EEN ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN DE CELMEMBRANEN EN EENIGE ANDERE FACTOREN OP DE VERTERINGSCOËFFICIËNTEN

BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN

Tj. J. HUISMAN

NN08201,138

Dit proefschrift met stellingen van

TJAKKO JACOBUS HUISMAN,

Landbouwkundig Ingenieur, geboren 12 Juni 1900 te Scheemda, is goedgekeurd door den promotor Dr E. BROUWER, hoogleeraar in de physiologie der dieren.

De Rector Magnificus der Landbouwhoogeschool
S. C. J. OLIVIER

Wageningen, 28 Mei 1946.

EEN ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN DE CELMEMBRANEN EN EENIGE ANDERE FACTOREN OP DE VERTERINGSCOËFFICIËNTEN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS DR IR S. C. J. OLIVIER, HOOGLEERAAR IN DE SCHEIKUNDE, TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN VAN EEN COMMISSIE UIT DEN SENAAT DER LANDBOUWHOOGESCHOOL TE WAGENINGEN OP VRIJDAG, 28 JUNI 1946, TE 15 UUR

DOOR

TJAKKO JACOBUS HUISMAN

BIJ J. B. WOLTERS' UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ N.V.
GRONINGEN — BATAVIA — 1946

STELLINGEN

I

De eiwitachtige stoffen in de faeces van de landbouwhuisdieren bestaan overwegend uit bacteriëneiwit.

II

De celmembranen hebben geen directe, doch wel een indirecte invloed op de verteerbaarheid van de eiwitachtige stoffen.

III

Als bestrijdingsmiddel van de gewone aardappelschurft dient aan het onderploegen van groene rogge meer aandacht te worden geschonken dan thans het geval is.

IV

De grondbelasting op ongebouwd onroerend goed draagt het karakter van een heffing ineens van de grondeigenaar ten tijde van de invoering van die belasting; elke verzwaring of verlichting is een eenzijdige kapitaalsheffing of bevoordeeling van de grondeigenaar op het tijdstip van die wijziging en is als zoodanig onrechtvaardig.

V

In het belang van onze landbouw dienen de proefstations voor contrôleonderzoek te zijn gevestigd te Wageningen en de beschikking te hebben over een modern ingericht gebouw; tot de taak van het Rijkslandbouwproefstation voor Veevoederonderzoek dient dan tevens het onderzoek van ruwvoedermiddelen te behooren.

VI

De verbouw van mais voor zaadwinning dient in Nederland niet verder te worden uitgebreid dan voor de zaaizaadvoorziening voor de verbouw van groenvoeder- en silomais noodig is.

VII

In verband met de stijging van het loonniveau is het met het oog op de instandhouding en de verhooging van de productiviteit van onze bodem gewenscht met overheidssteun een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheid van mechanisatie bij de buizendrainage.

Een goede traditie getrouw, wil ik bij het voltooien van dit proefschrift nog eens allen, die hebben bijgedragen tot mijn vorming, dank zeggen. Velen hunner zijn reeds heengegaan; hen kan ik slechts in stilte gedenken.

Hooggeleerde BROUWER, hooggeachte promotor, slechts ten deele kan ik onder woorden brengen, wat ik U verschuldigd ben. Ik acht het een bijzonder voorrecht, dat dit proefschrift onder Uw leiding tot stand mocht komen. Hoewel ik eerst een tiental jaren na de beëindiging van mijn studie aan de Landbouwhoogeschool kennis met U mocht maken, hadden Uw publicaties groote invloed op mijn wetenschappelijke ontwikkeling. Het onderzoek werd onder abnormale omstandigheden verricht; de oorlogstijd bracht ongewone moeilijkheden met zich mede; alleen door Uw voortdurende hulp konden deze worden overwonnen. Uw opbouwende critiek heb ik steeds gewaardeerd; Uw onverflauwde belangstelling, Uw voorlichting en Uw raadgevingen waren voor mij een stimulans het eenmaal begonnen werk tot een goed einde te brengen. Zeer erkentelijk ben ik U voor de wijze, waarop U mij het gebied der wiskundige beschouwingen deedt betreden; ook deze kennis hoop ik in de toekomst verder te ontwikkelen.

