkens

Deze factor nu kan langs twee wegen worden gelezen: horizontaal en verticaal. Horizontaal wil zeggen het verband dat is gelegd tussen de variabelen enerzijds en de factoren anderzijds. Zo kan men uit de tabel aflezen dat de aldaar gevonden factor een deel van de variantie van de variabelen omvat,

in dit geval 0% van variabele 1,  
 27% van variabele 2,  
 0% van variabele 3,  
 .  
 .  
 .  
 4% van variabele 16,  
 44% van variabele 17, en  
 13% van variabele 18.

Dat deel van de variantie van een variabele dat door een factor wordt omvat wordt op het LEI bindingspercentage genoemd. Het totaal van de variantie van een variabele dat door de factoren tezamen wordt omvat wordt op het LEI de bindingssom genoemd.

Verticaal wil zeggen het lezen van een factor van boven naar beneden. Op het LEI spreekt men wel van een kolom die duidt op een gemeenschappelijk bewegingspatroon. De getallen en het teken in zo'n kolom geven aan in welke mate en in welke richting de variabelen gezamenlijk bewegen. Men zou kunnen zeggen een factor of een kolom beschrijft een keten van met elkaar samenhangende variabelen. In het voorbeeld blijkt een factor te zijn gevonden die aangeeft dat een gedeelte van de variantie in de loonsomindex samengaat met een gedeelte van de variantie in de prijs van minstens zes vleessoorten, indien het verbruik nagenoeg constant wordt gehouden. Over oorzaak en gevolg doet deze factor geen uitspraak. De vraag of inflatie leidt tot looneisen of andersom dat loonstijgingen de inflatie doen toemen kan men niet beantwoorden. De getallen geven namelijk niet aan hoe de samenhangen moeten worden geïnterpreteerd.

De vraag die men zich vervolgens kan stellen is of deze factor is te benoemen binnen de theorie waarmee wordt gewerkt, of ook dat deze factor een aanvulling kan zijn op deze theorie en aanleiding geeft tot het vormen

van hypothesen. Men tracht daartoe de factor te interpreteren, dat wil zeggen een naam en betekenis te geven, op grond van de correlatiecoëfficiënten met de oorspronkelijke variabelen. Dit voornemen kan lang niet altijd even succesvol worden vervuld, want ook al is de ontbinding  $R=AA'+V$  uniek, de factoren  $F_1, \dots, F_m$  zijn dit niet. Na de ontbinding is bepaald dat

- de variabelen  $X_i$  een geschatte bindingssom hebben met de factoren  $F$ ; alsmede dat
- de factoren onderling ongecorrleerd en gestandaardiseerd zijn; maar dit bepaalt de factoren niet volledig. Er blijken vele factorstructuren te bestaan die alle aan deze twee condities voldoen en dus alle met evenveel recht als een oplossing kunnen worden beschouwd. Deze niet-identificeerbaarheid leidt er toe dat men een keuze moet maken uit de verschillende oplossingen en dat men om één bepaalde oplossing, dit is één bepaalde factorstructuur, te rechtvaardigen met niet-statistische argumenten zal moeten komen. Meestal wordt getracht dit te bereiken door de factoren zo te kiezen, dat deze elk kunnen worden geïnterpreteerd als, of verklaard uit de werking van een of ander verifieerbare achterliggende kracht. Het is echter goed zich te realiseren dat deze keuze niet vrij is van subjectiviteit, te meer omdat de onderzoeker de verschillende samenhangen, die in het onderzochte materiaal naar voren komen, onder die gezichtshoek zal plaatsen, die het beste overeenkomt met de visie die hij of zij op grond van voorkennis en door bestudering van de verschillende uitkomsten heeft verkregen (zie ook Eriks et al., 1964). Toch is dit geen bezwaar, mits de onderzoeker maar duidelijk maakt welke overwegingen bij deze keuze een rol hebben gespeeld en niet volstaat met een opsomming van het eindresultaat. Het zijn precies deze overwegingen die bijdragen tot de relevantie van het onderzoek.

Mocht men anderzijds een factor niet kunnen interpreteren, dan is men in wezen in het onderzoek gestrand, omdat men de factor niet kan zien als meer dan een louter wiskundige samenhang in het databestand.

Tot slot zou ik aan de hand van een citaat (Hamming, 1958, blz 2) duidelijk willen maken dat een onderzoek niet is afgerond, als met factoranalyse een bepaald eindresultaat is geboekt, maar dat deze in een andere richting moet worden voortgezet: "Het is goed zich te realiseren, dat factoranalyse slechts een begin kan zijn van het onderzoek. Nadat de aandacht van de onderzoeker op de belangrijkste problemen gericht is, staat het aan de onderzoeker te bepalen, langs welke weg hij verder moet gaan om veranderingen te maken. Soms zal hij de variabelen scherper moeten definiëren en nieuwe gegevens verzamelen, soms zal hij het materiaal in homogener groepen verdelen en de groepen afzonderlijk analyseren, soms zal hij door het tekenen van enkele grafieken reeds veel inzicht verwerven, en soms zal hij een regressievergelijking opstellen. Men kan de methode van factoranalyse dus vergelijken met een zoeklicht, waarmee men het terrein aftast. De factoranalyse geeft aan welke deelproblemen belangrijk en niet belangrijk zijn en zij geeft de richting aan waarin door meer gedetailleerde methoden de oplossing van het vraagstuk moet worden gezocht".

### 3. FACTORANALYSE OP HET LEI

Een goede beschrijving van de vorm, waarin de toepassingen van factoranalyse op het LEI in het algemeen hun beslag hebben gekregen, is gegeven door de Hoop (1981) en Zachariasse en de Hoop (1983). Uit deze beschrijvingen en ook uit verschillende LEI-publicaties zijn door mij een aantal beweringen of gedragscodes geselecteerd, die op hun juistheid zullen worden beoordeeld. Deze beweringen of gedragscodes worden in vele van de LEI-publicaties gebruikt of opgevolgd. Meestal noemt men ze niet expliciet, maar veelal blijkt uit de wijze waarop men de resultaten bespreekt dat er stilzwijgend van wordt uitgegaan. Ook komt het voor dat men de methode van factoranalyse in het kort behandelt en terugverwijst naar één van bovenstaande auteurs. Het gaat om de nu volgende beweringen of gedragscodes, waarbij ik voor een goed begrip vermeld, dat factoren op het LEI aspecten worden genoemd:

- Een aspect is een nieuwe (denkbeeldige) variabele, die wordt bepaald door een bepaalde combinatie van een deel van de oorspronkelijke variabelen, die in het aspect een rol spelen (Zachariasse, 1981, blz. 222; van der Zwaan, 1984, blz. 11).
- Een bindingspercentage geeft dat deel van de verschillen in een bepaalde variabele aan, dat door een aspect wordt omvat (of verklaard); (Zachariasse, 1983, blz. 222; Baltussen, 1986, blz. 15; Klaassens, 1985, blz. 11; Huethorst, 1983, blz. 67; Alleblas, 1984, blz. 20; Kortekaas, 1979, blz. 20).
- Per aspect kan worden nagegaan hoe groot de invloed is op een gekozen doelvariabele (Zachariasse, 1983, blz. 221; Baltussen, 1986, blz. 15; Klaassens, 1985, blz. 9-10; Reitsma, 1982, blz. 16; van der Zwaan, 1984, blz. 11; Alleblas, 1984, blz. 21; Kortekaas, 1979, blz. 20; van Rijssel, 1981, blz. 38; de Hoop, 1981, blz. 69; Vervoort, 1982, blz. 46).
- Aan de aspecten wordt meestal een naam gegeven om op deze wijze de leesbaarheid te vergroten. De naam die aan een bepaald aspect wordt gegeven is meestal gelijk aan de variabele die met dat aspect het hoogste bindingspercentage heeft (Baltussen, 1986, blz. 16; van der Zwaan, 1984, blz. 11; Alleblas, 1984, blz. 20; Kortekaas, 1979, blz. 20; van Rijssel, 1981, blz. 38).

Bij deze op het LEI gangbare toepassing van factoranalyse zijn door de Groot (1984) een aantal kanttekeningen geplaatst. Deze kanttekeningen waren niet van dien aard dat het nut of bestaansrecht van factoranalyse in twijfel werd getrokken, als wel dat een aantal (dus niet alle) van deze beweringen of gedragscodes als onjuist werd gekwalificeerd. Deze kanttekeningen komen in de loop van deze nota nog naar voren.

#### 4. EEN KRITISCHE BESCHOUWING VAN FACTORANALYSE OP HET LEI

##### 4.1 De beweringen getoetst

###### 4.1.1 Het factormodel en de herleide vorm

De bewering dat elk aspect een nieuwe (denkbeeldige) variabele is, die wordt bepaald door een bepaalde combinatie van een deel van de oorspronkelijke variabelen, als ook de bewering omtrent het bindingspercentage vragen om een toelichting.

In eerste instantie wordt men bij factoranalyse geconfronteerd met het probleem dat men de variabelen wil schatten als functie van een aantal onbekende factoren

$$X = A F$$

met X de matrix van variabelen, F de matrix van factoren en A de te schatten coëfficiënten. Belangrijk hierbij is dat de variabelen X worden opgeschreven als een lineaire combinatie van de factoren F.