Hooggeleerde QUANJER, vele jaren zijn verstreken, sedert ik mij als student op Uw laboratorium aan het onderzoek van de aardappelschurft mocht wijden; niettemin ligt deze tijd nog versch in mijn geheugen, in het bijzonder door de wijze, waarop U ten allen tijde bereid waart Uw hooggewaardeerde medewerking te verleenen.

Hooggeleerde MAYER GMELIN, hoewel mijn ambtelijke werkzaamheden niet lagen op het terrein van het door U gedoceerde studievak, heeft dit mijn belangstelling behouden en zijn Uw colleges mij dikwijls van nut geweest.

Zeergeleerde DE BRUYN, met dankbaarheid denk ik terug aan de jaren, welke ik aan het onder Uw leiding staande Rijkslandbouwproefstation voor Veevoederonderzoek te Wageningen werkzaam was. Deze tijd was voor mij in velerlei opzichten van groot gewicht. Uw groote kennis en Uw werkkracht heb ik mij steeds ten voorbeeld gesteld.

Weledelgestrenge RITMAN, ook op deze plaats wil ik U danken voor de aanwijzingen, welke ik van U mocht ontvangen.

Ten slotte dank ik de bibliotheken van de Landbouwhoogeschool en van de Rijksuniversiteit te Groningen voor de bereidwilligheid, waarmede steeds de benoodigde literatuur werd verstrekt.

INHOUD

Blz.

INLEIDING 1

HOOFDSTUK I *De factoren, die invloed op de verteringscoëfficiënten uitoefenen* 3

1. De invloed van het proefdier 3
2. De invloed van de aard van het voedermiddel 6
3. De invloed van het rantsoen, waarin het voedermiddel wordt verstrekt 9

HOOFDSTUK II *Bouw en samenstelling van de celwand en de verteerbaarheid van de componenten er van* 11

1. De bouw van de celwand 11
2. De samenstelling van de celwand 12
3. De verteerbaarheid van de voornaamste componenten van de celwand 13
a. Cellulose 13
b. Pentosanen. 13
c. Cutine 16
d. Lignine 17
e. Kiezelzuur 18

HOOFDSTUK III *De gebruikelijke voederstofanalyse en pogingen hierin verbetering te brengen* 19

1. De gebruikelijke voederstofanalyse 19
2. Andere methoden en critische beschouwingen daarover 21

HOOFDSTUK IV *De toegepaste methode ter bepaling van het ligninegehalte in voedermiddelen* 24

1. Literatuur 24
2. Beschrijving van de toegepaste methode 27

HOOFDSTUK V *Toepassingen van de beschreven methode* 29

1. Microscopisch bewijs ten aanzien van de invloed van lignine op de verteerbaarheid van de cellulose 29
2. Eigen ligninebepalingen met de beschreven methode . 29

Blz.

HOOFDSTUK VI *Over de invloed van kiezelzuur op de verteerbaarheid* 32

1. Literatuur 32
2. Eigen onderzoekingen 33

HOOFDSTUK VII *Onderzoek ten aanzien van een andere verklaring voor de verschillen in verteerbaarheid* 34

1. Onderzoek ten aanzien van de oplosbaarheid in zwavelzuur 34
2. Verschillen in gehalten aan pentosanen 36

HOOFDSTUK VIII *Literatuuroverzicht van microscopische onderzoekingen bij verteringsproeven en beschouwingen daarover* 36

1. Literatuur 36
2. Samenvatting van de literatuurgegevens en doelstelling voor het microscopisch onderzoek 40

HOOFDSTUK IX *Eigen proeven, waarbij microscopisch onderzoek werd toegepast* 41

1. Inleidende voederproeven ten aanzien van de celwandbestanddeelen 41
2. Bespreking van de toegepaste eiwitreactie 44
3. Voederproeven met verschillende voedermiddelen met een cavia. 1. hooi; 2. hooi en lijnmeel; 3. hooi en tarwekiemen; 4. kunstmatig gedroogd gras; 5. uitsluitend tarwekiemen; 6. sojameel; 7. erwtenvoermeel; 8. erwtenschillen en hooi; 9. erwtenvoermeel en hooi; 10. tarwezemelen en hooi 44
4. Samenvatting van de resultaten van de voorgaande proeven 49