Pas in tweede instantie, dat wil zeggen nadat het factormodel is geschat, is het mogelijk om de factoren te schrijven als lineaire combinatie van de variabelen. In de woorden van Harman (1960, blz. 337): "There are two basic problems with which factor analysis is concerned. The first of these deals with the methods for obtaining the linear solution of a set of variables in terms of hypothetical factors. The second problem is concerned with the description of the factors in terms of the observed variables". Deze combinatie - de factoren opgeschreven als functie van de variabelen - kan niet worden verkregen door de matrix A te inverteren. De matrix A is namelijk niet vierkant. Hoe de factoren wel zijn te schrijven als een lineaire combinatie van de variabelen is terug te vinden bij dezelfde Harman (1960, hoofdstuk 16).

Het zojuist gegeven onderscheid tussen het te schatten factormodel en wat ik zou willen noemen de herleide vorm moet mijns inziens nauwlettend in het oog worden gehouden. Ik zou dan ook willen benadrukken dat de bewering "een bindingspercentage geeft dat deel van de verschillen in een bepaalde variabele aan, dat door een aspect wordt omvat (of verklaard)" betrekking heeft op het te schatten factormodel en dat de bewering "elk aspect is een nieuwe (denkbeeldige) variabele, die wordt bepaald door een bepaalde combinatie van een deel van de oorspronkelijke variabelen" betrekking heeft op de herleide vorm.

Het is niet direct duidelijk waarom in de omschrijving van het bindingspercentage naast de term "omvatten" de term "verklaren" wordt gebruikt. Een citaat van Brand-Koolen maakt dit echter duidelijk (1972, blz. 185-186): "Een probleem is in hoeverre factoranalyse een beschrijvend dan wel een causaal model is. Sommigen menen dat de factoren de causale determinanten van de variabelen zijn. Anderen vermelden in hun onderzoekverslagen dat x factoren y% van de verschillen op het onderzochte gebied verklaren. Door de enigszins dubbelzinnige betekenis van het woord verklaren is het niet zeker dat hiermee altijd echte causale verbanden bedoeld worden, maar men krijgt soms wel die indruk.

De vraag is dus of factoranalyse een causaal model is, dat wil zeggen of per definitie van het model gegeven is dat de factoren in een causaal verband tot de variabelen staan. Naar onze mening is dat niet het geval. Een factor is een lineaire gewogen combinatie van de variabelen, dus een optelsom van gewogen variabelen. Er is geen enkele reden waarom zo een optelsom de causale determinant van zijn onderdelen zou zijn.

Daarmee is niet gezegd dat factoranalyse onder bepaalde omstandig-

heden het causale model niet zou kunnen dienen. Dit is soms zeer wel mogelijk. Als voorbeeld kan de factor 'intelligentie' genoemd worden; de factor 'intelligentie' geeft een beschrijving van de intelligentietesten. Nu lijkt het redelijk te veronderstellen dat intelligentie vooraf gaat aan het beantwoorden van intelligentietesten en dat intelligentieverschil oorzaak en geen gevolg is van de verschillen in prestaties op de intelligentietesten. Dit is echter een interpretatie die buiten het factoranalyse model als zodanig ligt. Er zijn ook voorbeelden te bedenken waarin men een factor geen (volledige) causale werking zal toeschrijven.

Factoranalyse is dus een beschrijvende methode. In hoeverre de factoren een causale werking kan worden toegeschreven, is een kwestie van interpretatie en dus extrinsiek aan het model".

Het belang van dit citaat mag men niet onderschatten, omdat deze wijze van interpretatie op het LEI voorop staat. In het algemeen bespreekt men de factoren in relatie tot een gekozen doelvariabele en schrijft men aan de factoren een causale werking toe. Vandaar ook dat in de omschrijving van het begrip bindingspercentage naast de term "omvatten" de term "verklaren" wordt gebruikt. In het vervolg van deze nota zal ik het op deze wijze interpreteren van het factormodel aanhouden en gebruik ik alleen nog de term "verklaren".

#### 4.1.2 Doelvariabelen

Als ik één uitspraak zou mogen aanwijzen die van toepassing is op het aanwijzen van een doelvariabele, ondanks dat deze in een ander verband is genoemd, dan is het de uitspraak van Zachariasse en de Hoop (1983): "Factoranalyse is gebleken een methode te zijn die de gemoederen in beweging kan brengen, zowel in positieve als in negatieve zin". Het blijkt namelijk dat er een groot verschil van mening bestaat over de vraag of het aanwijzen van een doelvariabele nu wel of niet geoorloofd is. In wezen komt dit doordat men in de verslaggeving niet duidelijk maakt wat onder een doelvariabele wordt verstaan. In mijn visie kan men het aanwijzen van een doelvariabele op twee manieren opvatten:

- de doelvariabele is een te verklaren variabele, die wordt onderscheiden van de verklarende variabelen;
- de doelvariabele is een variabele waarop men in het onderzoek en in de verslaggeving de nadruk wenst te leggen, omdat het onderzoek daarvoor is opgezet.

Van de twee mogelijkheden kan direct één worden uitgesloten, omdat het niet juist zou zijn als onder een doelvariabele een te verklaren variabele zou worden verstaan. Dit is eenvoudig af te leiden uit de specificatie van het factormodel. Binnen het factormodel is de status van de verschillende variabelen gelijk en wordt geen onderscheid gemaakt tussen te verklaren en verklarende variabelen. In de woorden van Thurstone (zie de Groot, 1984): "Prediction problems of this type (het verklaren van een variabele uit een aantal andere) are resolved by writing a regression equation in which the dependent variable which is to be predicted is expressed as a linear function of the independent variables. (...) Factor analysis differs from these statistical problems in that there is no distinction between independent and dependent variables. In factor analysis one does not select some one variable which is to be predicted or determined by the other variables. All the variables in factor analysis are treated alike in this sense. Whenever the investigator pivots his attention on one of the given variables which is central in importance and which is to be predicted by a set of independent variables, he is not talking about a factor problem. He is then talking about a customary statistical problem, involving a regression equation and multiple correlation. If he looks upon the whole set of variables as representing a domain that is to be explored and if his object is to discover whether there is some underlying order among these variables, then he is talking about a factor problem".

Of ook in de woorden van Kendall (zie Duncan, 1968): "Multivariate analysis can be divided into two parts according to whether we are concerned with dependence or interdependence: In the analysis of dependence we are interested in how a certain specified group (the dependent variable) depend on the others. In the analysis of interdependence we are interested in how a group of variates are related among themselves, no one being marked out by the conditions of the problem as of greater prior importance than the others. Factor analysis is of the latter type of multivariate analysis".

Tot slot in de woorden van Brand-Koolen (1972, blz. 202-203): "wordt de afhankelijke variabele in de factoranalyse betrokken, dan is het onvermijdelijke gevolg dat deze zich uitsplitst over de factoren, waarbij dan bovendien meestal nog een deel van de variantie van deze variabele 'verloren' gaat (de bindingssom is kleiner dan 1, JPE). Nu is dit geen probleem indien men wil weten met welke factoren de variabele samenhangt. Meestal is men echter niet zozeer geïnteresseerd in de factoren waar de afhankelijke variabele mee samenhangt, maar in de variabelen die de afhankelijke variabele mogelijk zouden kunnen voorspellen. Doordat de afhankelijke variabele zich uitsplitst over de factoren ontbreekt echter ieder houvast tot selectie van de predictoren".

De specificatie van het factormodel en deze drie citaten tonen aan dat onder een doelvariabele nooit en te nimmer een te verklaren variabele kan worden verstaan, zodat een doelvariabele uitsluitend kan worden omschreven als een variabele die centraal staat in het onderzoek en in de verslaggeving.

Waarom, zo kan men zich afvragen, verhit het aanwijzen van een doelvariabele dan de gemoederen? De verklaring die ik daarvoor kan geven is dat men in de verslaggeving keer op keer de indruk wekt dat men is geïnteresseerd in het oorzakelijk verband tussen een te verklaren enerzijds en een aantal verklarende variabelen anderzijds, terwijl de methode van factoranalyse, zoals hierboven is betoogd, daar nu juist niet geschikt voor is. Om aan te tonen dat men inderdaad die indruk wekt een aantal citaten:

- van Rijssel (1981, blz. 12): "De verschillen tussen de individuele bedrijven worden veroorzaakt door andere factoren dan die welke verantwoordelijk zijn voor fluctuaties in de kengetallen voor de bedrijfstak als geheel. Belangrijke oorzaken kunnen zijn:
  - 1) verschillen in bedrijfsorganisatie,
  - 2) verschillen in bedrijfsomvang,
  - 3) verschillen in teeltplan en
  - 4) verschillen in ondernemersschap bij gelijke bedrijfsopzet.In deze publikatie zal vooral op de verschillen tussen de individuele bedrijven worden ingegaan en dan met name op hun invloed op het uiteindelijke bedrijfsresultaat".
- de Hoop (1981, blz. 1): "Het probleem is: Wat zijn de oorzaken van de grote verschillen in de doelvariabele?"
- Reitsma (1982, blz. 13): "Het doel van deze publikatie is door middel van bedrijfsvergelijking een inzicht te krijgen in de oorzaken van verschillen in bedrijfsuitkomsten tussen de bedrijven. Naast het naar voren halen hiervan - bijvoorbeeld verschillen in graslandexploitatie, krachtvoergift per koe, bedrijfsopzet, e.d. - is het belangrijk te weten in welke mate elk van deze factoren verantwoordelijk is voor de verschillen in bedrijfsresultaat".
- Vervoort (1982, blz. 47): "Overeenkomstig de doelstelling van het onderzoek zal getracht worden met behulp van technische en economische variabelen de verschillen in arbeidsopbrengst te verklaren".
- Klaassens (1985, blz. 12): "In het onderzoek zijn variabelen opgenomen die individueel of in combinatie een mogelijke bijdrage kunnen leveren tot het verklaren van de verschillen in de bedrijfsuitkomsten tussen de bedrijven onderling".

Mochten deze citaten niet voldoende zijn om de zienswijze te onderstrepen dat men is geïnteresseerd in het oorzakelijk verband tussen een te verklaren variabele enerzijds en de verklarende variabelen anderzijds, dan kan ik hier aan toevoegen de wijze waarop men regressieanalyse van de hand wijst. Ter toelichting: men overweegt om regressieanalyse toe te passen, blijkbaar omdat deze methode ook in aanmerking komt voor het doel dat men voor ogen heeft, maar acht deze methode niet geschikt. De reden die men hiervoor aangeeft betreft de grote mate van correlatie tussen de verklarende variabelen, die wordt ingegeven door het uitgebreide databestand dat men in dergelijke onderzoeken pleegt te hanteren. In de woorden van van Riemsdijk (zie Hamming en Liberg, 1960): "Bedrijfsvergelijking heeft ten doel het verklaren van geconstateerde verschillen. Bedrijven verschillen op zeer vele punten. Het is nu de taak van de onderzoeker de oorzakelijke samenhang tussen de verschillen op te sporen. De in de technische wetenschappen vaak toegepaste regressieanalyse is alleen bruikbaar indien er geen systematische correlatie is tussen de verklarende variabelen onderling. In de bedrijfseconomie is het echter veelal zo, dat tussen de veroorzakende variabelen voor de regressieanalyse hinderlijke samenhangen zijn".

Of ook in de woorden van de Hoop (1981): "De methode van regressieanalyse is niet geschikt voor bovengenoemd materiaal (het betreft een onderzoek naar de verschillen in kilogramopbrengsten per hectare van aardappelen in de Hoekse Waard, waarbij 250 variabelen zijn gemeten die betrekking hebben op de bodemgesteldheid, de bemesting, de vochtvoorziening en de handelwijze van de boer ten aanzien van ploegen, grondbewerking, zaaien, poten, bespuiten, bewaren van pootgoed, e.d. op 50 bedrijven, JPE), omdat een vrij grote correlatie bestaat tussen de zogenaamde verklarende variabelen".

Nu is het niet zo dat deze woorden in twijfel worden getrokken. Als men werkt met relatief grote databestanden, dan kan men met regressieanalyse inderdaad niet uit de voeten. Maar het is wel kenmerkend dat men wederom het onderscheid maakt tussen een te verklaren variabele enerzijds en verklarende variabelen anderzijds.

Betekent dit nu dat het gebruik van factoranalyse wordt afgewezen? Integendeel, factoranalyse heeft in het verleden bewezen uitstekende resultaten te kunnen boeken. Afhankelijk van de diepgang van het onderzoek heeft het bijgedragen tot het vergroten van het inzicht in de samenhangen tussen de variabelen in verschillende probleemgebieden in de landbouw. Meer ook dan regressieanalyse is factoranalyse een methode met behulp waarvan het mogelijk is om samenhangen tussen een relatief groot aantal variabelen te analyseren. Maar, zo kan men zich afvragen, heeft het onderzoek hiermee beantwoord aan het doel, dat men oorspronkelijk voor ogen had. Ik ben de mening toegedaan dat dat maar gedeeltelijk het geval is. Factoranalyse geeft inzicht in de richting en de mate waarin de variabelen gezamenlijk bewegen, maar niet langs welke weg de variabelen elkaar beïnvloeden en ook niet hoe groot de invloed is van de verschillende variabelen. Factoranalyse geeft immers geen verklaring voor de hoogte van de variabelen. Daarom ook vind ik het onterecht dat men in de verslaggeving keer op keer de indruk wekt dat de invloed wordt nagegaan van een aantal verklarende variabelen op een te verklaren variabele - zie bovenstaande citaten van van Rijssel, de Hoop, Reitsma, Vervoort en Klaassens - terwijl men zich feitelijk beperkt tot het opsporen van een factorstructuur. Ik zou er dan ook voor willen pleiten dat of de verslaggeving wordt aangepast in die zin dat wordt aangegeven dat het doel van het onderzoek is gericht op het opsporen van een factorstructuur, dat het onderzoek is opgezet om inzicht te verkrijgen van de richting en de mate waarin de variabelen gezamenlijk bewegen en dat men in het onderzoek en in de verslaggeving een variabele - de doelvariabele - centraal stelt. Of anders dat in de verslaggeving wordt aangegeven dat men is geïnteresseerd in het oorzakelijk verband tussen een te verklaren variabele en de verklarende variabelen,



maar dat men vanwege de grote mate van correlatie tussen de variabelen een stap terug doet en zich beperkt tot de toepassing van factoranalyse. Met de nadruk op een stap terug, omdat factoranalyse geen verklaring geeft voor de hoogte van de variabelen, zodat men maar gedeeltelijk aan het oorspronkelijke doel beantwoordt. In dat geval verwacht ik dat men, nadat met factoranalyse een bepaald eindresultaat is geboekt, alsnog zal proberen het onderzoek in een andere richting voort te zetten.

#### 4.1.2 Het benoemen van factoren

Over het benoemen van factoren schrijft de Groot (1984): "Een op het LEI ingeburgerde gewoonte is om de gevonden factoren zonder pardon te benoemen naar die variabele die er de hoogste lading op laat zien. In principe is hiertegen geen bezwaar: aan een factor mag elke naam worden toegekend die de onderzoeker te binnen wil schieten, mits die naam en het eigenlijke karakter van de factor maar niet door elkaar worden gehaald.

Als een analyse een bepaalde factor oplevert die in overwegende mate de variantie van een reeks oorspronkelijke variabelen "dekt" dan heeft die analyse vooruitgang opgeleverd. Het veld van variabelen is vereenvoudigd en het onderzoekerterrein is overzichtelijker geworden, terwijl misschien tevens de een of andere empirisch verifieerbare "achterliggende" variabele is ontdekt.

Maar als uit de analyse een factor komt waarop een bepaalde variabele betrekkelijk hoog laadt, waarna die factor vervolgens behandeld wordt alsof hij die variabele zelf is, dan is er eigenlijk alleen maar achteruitgang geboekt: in plaats van de variabele zelf, waarvan alle empirische eigenschappen voorhanden zijn, wordt dan verder gewerkt met een surrogaatvariabele die in sommige gevallen alleen in de verte lijkt op de variabele waaraan hij de naam heeft ontleend".

Tot zover de stellingname van de Groot, die ik hier zou willen onderschrijven aan de hand van een voorbeeld. Uitgangspunt hierbij is een factoranalytisch onderzoek van Baltussen (1986). Baltussen is nagegaan welke factoren van invloed zijn op de bedrijfsuitkomsten in de varkenshouderij, waarbij de laatste nader is opgesplitst in de varkensmesterij en de zeugenhouderij. De resultaten die werden verkregen voor de zeugenhouderij zullen hier nader onder de loep worden genomen. Voor meer achtergrondinformatie wordt verwezen naar zijn publikatie. Baltussen heeft op een databestand van 1386 bedrijven en 58 variabelen - de namen van deze variabelen staan op blz 38-39 of zijn anders terug te vinden in bijlage 6 - factoranalyse toegepast, en een aspectentabel bepaalt van 25 aspecten. Van deze 25 aspecten zijn er 14 gepubliceerd en besproken. Waarom de overige aspecten niet zijn gepubliceerd en besproken, als ook waarom gekomen is tot juist 25 aspecten, wordt niet vermeld.

De door Baltussen gevonden resultaten - de aspecten 1 t/m 14 - staan vermeld in tabel 4.1. In kolom 1 staat het nummer van het aspect en in kolom 2 de aanduiding die Baltussen aan de aspecten heeft gegeven. Baltussen hanteert hierbij de op het LEI ingeburgerde en naar ik hoop aan te tonen slechte gewoonte om de aspecten te benoemen naar die variabele die met dat aspect de hoogste binding heeft. Omdat het interessant is om na te gaan hoe hoog deze binding is heb ik dit vermeld in kolom 3. In kolom 4 tenslotte is vermeld het percentage van de variantie in het saldo - in dit onderzoek de doelvariabele - dat door ieder van de aspecten wordt verklaard.