HOOFDSTUK X *Over de vraag, of de verteringsfermenten door de celwanden heendringen* 51

1. Literatuur 51
2. Conclusies op grond van eigen onderzoekingen 53

HOOFDSTUK XI *Over de vraag hoe het eiwit in de faeces aanwezig is* 55

1. Onverteerd gebleven eiwit 55
2. Niet geresorbeerde aminozuren 55
3. Stofwisselingsproducten 55
4. Bacteriëneiwit 60

Blz.

HOOFDSTUK XII *Over de vraag, hoe het is te verklaren, dat in ruwe-celstofrijke producten het eiwit slechter wordt verteerd* 62

1. De celwand 62
2. De samenstelling van het eiwit 63
3. Stofwisselingsproducten 64
4. Adsorptie door lignine 65
5. Het vastleggen als bacteriëneiwit 66

HOOFDSTUK XIII *Eenige berekeningen en beschouwingen ter bevestiging en uitbreiding van de verkregen resultaten op grond van verteringsproeven uit de literatuur* 69

1. Regressie vos/os t.o.v. rc/os voor de voedermiddelen uit KELLNER's tabellen 69
2. Regressies vos/os t.o.v. rc/os en li/os voor 19 op lignine onderzochte voedermiddelen 71
3. Correlaties tusschen eas/os en schijnbare, resp. ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen en tusschen rc/os en schijnbare, resp. ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen 71
4. Het berekenen van de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit door regressievergelijkingen 73
5. Het verband tusschen de samenstelling van het voeder en die van de faeces 80

HOOFDSTUK XIV *De invloed van looizuur op de verteerbaarheid van het eiwit* 81

1. Literatuur 81
2. Eigen onderzoekingen 82

SAMENVATTING 87

TABELLEN 1, 2, 3 en 4 . . . . . 94—110

DIAGRAMMEN 1, 2, 3 en 4.

BETEEKENIS DER VOORKOMENDE AFKORTINGEN

ds	= droge stof.	
eas	= eiwitachtige stoffen.	
veas	= verteerbare eiwitachtige stoffen.	
zas	= zetmeelachtige stoffen.	
rc	= ruwe celstof.	
li	= lignine.	
si	= kiezelzuur.	
os	= organische stof.	
vos	= verteerbare organische stof.	
vc	= verteringscoëfficiënt.	
eas/os	= eiwitachtige stoffen,	berekend op de org. stof.
veas/os	= verteerbare eiwitachtige stoffen,	,, ,, ,, ,, ,,
rc/os	= ruwe celstof,	,, ,, ,, ,, ,,
li/os	= lignine,	,, ,, ,, ,, ,,
si/os	= kiezelzuur,	,, ,, ,, ,, ,,
vos/os	= verteerbare organische stof,	,, ,, ,, ,, ,,

INLEIDING

Slechts dat gedeelte van een voedermiddel kan dienen tot bouwstof of voor de levering van energie voor een dierlijk lichaam, dat reeds in het voedermiddel in een bruikbare vorm aanwezig is of door de spijsverteringsvochten of door bacteriën zoodanig wordt omgezet, dat de ontledingsproducten in de lichaamssappen kunnen worden opgenomen. De mate, waarin dit voor elk bestanddeel geschiedt, wordt uitgedrukt door de verteringscoëfficiënt daarvan, waaronder men verstaat het percentage van een bestanddeel, dat niet in de vaste uitwerpselen wordt uitgescheiden.