Op het LEI is het te doen gebruikelijk om alleen die aspecten te rapporteren, die naar eigen zeggen een deel van de variantie van de doelvariabele verklaren. Soms ook wordt, als men het interessant genoeg vindt, vermeld dat een aspect geen invloed heeft op de doelvariabele - in het onderzoek van Baltussen het aspect huisvesting gespeende biggen - maar dit zijn uitzonderingen. Nu is een van de grote pluspunten van het factoranalytisch onderzoek dat op het LEI is verricht, het feit dat de

Tabel 4.1 Resultaten voor de zeugenhouderij volgens het onderzoek van Baltussen

Aspect	Aanduiding	Binding met de variabele waar het aspect naar is genoemd (%)	% van de va- riantie in het saldo verklaard
1	huisvesting gespeende biggen	+31	0
2	toepassing all in all out systeem	+83	6
3	herkomst opfokzeugen	+67	1
4	gebruik inseminatoren KI	+98	1
5	gebruik DHZ-KI	+37	2
6	hygienische maatregelen	KOH +49, AGB +50	10
7	speenleeftijd	+16	11
8	afleveringsgewicht biggen	+57	2
9	diverse kosten (brandstof, strooisel)	+53	2
10	worpen per zeug per jaar	+43	16
11	aantal grootgebrachte biggen per worp	+84	24
12	kg biggenvoer per big	+40	10
13	voerkosten	+49	8
14	opbrenstprijzen biggen	+13	6
.....			
15	% sbe melkvee + grasland	+61	0
16	totaal sbe	+52	0
17	ventilatiesysteem gespeende biggen	+71	0
18	consulentschap Assen	+85	0
19	luchtaanvoer gespeende biggen	+24	0
20	reinigen kraamopfokhokken	+38	0
21	ontsmetten kraamopfokhokken	+73	0
22	consulentschap Tilburg	+12	0
23	reinigen AGB	+63	0
24	consulentschap Zwolle	+67	0
25	consulentschap Gouda	+77	0

resultaten in een bibliotheek worden opgeslagen. Zodoende bestond de mogelijkheid het onderzoek van Baltussen te reproduceren en ook de overige aspecten op te sporen en te benoemen. Bij de benoeming hiervan ben ik op dezelfde wijze te werk gegaan als Baltussen, dat wil zeggen heb ik de aspecten benoemd naar die variabele, die met het aspect de hoogste binding heeft. De resultaten daarvan staan eveneens vermeld in tabel 4.1. Zoals men ziet leveren deze aspecten geen bijdrage aan de verklaring van de variantie in de doelvariabele.

Het is mij niet duidelijk waarom Baltussen de bespreking van deze laatste aspecten achterwege laat, omdat hierin toch een belangrijke bron van informatie ligt opgesloten. Interpreteren wij deze niet besproken aspecten namelijk op dezelfde wijze, dan kan worden afgeleid dat de bedrijfs grootte niet van invloed is op de variantie in het saldo en ook dat de verschillende consulentschappen weliswaar veel invloed hebben op het bedrijfsgebeuren in de hun toebedeelde regio's, maar dat dit niet leidt tot verschillen in het saldo. Zeker als een dergelijk onderzoek is bedoeld om een brug te slaan naar de voorlichting is deze informatie van grote importantie.

Hoe groot is nu de waarde die je aan deze resultaten moet toekennen? Dat blijkt als men ze vergelijkt met andere factoren, die kunnen worden verkregen door rotatie. Ter toelichting: bij iedere ontbinding van  $R = AA' + V$  in  $m$ -factoren bestaan vele factorstructuren, die alle met evenveel recht als een oplossing kunnen worden beschouwd. Dit betekent dat men uit

de verschillende oplossingen een keuze zal moeten maken en dat men om één bepaalde oplossing, dit is één bepaalde factorstructuur, te rechtvaardigen met niet-statistische argumenten zal moeten komen. Zulke argumenten zijn in het verslag van Baltussen niet terug te vinden.

In het programma RX zijn twee (rotatie-)mogelijkheden om factoren te determineren:

1. een analytische methode (varimax). Het idee achter een varimax rotatie is dat veel punten dicht bij één van de geroteerde assen liggen, terwijl weinig punten ver verwijderd zijn van alle assen;
2. een rotatie naar eigen inzicht van de onderzoeker.

Om te laten zien tot welke verschillen in uitkomst deze zaken kunnen leiden, zeker als men spreekt over een doelvariabele, voer ik twee hypothetische onderzoekers op. Eén onderzoeker die weinig zicht heeft op het productieproces in de zeugenhouderij en geen idee heeft van de structuur die in het databestand ligt opgesloten. Verondersteld wordt dat deze onderzoeker het model oplost door een varimax-rotatie toe te passen. Naar aanleiding hiervan noem ik hem MAX. Alsmede één onderzoeker, die, omdat hij alleen is geïnteresseerd in variabelen die verschillen veroorzaken in de doelvariabele, roteert op het saldo zelf. Dit om te corrigeren voor die verschillen die niet samenhangen met het saldo. Deze onderzoeker noem ik COR.

De resultaten van MAX en COR staan vermeld in respectievelijk tabel 4.2 en tabel 4.3. Wederom is, net als bij Baltussen, ieder aspect benoemd naar die variabele, die met het aspect de hoogste binding heeft.

Tabel 4.2 Resultaten voor de zeugenhouderij volgens het onderzoek van Max

Aspect	Aanduiding	Binding met de variabele waar het aspect naar is genoemd (%)	% van de va- riantie in het saldo verklaard
1	aantal grootgebrachte biggen per worp	+95	40
2	kg zeugenvoer per zeug	+88	0
3	consulentschap Arnhem	+67	0
4	ontsmetten kraamopfokhokken	+83	0
5	worpen per zeug per jaar	+88	24
6	consulentschap Zwolle	+93	1
7	gebruik inseminatoren KI	+88	0
8	kg biggenvoer per big	+89	0
9	consulentschap Assen	+93	0
10	reinigen AGB	+80	0
11	consulentschap Gouda	+90	0
12	totaal sbe	+88	1
13	% sbe melkvee + grasland	+83	0
14	opbrenstprijs biggen	+30	25
15	prijs zeugenvoer	+51	2
16	toepassing all in all out systeem	+60	0
17	brandstof- en strooiselkosten	+52	1
18	ventilatiesysteem gespeende biggen	+74	0
19	herkomst opfokzeugen	+65	1
20	hygienische maatregelen	KOH +50, AGB +65	3
21	reinigen kraamopfokhokken	+52	0
22	gebruik DHZ-KI	+39	0
23	aantal zeugen/afdeling	+58	0
24	luchtaanvoer gespeende biggen	+56	0
25	% sbe pluimvee	+17	1

Tabel 4.3 Resultaten voor de zeugenhouderij volgens het onderzoek van COR

Aspect	Aanduiding	Binding met de variabele waar het aspect naar is genoemd (%)	% van de va- riantie in het saldo verklaard
1	% sbe pluimvee	+17	0
2	kg zeugenvoer per zeug	+88	0
3	consulentschap Arnhem	+68	0
4	ontsmetten kraamopfokhokken	+83	0
5	aantal grootgebrachte biggen per worp	+51	0
6	consulentschap Assen	+93	0
7	gebruik inseminatoren KI	+87	0
8	kg biggenvoer per big	+86	0
9	consulentschap Gouda	+90	0
10	reinigen AGB	+80	0
11	consulentschap Zwolle	+93	0
12	totaal sbe	+86	0
13	% sbe melkvee + grasland	+82	0
14	worpen per zeug per jaar	+43	0
15	prijs zeugenvoer	+49	0
16	toepassing all in all out systeem	+59	0
17	brandstoffen- en strooiselkosten	+51	0
18	ventilatiesysteem gespeende biggen	+74	0
19	herkomst opfokzeugen	+65	0
20	hygienische maatregelen	KOH +44, AGB +58	0
21	reinigen kraamopfokhokken	+53	0
22	gebruik DHZ-KI	+39	0
23	aantal zeugen/afdeling	+58	0
24	luchtaanvoer gespeende biggen	+56	0
25	omzet en aanwas	+80	100

Noot: De resultaten die in deze tabel staan vermeld zijn uitsluitend bedoeld om het bezwaar dat ik maak tegen de wijze waarop de aspecten zijn benoemd te onderbouwen. De resultaten op zich zijn weinig relevant, omdat een onderzoeker in het algemeen alleen dan een oplossing als succesvol beschouwt, als aan de aspecten een betekenis kan worden gegeven op grond van die variabelen, die aan de basis staan van het model en niet verder kunnen worden opgesplitst. Dit geldt niet voor de omzet en aanwas. Deze tabel als bijdrage aan de gedachtenvorming mag dan ook als vrij extreem worden omschreven.

In tabel 4.4 zijn de resultaten van Baltussen, MAX en COR met elkaar vergeleken. Zo op het oog toont deze tabel het bestaan van een zekere factorstructuur. Maar liefst 19 van de 25 aspecten (75%) heeft dezelfde naam en onder deze aspecten vertoont het bijbehorende bindingspercentage, waar deze aspecten hun naam aan ontleen, een redelijk stabiel beeld. Opmerkelijk echter zijn de verschillen in het percentage van de variantie in de doelvariabele dat door ieder van deze 19 aspecten wordt verklaard. Concludeert Baltussen dat de toepassing van het all in all out systeem, het gebruik van inseminatoren KI, het gebruik van DHZ-KI en het aantal kg biggenvoer per big respectievelijk 6, 1, 2 en 10% van de variantie in het saldo verklaart, volgens MAX hebben deze geen invloed. Gaat Baltussen andersom niet in op de bedrijfsgrootte en de invloed van het consulentschap Zwolle, omdat deze geen invloed hebben op de variantie in het saldo, volgens MAX verklaren zij beide 1%. De vraag is nu: kan men iets zeggen over de juistheid van deze resultaten? Bijvoorbeeld dat de resultaten van Baltussen en MAX in dezelfde orde van grootte liggen of in dezelfde richting wijzen? Zo te zien niet, want onderzoeker COR concludeert dat geen van deze 19 aspecten invloed uitoefent op de variantie in het saldo.

Tabel 4.4 Een vergelijking van de resultaten van Baltussen, MAX en COR

Aanduiding aspect	% variantie in het saldo verklaard volgens		
	Baltussen	MAX	COR
toepassing all in all out systeem	6 (83)	0 (60)	0 (59)
herkomst opfokzeugen	1 (67)	1 (65)	0 (65)
gebruik inseminatoren KI	1 (98)	0 (88)	0 (87)
gebruik DHZ-KI	2 (37)	0 (39)	0 (39)
hygienische maatregelen	10 (50)	3 (58)	0 (51)
brandstof- en strooiselkosten	2 (53)	1 (52)	0 (51)
worpen per zeug per jaar	16 (43)	24 (88)	0 (43)
aantal grootgebrachte biggen	24 (84)	40 (95)	0 (51)
kg biggenvoer per big	10 (40)	0 (89)	0 (86)
% sbe melkvee + grasland	0 (61)	0 (83)	0 (82)
totaal sbe	0 (52)	1 (88)	0 (86)
ventilatiesysteem gespeende biggen	0 (71)	0 (74)	0 (74)
consulentschap Assen	0 (85)	0 (93)	0 (93)
luchtaanvoer gespeende biggen	0 (24)	0 (56)	0 (56)
reinigen kraamopfokhokken	0 (38)	0 (52)	0 (53)
ontsmetten kraamopfokhokken	0 (73)	0 (83)	0 (83)
reinigen AGB	0 (63)	0 (80)	0 (80)
consulentschap Zwolle	0 (67)	1 (93)	0 (93)
consulentschap Gouda	0 (77)	0 (90)	0 (90)
huisvesting gespeende biggen	0 (31)	-	-
speenleeftijd	1 (16)	-	-
afleveringsgewicht biggen	1 (57)	-	-
voerkosten	1 (49)	-	-
opbrengstprijs biggen	6 (13)	25 (30)	-
consulentschap Tilburg	0 (12)	-	-
kg zeugenvoer per zeug	-	0 (88)	0 (88)
consulentschap Arnhem	-	0 (67)	0 (68)
prijs zeugenvoer	-	2 (51)	0 (49)
aantal zeugen/afdeling	-	0 (58)	0 (58)
% sbe pluimvee	-	1 (17)	0 (17)
omzet en aanwas	-	-	100 (80)

Tussen haakjes staat het bindingspercentage met de variabele waar het aspect naar genoemd is.

Zetten wij de resultaten op een rij, dan blijkt dat Baltussen, MAX en COR uitgaan van hetzelfde databestand, dezelfde correlatiematrix, een gelijk aantal aspecten, dat zij een factorstructuur ontdekken, die zo op het oog veel overeenkomsten vertoont, maar dat zij alle drie totaal verschillende resultaten vinden met betrekking tot de variantie in de doelvariabele die door de aspecten afzonderlijk wordt verklaard. De reden hiervan is eenvoudig. Door de aspecten zonder pardon te benoemen naar die variabele die met dat het aspect de hoogste binding heeft, wordt een dermate grote vereenvoudiging tot stand gebracht, dat het zicht op de onderhavige structuur totaal verloren is gegaan. Zodanig zelfs dat in het onderzoek van Baltussen, MAX en COR 19 van de 25 aspecten niet meer van elkaar zijn te onderscheiden. Dat dit kan leiden tot vreemde conclusies is duidelijk. Verschillende constellaties van factoren die in naamgeving niet van elkaar zijn te onderscheiden kunnen als even zovele 'oorzaken' van de doelvariabele worden aangemerkt met telkens een ander rijtje van verklaarde variantie. Dat kan onmogelijk de bedoeling zijn.

Het geven van een zinvolle betekenis aan eenmaal gevonden factoren is

een gecompliceerde zaak en ligt volledig bij de verantwoordelijkheid van de onderzoeker. Deze doet er dan ook goed aan om bij het benoemen van factoren de grootst mogelijke voorzichtigheid te betrachten. Het zonder pardon benoemen van factoren naar die variabele die de hoogste binding met deze factor laat zien valt hier niet onder en moet ten strengste worden verworpen. De betekenis van de factoren hangt namelijk niet af van slechts één variabele, maar juist van de combinatie van de verschillende variabelen die aan de factoren zijn gebonden.

#### 4.1.4 Conclusie

In een factoranalytisch onderzoek wordt onder een doelvariabele niet verstaan een te verklaren variabele, die wordt onderscheiden van de verklarende variabelen, maar een variabele waarop men in het onderzoek en in de verslaggeving de nadruk wenst te leggen, omdat het onderzoek daarvoor is opgezet. Volgt men deze opvatting, dan kunnen de resultaten van het onderzoek van Baltussen als volgt worden weergegeven:

- 83% van de variantie in het toepassen van all in all out in kraamopfokhokken en 43% van de variantie in het toepassen van all in all out in afdelingen met gespeende biggen hangt samen met 63% van de variantie in het saldo;
- 67% van de variantie in de herkomst van opfokzeugen hangt samen met 1% van de variantie in het saldo;
- 98% van de variantie in het gebruik van inseminatoren KI hangt samen met 1% van de variantie in het saldo;
- 37% van de variantie in het gebruik van DHZ-KI hangt samen met 2% van de variantie in het saldo;
- 49% van de variantie in de hygienische maatregelen in kraamopfokhokken en 50% van de variantie in de hygienische maatregelen in afdelingen met gespeende biggen hangt samen met 10% van de variantie in het saldo;
- 16% van de variantie in de speenleeftijd hangt samen met 11% van de variantie in het saldo;
- 57% van de variantie in het gewicht van verkochte biggen hangt samen met 2% van de variantie in het saldo;
- 53% van de variantie in brandstof- en strooiselkosten en 24% van de variantie in dierenartskosten hangt samen met 2% van de variantie in het saldo;
- 43% van de variantie in het aantal worpen per zeug per jaar hangt samen met 16% van de variantie in het saldo;
- 84% van de variantie in het aantal grootgebrachte biggen per worp hangt samen met 24% van de variantie in het saldo;
- 40% van de variantie in het aantal kilogram biggenvoer per big hangt samen met 10% van de variantie in het saldo;
- 49% van de variantie in de voerkosten hangt samen met 8% van de variantie in het saldo;
- 13% van de variantie in de opbrengstprijzen van biggen hangt samen met 6% van de variantie in het saldo.

Bij deze percentages gaat het om partiële correlaties, dat wil zeggen correlaties waarbij alle andere factoren constant zijn verondersteld. Het is dus niet gezegd dat twee variabelen die sterk zijn gebonden aan een factor ook in het algemeen hoog zijn gecorreleerd. Daarnaast mag uit dit rijtje niet geconcludeerd worden, dat de verschillende variabelen die zijn genoemd altijd een graadmeter zijn voor het saldo. Neem bijvoorbeeld het eerste aspect, dan blijkt dat 17% van de variantie in het toepassen van all in all out in kraamopfokhokken en 57% van de variantie in het toepassen van all in all out in afdelingen met gespeende biggen niet aan dit aspect is gebonden, terwijl dit aspect 6% van de variantie in het saldo verklaart. Feitelijk is sprake van een beperkte samenhang en kunnen twee ant-

woorden gegeven worden op de vraag of het toepassen van all in all out samenhangt met het saldo, namelijk voor 83% ja en voor 17% nee als het kraamopfokhokken betreft en voor 43% ja en 57% nee als het afdelingen met gespeende biggen betreft (zie ook Hamming, 1958, blz 19). Dit geeft tevens het bezwaar dat men kan aantekenen tegen de wijze waarop de factoren benoemd worden. Door de factoren te behandelen als variabelen waaraan zij de naam ontleend hebben, wordt aan de beperktheid, of anders gezegd, aan het nee-gedeelte van de samenhang met de doelvariabele voorbijgegaan.