Deze coëfficiënten worden in het algemeen bepaald door proeven met dieren, namelijk door te bepalen de hoeveelheid en de samenstelling van het opgenomen voeder en van de hiervan afkomstige vaste uitwerpselen. Het verschil wordt als verteerd beschouwd. Teneinde zekerheid te hebben, dat de uitwerpselen uitsluitend afkomstig zijn van het te onderzoeken voedermiddel en van het eventueel tegelijkertijd verstrekte voedermiddel, waarvan de verteerbaarheid bekend is, is het noodzakelijk het proefdier een voorperiode te doen ondergaan, gedurende welke de resten van vroeger gegeven voedermiddelen worden uitgescheiden. Op de vorenbeschreven wijze handelt men bij de landbouwhuisdieren; bij menschen en honden wordt het wel eenvoudiger gedaan, nl. door aan het voeder een geschikte kleurstof, zooals fuchsinediamant, karmijn, kool e. d. toe te voegen, waardoor een tamelijk scherpe begrenzing in de faeces wordt verkregen.

Van het begrip vertering geeft KELLNER [1]) de volgende omschrijving: Die Verdauung umfaszt alle Vorgänge, durch welche die im Futter enthaltenen Stoffe befähigt werden in die Körpersäfte einzutreten.

Over verteringscoëfficiënten sprekende zegt deze onderzoeker [2]): „Um zu ermitteln, welche Stoffe aus einem gegebenen Futtermittel verdaut und in die Körpersäfte aufgenommen werden, pflegt man Versuche mit Tieren auszuführen und dabei unter Zuhilfenahme der verschiedensten Untersuchungsmethoden und Versuchseinrichtungen die Menge und Zusammensetzung sowohl des Futters wie auch des Kotes festzustellen. Zieht man dann die Kotbestandteile von den Futterbestandteilen ab, so erhält man den verdauten Teil des Futters".

In deze omschrijvingen valt een zekere tegenstrijdigheid op te merken. Terwijl volgens de eerste omschrijving alle stoffen als verteerd worden beschouwd, die geschikt worden om in de lichaamssappen te worden opgenomen, waarvoor sommige bestanddeelen

[1]) KELLNER-FINGERLING, Grundzüge der Fütterungslehre, 9 Auflage (1940), blz. 22.
[2]) KELLNER-FINGERLING, l. c., blz. 25.

alleen in oplossing behoeven te worden gebracht, zooals glucose, worden volgens de tweede omschrijving voor de bepaling van de verteringscoëfficiënten alleen die stoffen in rekening gebracht, die inderdaad in de lichaamssappen worden opgenomen. Dat deze tegenstelling van beteekenis is, zal uit het volgende blijken.

Geheel juiste uitkomsten worden op de beschreven wijze niet verkregen, indien althans aan het woord verteren de beteekenis wordt toegekend die KELLNER in eerstgenoemde omschrijving er aan geeft. Eenerzijds worden de verteringscoëfficiënten voor de eiwitachtige stoffen te laag gevonden, aangezien zich in de vaste uitwerpselen niet alleen bevinden de eventueel onverteerde eiwitachtige stoffen van het voeder, doch eveneens de uit de verteringsorganen afkomstige stofwisselingsproducten, slijmstoffen en bacteriën, waarvan dus de daarin aanwezige eiwitachtige stoffen als onverteerbare bestanddeelen van het voeder worden beschouwd, doch dit, wat de stofwisselingsproducten en de slijmstoffen betreft niet zijn en wat de bacteriën betreft niet behoeven te zijn. Vele dezer producten worden pas afgescheiden, nadat de lebmaag is gepasseerd, zoodat pepsine en HCl niet meer kunnen inwerken; op de verderop afgescheiden producten kan ook de trypsine niet meer inwerken. Anderzijds verkrijgt men voor de verteringscoëfficiënten van de ruwe celstof en de zetmeelachtige stoffen te hooge uitkomsten, daar deze bestanddeelen door de bacteriën in het spijsverteringskanaal, in het bijzonder bij dieren met een samengestelde maag, gedeeltelijk worden omgezet in gasvormige producten, die niet in de lichaamssappen worden opgenomen, doch ook niet als onverteerde rest in de vaste uitwerpselen worden uitgescheiden en dus als verteerd worden beschouwd.

Met het oog op genoemde omstandigheden, maakt men wel gebruik, voornamelijk bij het eiwit, van de termen ware en schijnbare verteringscoëfficiënt. Onder de *schijnbare verteringscoëfficiënt* verstaat men dan de verteringscoëfficiënt, zooals die op de beschreven wijze door de voederproeven wordt gevonden, terwijl hieruit de *ware verteringscoëfficiënt* wordt afgeleid door een correctie toe te passen, namelijk door aan te nemen, dat een bepaalde hoeveelheid eiwit in de faeces afkomstig is van stofwisselingsproducten, slijmstoffen en bacteriën en deze hoeveelheid bij het verteerde eiwit te rekenen. Men zou ook geval voor geval kunnen trachten stofwisselings- en bacteriëneiwit in de faeces experimenteel te bepalen door chemische methoden. Zooals later echter zal blijken, kent men geen methode om de hoeveelheid eiwit in de faeces, welke afkomstig is van stofwisselingsproducten, slijmstoffen en microörganismen, met voldoende zekerheid te bepalen. De in de gebruikelijke tabellen voorkomende verteringscoëfficiënten zijn dan ook de *schijnbare* verteringscoëfficiënten. Uit een practisch oogpunt is het ook in de eerste plaats van belang juist deze te kennen.

Zeer in het kort is in het vorenstaande geschetst op welke wijze de verteringscoëfficiënten worden bepaald. Uit dergelijke onderzoekingen blijkt niet, wat er met de verteerde stoffen in het dierlijk lichaam gebeurt. Deze zijde van het vraagstuk, hoe belangrijk ook, is in het volgende geheel buiten beschouwing gelaten. Het onderhavige onderzoek heeft slechts ten doel de factoren te bestudeeren, die invloed uitoefenen op de verteringscoëfficiënten, terwijl in het bijzonder de invloed van de celmembranen uitvoeriger zal worden behandeld.

HOOFDSTUK I

DE FACTOREN, DIE INVLOED OP DE VERTERINGSCOËFFICIËNTEN UITOEFENEN

Bij een beschouwing van de verteringscoëfficiënten, voorkomende in de tabellen van KELLNER [1]), waaraan in hoofdzaak aandacht zal worden geschonken, vraagt men zich onwillekeurig af, aan welke oorzaken moet worden toegeschreven, dat deze in zoo sterke mate uiteenloopen.

Zooals uit talrijke onderzoekingen is gebleken, zijn deze oorzaken van verschillende aard; men kan ze in drie rubrieken indeelen, nl. de invloed van: *1.* het proefdier; *2.* de aard van het voedermiddel en *3.* het rantsoen, waarin het voedermiddel wordt verstrekt.

Deze drie rubrieken zullen achtereenvolgens worden besproken.

1. De invloed van het proefdier

Verteringsproeven met hetzelfde voedermiddel zullen op uiteenloopende tijden verschillende uitkomsten geven, ook indien men ze neemt met hetzelfde proefdier. Deze schommelingen moeten worden toegeschreven aan het meer of minder goed functioneeren van het verteringsapparaat op verschillende tijden, aan de onregelmatige verwijdering van de faeces uit de endeldarm, welke invloed zich het sterkst doet gelden bij korte proefperioden en tenslotte aan allerlei kleine onnauwkeurigheden, die onvermijdelijk bij elke proefneming voorkomen. Afgezien van abnormale gevallen, zooals deze zich kunnen voordoen bij ziektetoestanden van het proefdier, zijn deze schommelingen slechts klein, doch ze zullen reeds groter worden, indien als proefdieren worden genomen *verschillende individuen van dezelfde diersoort.* De oorzaken van deze verschillen kunnen het gevolg zijn van het uiteenloopend verterend vermogen bij verschillende individuen. Zoolang deze individueele

---

[1]) KELLNER-FINGERLING, l. c.

verschillen niet het gevolg zijn van ziekelijke afwijkingen van het spijsverteringskanaal, overschrijden ze volgens KELLNER zelden 3—4 % van de totale organische stof.

Dit is door Nederlandsche onderzoekingen bevestigd. Ook BROUWER en DIJKSTRA [1]) vonden nl. bij hun onderzoek naar de voederwaarde van Nederlandsche hooisoorten met stieren als proefdieren, dat de individuëele verschillen in het algemeen niet groot waren; alleen bij het eiwit traden soms iets grootere schommelingen op.