## 4.2 Factoranalyse als methode

De opmerkingen die tot nu toe zijn gemaakt betreffen alle de toepassing van factoranalyse: zij hebben betrekking op het doel waarvoor factoranalyse gebruikt kan worden en ook op de interpretatie van de resultaten. Geen kanttekeningen zijn gezet bij de methode van factoranalyse op zichzelf. In het nu volgende wil ik een aantal problemen of tekortkomingen aanstippen van de methode op zichzelf, die evenwel verband houden met de vorm, waarin de toepassingen van factoranalyse op het LEI hun beslag hebben gekregen.

### 4.2.1 Het aantal factoren

Wanneer niet tevoren is vastgesteld hoeveel factoren het databestand voortbrengt, zoals bij onderzoeken op het LEI meestal het geval is, doet zich de vraag voor hoeveel factoren dit zullen zijn? Nu is het zaak goed onderscheid te maken tussen twee vragen

a. hoeveel factoren zijn nodig om de samenhang te verklaren?

b. hoeveel (en welke) factoren hiervan hebben praktisch nut?

Ten onrechte wordt vaak om het aantal factoren te bepalen alleen de tweede vraag beantwoord.

Mijns inziens is de juiste weg eerst de eerste vraag op grond van statistische criteria te beantwoorden en vervolgens de tweede vraag te bekijken. Laat men het eerste na, dan komt men slechts tot vage uitspraken, daar men geen criterium heeft om de afwijkingen van de realiteit van het gevonden model te beantwoorden. De uitspraak "m factoren verklaren de samenhang grotendeels" of ook "door meer factoren te berekenen, zou er weinig meer van de variantie van de variabelen verklaard worden" is te vaag om empirische relevantie te hebben.

Er zijn een aantal criteria in omloop die behulpzaam kunnen zijn bij de bepaling van het aantal factoren, waarvan ik zou willen noemen het knikcriterium, het eigenwaarden-groter-dan-1 criterium en een statistisch criterium. De keuze zou uit kunnen vallen in het voordeel van een statistisch criterium, omdat alleen deze een antwoord geeft op de vraag hoeveel factoren minimaal moeten worden gepostuleerd om een factormodel geldig te maken. De mogelijkheden hiertoe zijn ook aanwezig, omdat het programma RX bij ieder factormodel dat wordt geschat een toetsgrootte met een  $\chi^2$  verdeling afdrukt, die is bedoeld om te toetsen of een m-factor model geldt of moet worden verworpen. De praktijk is echter dat bij de verschillende onderzoeken die op het LEI worden uitgevoerd aan deze zaak geen aandacht wordt besteed.

Nu is er van verschillende zijden kritiek uitgeoefend op de modeltoets en de  $\chi^2$  verdeling. Het zou zo zijn dat het onderscheidingsvermogen van deze toetsgrootte onvoldoende is, zodat men deze met voorzichtigheid dient te hanteren. Dit geeft echter niet het recht om de wijze waarop het aantal factoren is bepaald bij de bespreking van de resultaten achterwege te laten. De overwegingen die hebben geleid om juist tot dat aantal factoren te komen als in het onderzoek staan vermeld, zijn net zo relevant voor de beoordeling van het onderzoek als de resultaten zelf (zie ook Harman, 1960, hoofdstuk 17; alsmede Brand-Koolen, 1972, hoofdstuk 12).

#### 4.2.2 Het aantal waarnemingen

Een belangrijk punt dat naar mijn mening te weinig aandacht krijgt is het aantal waarnemingen in verhouding tot het aantal variabelen. In tabel 4.5 zijn deze van een aantal onderzoeken vermeld.

Tabel 4.5 Het aantal waarnemingen en het aantal variabelen in verschillende LEI-onderzoeken

Auteur	Aantal waarnemingen	Aantal variabelen
Kortekaas (1979)	68 (1972)	52
	67 (1973)	58
	61 (1974)	62
	51 (1975)	40
	54 (1976)	40
Vervoort (1982)	40	76
van Rijssel (1983)	44	76
Alleblas (1984)	63	55
van der Zwaan (1984)	29	36
Baltussen (1986)	1386	58

Uit deze tabel blijkt dat in het algemeen minder waarnemingen zijn opgenomen dan variabelen of dat het aantal waarnemingen slechts weinig groter is dan het aantal variabelen. Alleen het onderzoek van Baltussen springt er duidelijk uit.

In wezen neemt men een risico als men werkt met weinig waarnemingen. Het gevaar is namelijk, dat herhaling van het experiment onverwacht grote verschillen in de schattingen zou opleveren en daarmee een volstrekt andere interpretatie van de resultaten. Een concrete vraag is echter hoeveel waarnemingen in een factoranalytisch onderzoek dan voldoende zijn? Opmerkelijk is dat hierover in de literatuur niet zoveel te vinden is, wellicht omdat een algemeen - vaststaand - criterium niet is te geven. Er zijn echter wel aanbevelingen. Zo raadt Brand-Koolen aan (1972, blz. 226) om uit te gaan van tenminste 250 waarnemingen. Dit gebaseert op de gedachte dat correlatiecoëfficiënten die kleiner zijn dan .12 bijna geen invloed uitoefenen op de uitkomsten in de factoranalyse, en dat een correlatiecoëfficiënt van .12 alleen dan significant is (bij een betrouwbaarheidsdrempel van 95%), als het aantal waarnemingen tenminste 250 bedraagt. Dit is echter maar één zienswijze.

Een ondergrens voor het aantal waarnemingen, waar soms ten onrechte aan wordt voorbijgegaan, wordt gegeven door het aantal variabelen. Dit omdat anders de inverse van de covariantie- of de correlatiematrix niet is gedefinieerd en de standaardfouten van de bindingspercentages niet kunnen worden berekend. Het feit dat dit niet wordt opgemerkt komt waarschijnlijk doordat in het programma RX geen standaardfouten van de bindingspercentages worden berekend.

#### 4.2.3 Standaardfouten

Hierboven is al gezegd dat het programma RX geen standaardfouten van de bindingspercentages berekend. Een slechte zaak, omdat deze gang van zaken naar mijn mening debet is aan veel misplaatst vertrouwen in factoranalytische resultaten. Net als regressieanalyse namelijk is ook factor-



analyse een statistische methode, waarbij de coëfficiënten worden geschat op basis van het beschikbare databestand. Het is dan ook zaak om, net als bij regressieanalyse, de standaardfouten van de coëfficiënten - in dit geval de factorladingen, of, indien wordt gesproken van bindingspercentages, de factorladingen in het kwadraat - te berekenen. Dan ook kan men toetsen of bepaalde variabelen een significante bijdrage leveren aan een factor of niet. Dat dit nog niet gebeurt komt waarschijnlijk, omdat deze variantieschatters nog weinig bekendheid genieten, wellicht ook omdat zij vrij ingewikkeld zijn. Daarom vermeld ik hier alleen een indicatie van de standaardfout. Deze indicatie, die onafhankelijk is van de hoogte van het bindingspercentage, wordt gevonden door

$$1/4 ( 3/r - 2 - 5r + 4r^2 ) / N$$

met  $r$  de gemiddelde waarde van de correlaties, exclusief de diagonaalelementen, en  $N$  het aantal waarnemingen (zie Brand-Koolen, 1972, blz. 239). Bedraagt de gemiddelde correlatiecoëfficiënt bijvoorbeeld .25 en neemt men als maatstaf voor het doorsnee LEI-onderzoek een aantal van 60 waarnemingen, dan is de standaardfout gelijk aan 3,75%. Dit betekent dat in een dergelijk onderzoek alle bindingspercentages die kleiner zijn dan 8% met de nodige voorzichtigheid moet worden geïnterpreteerd - denk hierbij ook aan de doelvariabele - omdat niet is komen vast te staan dat de binding met de betreffende factor significant van nul verschillend is (bij een betrouwbaarheidsdrempel van 95%). Natuurlijk moet men aan deze standaardfout, zeker omdat het een indicatie betreft, ook niet teveel aandacht schenken. Het is duidelijk bedoeld als gids, als een hulpmiddel dat inzicht geeft in de betrouwbaarheid van de resultaten, en niet als scheidsrechter.

#### 4.2.4 De stabiliteit van een oplossing

Bij de bespreking van factoranalyse als methode is gewezen op de problemen bij het identificeren van factoren. Tevens is er op gewezen dat niet alle voldoende oplossingen als succesvol worden beschouwd. Zij moeten ook verklarende kracht hebben en in overeenstemming zijn met de praktijk en de kennis opgedaan in andere onderzoekingen. Een hulpmiddel hierbij zou kunnen zijn de Guttman criteriumwaarde. Deze waarde is de laagst bereikbare correlatiecoëfficiënt tussen ieder tweetal kandidaten dat in aanmerking komt voor één factor.