Evenmin heeft men belangrijke verschillen gevonden bij *verschillende rassen* van dezelfde diersoort, bij dieren van uiteenloopende *leeftijd*, bij *rustende* en *werkende dieren* en bij verandering van uitwendige omstandigheden, zooals de *temperatuur* en de *belichting*.

De verschillen kunnen grooter worden, als de onderzoekingen worden verricht met proefdieren, behoorende tot *verschillende soorten*, nl. runderen, schapen, geiten, paarden en varkens. De drie eerstgenoemde beschikken in tegenstelling met de laatste over een samengestelde maag. Het verschil in bouw van het verteringsorgaan kan verschil in verterend vermogen tengevolge hebben. Van de herkauwers bezit volgens KELLNER [2]) het rundvee het sterkste verterend vermogen t.a.v. de ruwe-celstofrijke producten, zooals stroo; bij het schaap is dit iets geringer. Kleiner zijn de verschillen tusschen de verschillende herkauwers bij de minder ruwe-celstofrijke producten, terwijl bij de ruwe-celstofarme krachtvoedermiddelen de verschillen geheel verdwijnen. Vergeleken met de herkauwers heeft het paard een geringer verterend vermogen, vooral voor de ruwe celstof en de vetachtige stoffen; echter ook voor de zetmeelachtige stoffen. In het bijzonder zijn deze verschillen groot bij stroo en andere ruwe-celstofrijke producten; bij de krachtvoedermiddelen verdwijnen deze verschillen geheel, behalve ten aanzien van de vetachtige stoffen, waarvan de verteringscoëfficiënten steeds belangrijk lager zijn. Opvallend is, dat het paard van alle voedermiddelen vrijwel een even groot percentage eiwit verteert als de herkauwers. Wat het varken betreft, hier zijn de verteringscoëfficiënten nog belangrijk lager dan bij het paard, niet alleen bij de ruwe-celstofrijke producten, doch ook bij de voedermiddelen met een matig ruwe-celstofgehalte, terwijl bij de veekoeken en de granen en peulvruchten de verschillen van geen beteekenis zijn.

AXELSSON [3]) bewerkte een groot aantal voederproeven met herkauwers (runderen, schapen en geiten), paarden en varkens. Hij betrok in zijn beschouwingen de verteerbaarheid van de rantsoenen in hun geheel en niet die van de afzonderlijke voedermiddelen. De

---

[1]) BROUWER en DIJKSTRA, Versl. Landbk. Onderz. 44 (1938) 529.
[2]) KELLNER-FINGERLING, l. c., blz. 27.
[3]) AXELSSON, Tierernährung 13 (1941) 399, 413; 14 (1942) 212.

proeven werden groepsgewijs gerangschikt volgens stijgende hoeveelheid droge stof van het rantsoen en volgens stijgend gehalte van de droge stof aan eiwitachtige stoffen, vetachtige stoffen, zetmeelachtige stoffen en ruwe celstof.

Op deze wijze verkreeg AXELSSON de volgende uitkomsten: Tusschen de genoemde herkauwers werden geen verschillen van beteekenis gevonden. De verteerbaarheid van de eiwitachtige stoffen was bij het paard grooter dan bij het rund; de verteerbaarheid van de vetachtige stoffen was bij het paard aanzienlijk lager; de zetmeelachtige stoffen werden door het paard vrijwel even goed verteerd als door het rund, de ruwe celstof echter belangrijk slechter. Van de drie diersoorten verteerden de varkens de eiwitachtige stoffen het best en de ruwe celstof het slechtst.

De onderzoeker geeft een en ander als volgt overzichtelijk weer: Bij een gehalte van 150 g eiwit per kg droge stof in het voeder verteerde het varken 81,5 %, het paard 73.3 % en het rund 68.0 %. Bij een vethoeveelheid van 25 g per kg droge stof van het voeder verteerde het varken 58.8 %, het rund 56.0 % en het paard 32.0 %. De zetmeelachtige stoffen werden door het varken gemiddeld voor 90.1 % verteerd, terwijl het paard en het rund in normale rantsoenen slechts ± 76 % verteerden. Gemiddeld verteerde het varken 28.4 % van de ruwe celstof, het paard 45.2 % en het rund 66.8 %.