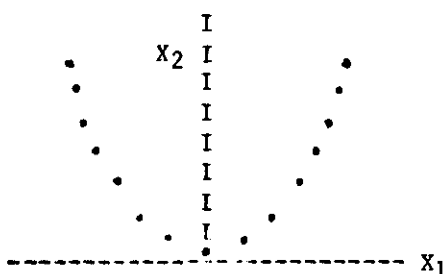
Door deze waarde voor elk van de factoren te berekenen verkrijgt men een belangrijke bron van informatie over de stabiliteit van een factor en daarmee een belangrijk hulpmiddel bij de interpretatie van de resultaten. Zo zou men kunnen afspreken dat een factor alleen dan met recht kan worden geïnterpreteerd als deze criteriumwaarde een zekere minimale grens overschrijdt. Ligt deze waarde namelijk dicht bij één, dan lijken de kandidaten die voor een factor in aanmerking komen sprekend op elkaar, en kan men deze factor veilig interpreteren. Dit zal zich vooral voordoen als veel variabelen sterk zijn gebonden aan één factor. Ligt deze waarde daarentegen dicht bij nul of is zij zelfs negatief, dan kunnen de kandidaten bijna of in het geheel ongecorreleerd zijn en kan men niet veel zeggen over de onderliggende factor. In dat geval kan men radicaal verschillende kandidaten als factor opvoeren en in beginsel met gelijke kracht verdedigen.

Meestal is het zo dat men beide gevallen zal aantreffen en verdient het aanbeveling alleen die factoren voor verdere doeleinden te gebruiken, waarvan de Guttman criteriumwaarde hoog is. Tevens zou ik willen vermelden dat deze voorziening eenvoudig in het programma RX kan worden ingebouwd, mits men inzicht heeft in de wijze waarop dit programma is geschreven.

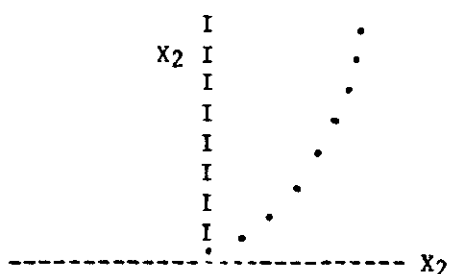
#### 4.2.5 Lineaire verbanden

De covariantie- of de correlatiecoëfficiënt, die in de factoranalyse als uitgangspunt wordt gebruikt, is een samenhangsmaat die geschikt is voor het karakteriseren van lineaire samenhangen, waarmee bedoeld wordt dat elke puntenwolk van een steekproef van bivariate waarnemingen ruwweg rond een rechte lijn geconcentreerd is. Andere vormen van samenhang worden er niet of op onvoorspelbare wijze door weerspiegeld. Wanneer tussen twee variabelen  $X_1$  en  $X_2$  het volgende kwadratische verband (figuur 4.1) bestaat, dan is de covariantie tussen  $X_1$  en  $X_2$  nul, en krijgt men ten onrechte de indruk dat er geen relatie bestaat. Is daarentegen de relatie, wederom kwadratisch, als in figuur 4.2, dan zal de correlatiecoëfficiënt nog vrij dicht bij 1 liggen. Men is dus nogal afhankelijk van het waardebereik van de variabelen in zulke gevallen.

Figuur 4.1 Een populatie van waarden ( $X_1, X_2$ )



Figuur 4.2 Een populatie van waarden ( $X_1, X_2$ )



Een belangrijk vraagteken kan daarnaast worden geplaatst bij een lineair verband tussen ordinale variabelen. Wat te denken bijvoorbeeld van het lineair verband tussen de variabelen "reinigen afdeling gespeende biggen" en "hygiënische maatregelen afdeling gespeende biggen" in het onderzoek van Baltussen (1986). In dit geval is geen sprake van een puntenwolk, maar van een beperkt aantal roosterpunten, die de twee variabelen tegelijkertijd kunnen aannemen (zie figuur 4.3). Ook kan een vraagteken worden gezet bij de schaal van de variabelen. De indeling in slecht, matig en goed had ook kunnen zijn 1-2-4 of 1-5-9.

Het gebruik van factoranalyse is gebaseerd op lineaire verbanden. Het is daarom zaak om na te gaan, bijvoorbeeld door het tekenen van een puntenwolk, of men redelijkerwijs kan aannemen dat deze verbanden tussen de variabelen daadwerkelijk bestaan. Is dat niet het geval, dan kan dit de resultaten behoorlijk beïnvloeden en leiden tot verkeerde conclusies (zie ook Stewart, 1981, blz. 60).

Figuur 4.3 Het verband tussen twee ordinale variabelen

	reinigen afdeling gespeende biggen			
	I			
iedere worp of steeds	2 I	*	*	*
	I			
soms	1 I	*	*	*
	I			
nooit	0 I	*	*	*
	I			
	-----			
	1	2	3	hygiënische maatregelen afdeling gespeende biggen
	slecht	matig	goed	

In de woorden van Harman (1960, blz. 382): "Certain consequences of the factor analysis model should be noted. The fundamental assumption that the observed variables are linear functions of the factor variables implies that certain kinds of data (e.g., color of eyes, nationality) cannot be studied in the framework of factor analysis. A corollary condition is that all the observed variables must be linearly related to one another. In general if factor-analysis methods were to be applied to qualitative or non-linear data, new equations would have to be derived to fit the data. Hence, the first step to take in a factor analysis is to make certain that the  $p$  observed variables are linearly related. Very often this is not done because of the implied labor. At least a visual inspection if not a formal statistical check should be made for each pair of observed variables. If non-linearity appears, then at least one of the non-linear pair is not a linear function of the factors.

Sometimes factor analysis is applied to non-linearity related variables, provided their relationships are monotonic. This is done with the belief that a straight line is always a good approximation to a monotonic function. Under this premise, most of the variance will be explained by the common-factor coefficients, even though a portion may be lost due to the inadequate fit of the straight line to a curve. Hence, while the factor analysis model may not be appropriate in a strict sense, it may be very useful in explaining the correlations and extracting as much variance as possible by means of the factors.

A purely statistical restriction is the requirement that each observed variable be normally distributed. While considerable latitude might be allowed, nevertheless a variable which is distinctly non-normal should not be included in the analysis".

#### 4.2.6 Conclusie

Factoranalyse wordt naar mijn idee teveel gezien als een wiskundige rekenmethode en niet als een statistische methode. Dit leidt er toe dat te weinig aandacht wordt besteed aan statistische problemen, zoals de betrouwbaarheid van de resultaten, met als bezwaar dat men onvoldoende inzicht verkrijgt in de beperkingen van de onderzoeksresultaten. Het verdient dan ook aanbeveling dit in de toekomst te veranderen.

## 5. SLOTBESCHOUWING

Het doel van deze nota was om aan te geven waar men factoranalyse voor kan gebruiken en ook waar men op dient te letten bij de interpretatie van de resultaten. Hieronder zal ik de conclusies nogmaals op een rij zetten.

Factoranalyse is een techniek voor het verwerken van multivariaat waarnemingsmateriaal en kan worden gebruikt voor datareductie, het opsporen van een factorstructuur of het toetsen van een factorstructuur. Het kan niet worden gebruikt voor het bepalen van een oorzakelijk verband tussen een te verklaren variabele enerzijds en een aantal verklarende variabelen anderzijds. Factoranalyse geeft namelijk geen verklaring voor de hoogte van de variabelen, maar uitsluitend de richting en de mate waarin de variabelen gezamenlijk bewegen.

Factoranalyse zou men kunnen typeren als een beschrijvende methode, omdat het de dimensies aangeeft van de ingevoerde variabelen. Onder bepaalde omstandigheden echter kan aan de factoren tevens een causale werking worden toegeschreven. Op het LEI staat deze benadering, deze wijze van interpretatie voorop en is het gebruikelijk de factoren te bespreken in relatie tot een doelvariabele, waarbij onder een doelvariabele wordt verstaan een variabele, die centraal staat in het onderzoek en in de verslaggeving, omdat het onderzoek daarvoor is opgezet.

In deze nota zijn een aantal voorwaarden naar voren gekomen waar een factoranalytisch onderzoek aan moet voldoen wil men kunnen spreken van een gedegen onderzoek. Deze voorwaarden zou ik hier op een rijtje willen zetten, te meer omdat men bij de op het LEI gangbare toepassing van factoranalyse regelmatig aan deze voorwaarden voorbijgaat of ook dat men niet in gaat op de gevolgen als men afwijkt van deze voorwaarden:

- Het gebruik van factoranalyse is gebaseerd op lineaire verbanden. Het is daarom zaak om na te gaan, bijvoorbeeld door het tekenen van een puntenwolk, of men redelijkerwijs kan aannemen dat deze verbanden tussen de variabelen daadwerkelijk bestaan.
- Men bespreekt de overwegingen die een rol hebben gespeeld bij de bepaling van het aantal factoren.
- Bij iedere ontbinding van  $R = AA' + V$  in  $m$ -factoren bestaan vele factorstructuren, die alle met evenveel recht als een oplossing kunnen worden beschouwd. Deze niet-identificeerbaarheid leidt er toe dat men een keuze moet maken uit de verschillende oplossingen. Men bespreekt de overwegingen die bij deze keuze een rol hebben gespeeld.
- Men bespreekt de betrouwbaarheid van de uitkomsten. Dit is niet zo eenvoudig, omdat de standaardfouten van de bindingspercentages vrij ingewikkeld zijn en in het programma RX niet bepaald worden. Een indicatie van de standaardfout, onafhankelijk van de hoogte van de bindingspercentages, is echter wel beschikbaar.
- De benoeming van de factoren laat men niet afhangen van slechts één variabele - uitzonderingen daargelaten -, maar juist van de combinatie van de verschillende variabelen die aan deze factor zijn gebonden. Een hulpmiddel daarbij zou kunnen zijn de Guttman criteriumwaarde. Kan men een factor niet interpreteren dan geeft men dat aan.

Tot slot zou ik willen besluiten met een aantal stellingen relevant voor het factoranalytisch onderzoek op het LEI, die ik heb ontleend aan verschillende bijdragen aan de literatuur. Ik geef deze stellingen, omdat ik nog nooit een methode ben tegengekomen, die zo dikwijls is bekritiseerd of waar zo vaak is gewezen op de beperkingen die deze methode nu eenmaal heeft en omdat het mij verwondert dat de beoefenaren van factoranalyse op het LEI hier zo weinig bij stil staan.

- Methoden, voetangels en klemmen in de factoranalyse (Bethlehem et al., 1978) waaruit de stelling: "er is een blinde vlek, een onopgevuuld gebied, in de wijze van kijken naar factoranalyse, die niet omvat wordt door de wijze van kijken van wiskundigen, factoranalytici of toepassers. Er zijn wiskundigen die op het standpunt staan dat alle moeilijkheden met een wiskundig kloppend model buiten hun verantwoordelijkheid vallen. Er zijn ook wiskundigen die vinden dat je alleen met een model mag werken als voor de volle 100% de nodige veronderstellingen correct bevonden zijn. Er zijn toepassers die denken dat alles wat wiskundig geformuleerd is boven kritiek verheven is, en anderen die menen dat alle kritiek van wiskundigen als academische scherpslijperij terzijde kan worden geschoven. De pur sang factoranalytici zijn veelal bezig met hogere orde verbeteringen (zij ontwerpen bijvoorbeeld nog meer geavanceerde rotatietechnieken) en zijn van mening dat factoranalyse als zodanig zijn nut wel bewezen heeft en dat de uitgangspunten geen kritische beschouwing meer behoeven.  
Geen van de vijf standpunten leidt tot een kritische bezinning op de aansluiting van het factoranalysemodel bij wat men er in de praktijk van verwacht, terwijl wij (de schrijvers van dat rapport, JPE) denken dat dat in iedere analyse opnieuw bijzonder noodzakelijk is".
- The application and misapplication of factor analysis in marketing research (Stewart, 1981) waaruit de stelling: "Both the popularity and the criticism of the method can be traced to the availability of computer programs that are easy to use and require little knowledge of the underlying theory or methodology of factor analysis. This rather blind use of factor analysis is a principal cause of the dissatisfaction with the technique".
- A simulation study of factor score indeterminacy (Acito en Anderson, 1986) waaruit de stelling: "The indeterminacy of factor scores refers to the fact that the same observed variables are consisted with a multiplicity of different factor scores. Further, these different factor scores may be only weakly correlated with one another. This mathematical indeterminacy has been recognized for many years, but is rarely mentioned in reports of factor analysis applications. Researchers planning to use factor analysis should be aware of indeterminacy and should consider its consequences".
- Wat is factoranalyse? (Corsten, 1971) waaruit de stelling: "Het is niet mogelijk om met factoranalyse vast te stellen hoe variabelen elkaar in causale ketens of iets dergelijks beïnvloeden. Men dient dan ook de beruchte valkuil te vermijden die in zijn eenvoudigste vorm de waarnemer van nauwe correlatie doet besluiten dat de één dan wel in hoofdzaak de oorzaak van de ander zal zijn. Er is slechts sprake van een niet-onredelijke condensatie van waarnemingsmateriaal, waaruit men met gezond verstand nuttige hypothesen kan putten. Factoranalyse is een middel tot detectie van hypothesen; bewijskracht zal er zelden aan ontleend worden".
- Factor analysis, a farm management research tool (Duncan, 1968) waaruit de stelling: "With reference to farm management research in particular it is apparent that factor analysis is a technique without any great degree of finesse. Still it does appear to have a place in the analysis of survey data".

## LITERATUUR

- Acito, F. en R.D. Anderson,  
"A simulation study of factor score indeterminacy". Journal of marketing research 23 (1986) 111-118.
- Alleblas, J.T.W.,  
Analyse van het management in de glastuinbouw,  
Den Haag, LEI, 1984. Onderzoekverslag 8.
- Baltussen, W.H.M.,  
Verschillen in bedrijfsuitkomsten op varkenshouderijbedrijven met een technisch economische administratie,  
Den Haag, LEI, 1986. Publikatie 3.133.
- Bethlehem, J.G. et al.,  
Methoden, voetangels en klemmen in de factoranalyse,  
Amsterdam, Mathematisch Centrum, 1978.
- Brand-Koolen, M.J.M.,  
Factoranalyse in het sociologisch onderzoek,  
Leiden (Stenfert Kroese) 1972.
- Corsten, L.C.A.,  
"Wat is factoranalyse?", Marktonderzoek kwartaalschrift (1971) 27-37.
- Duncan, R.C.,  
"Factor analysis, a farm management tool". Review of marketing and agricultural research 36 (1968) 37-46.
- Eriks, A. et al.,  
Opbrengsten, voerkosten en inkomen op Friese veenweidebedrijven,  
Den Haag, LEI, 1964. Verslagen no. 93.
- Groot, M. de,  
Een paar kanttekeningen bij de op het LEI gangbare toepassing van factoranalyse,  
Den Haag, LEI, 1984. Interne notitie.
- Gorissen, A.,  
Concept handleiding programma factoranalyse,  
Den Haag, LEI, 1987. Interne notitie.
- Harman, H.H.,  
Modern factor analysis,  
Chicago (The University of Chicago Press) 1960.
- Hamming, G.,  
Factoranalyse en kostprijsverschillen,  
Den Haag, LEI, 1958.
- Hamming, G. en A.H.J. Liberg,  
Aspecten van de bedrijfsvoering van gemengde bedrijven op zandgrond,  
Den Haag, LEI, 1960.
- Hamming, G. et al.,  
"Factoranalyse in theorie en praktijk". De Economist 109 (1961) 198-219.

LITERATUUR (1e vervolg)

Hoop, D.W. de,  
Methodiek van factoranalyse,  
Wageningen, LEI, 1981. PAO-cursus "Instrumentarium voor het bedrijfsbeheer  
in land- en tuinbouw".

Hoop, D.W. de,  
Aspecten die verschillen in bedrijfsuitkomsten en financiële positie van  
respectievelijk melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven verklaren  
(1979/80). In: Van bedrijfsuitkomsten tot financiële positie (BEF),  
Den Haag, LEI, 1981.

Huethorst, B.,  
De Haaglanden,  
Den Haag, LEI, 1983. Publikatie 2.166.

Johnston, J.,  
Econometric methods,  
Tokyo (McGraw-Hill) 1972.

Judge, G.G. et al.,  
The theory and practice of econometrics,  
New York (John Wiley and Sons) 1980.

Klaassens, K.,  
Verschillen in bedrijfsresultaten op moderne melkveebedrijven,  
Den Haag, LEI, 1985. Publikatie 3.131.

Klant, J.J.,  
Maatstaven voor wetenschappelijke kritiek,  
Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, 1976.

Kortekaas, B.M.M.,  
Oorzaken van verschillen in bedrijfsresultaat op gespecialiseerde bloem-  
bollenbedrijven,  
Den Haag, LEI, 1979. Publikatie 4.88.

Reitsma, A.,  
Verschillen in bedrijfsvoering en resultaat op melkveebedrijven,  
Den Haag, LEI, 1982. Publikatie 3.122.

Rijssel, E. van,  
Oorzaken van verschillen in opbrengsten in kasrozen,  
Den Haag, LEI, 1981. Publikatie 4.97.

Rijssel, E. van,  
Stoken met voorbedachten rade,  
Den Haag, LEI, 1983. Onderzoekverslag 3.

Schneider, J.,  
Factoranalyse; toelichting op de methode en computermatige verwerking,  
Den Haag, LEI, 1982. Interne nota 273.

Stewart, D.W.,  
"The application and misapplication of factor analysis in marketing  
research". Journal of marketing research 23 (1981) 51-62.

LITERATUUR (2e vervolg)

Vervoort, M.J.,  
Het vraagstuk van de uiteenlopende rentabiliteit van leghennenbedrijven,  
Den Haag, LEI, 1982. Publikatie 3.111.

Zachariasse, L.C.,  
Boer en bedrijfsresultaat,  
Wageningen, Landbouwhogeschool, 1974. Proefschrift.

Zachariasse, L.C. en D.W. de Hoop,  
"Het doel, de methode en de mogelijkheden van factoranalytisch onderzoek  
voor voorlichting en onderzoek". Bedrijfsontwikkeling 14 (1983) 221-226.

Zwaan, A.G. van der,  
Analyse van verschillen in bedrijfsresultaat van boomteeltbedrijven in  
Boskoop e.o. (1978/79 tm 1981/82),  
Den Haag, LEI, 1984. Onderzoekverslag 9.