Uit de tabellen van KELLNER blijkt, dat er bij dezelfde diersoort groote schommelingen kunnen voorkomen bij dezelfde soort voedermiddel, speciaal ten aanzien van de ruwe celstof bij de ruwe-celstofarme producten. Zoo variëerde bij herkauwers de verteringscoëfficiënt van de ruwe celstof van voederbieten van 0—43, van suikerbieten van 0—100, van paardeboonen van 0—99, van lijnkoek van 0—92, bij paarden van mais van 40—100, van haver van 1—56, bij varkens van gerst van 0—27, van maïs van 19—44.

Ongetwijfeld vindt dit zijn oorzaak in de omstandigheid, dat dergelijke voedermiddelen in het algemeen niet kunnen worden toegediend zonder bijvoeging van andere, ruwe-celstofrijkere voedermiddelen, zoodat het verteerbare gedeelte ervan wordt gevonden als een klein verschil. Een kleine afwijking in verteringscoëfficiënt van de tegelijk verstrekte voedermiddelen in combinatie met niet te vermijden analysefouten, kan aldus groote schommelingen in de verteringscoëfficiënt van het te onderzoeken voedermiddel te voorschijn roepen; deze factor zal zich sterker doen gelden, naarmate het ruwe-celstofgehalte van het betreffende voedermiddel lager is. Deze schommelingen zijn dus niet wezenlijk.

Als slot van de bespreking van dit punt volge nog een citaat van MANGOLD [1]): „So ergibt sich, dasz es ohne die Gefahr groszer

---

[1]) MANGOLD, Die Verdaulichkeit der Futtermittel in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen, Der Forschungsdienst, Sonderheft 2 (1936).

Irrtümer nicht möglich ist, hinsichtlich der Verdaulichkeit eines Futtermittels die bei einer Tierart bzw. Gattung ermittelten Verdauungskoefficienten und verdaulichen Nährstoffmengen zur Futterberechnung für eine andere Tierart zu verwenden. Und so musz es weiterhin als durchaus unerläszlich bezeichnet werden jedes Futtermittel für alle dafür in Betracht kommenden Tierarten gesondert auf seine Verdaulichkeit zu prüfen". Voor practische doeleinden is dit echter moeilijk uitvoerbaar en daarom gebruikt men voor alle diersoorten tot nu toe meestal dezelfde cijfers voor verteerbaarheid en voederwaarde.

2. *De invloed van de aard van het voedermiddel*

Uit de coëfficiënten, voorkomende in of te berekenen uit de gebruikelijke tabellen, blijkt niet alleen, dat deze sterk uiteenloopen, doch ook dat sommige voedermiddelen uitmunten door een hooge verteerbaarheid, andere gekenmerkt zijn door een lage verteerbaarheid.

Het is van groote beteekenis de oorzaken hiervan te kennen. Dit is niet alleen van theoretisch belang, doch zal voor de waardebepaling van voedermiddelen ook van practisch nut kunnen zijn, daar de kostbare en tijdroovende proeven met dieren overbodig zullen zijn, indien men deze oorzaken voldoende kent.

Een beschouwing van de tabellen leert ons, dat aan het ruwecelstofgehalte groote beteekenis moet worden toegekend. In het algemeen brengt een hoog ruwe-celstofgehalte lage verteringscoëfficiënten mede. Dit komt sterk tot uiting bij de graslandproducten. Uit talrijke onderzoekingen is nl. gebleken, dat de verteerbaarheid der graslandproducten daalt, naarmate deze een ouder stadium bereiken, indien men afziet van de jongste stadia. Naarmate oudere stadia worden bereikt, stijgt het ruwe-celstofgehalte, terwijl de verteringscoëfficiënten voor alle bestanddeelen dalen. Van de vele onderzoekingen, die met gras zijn verricht, zullen er hier slechts enkele worden genoemd.

Zeer systematisch werd in dit opzicht een onderzoek verricht door WOODMAN [1]) en medewerkers. Nagegaan werd hoe het gesteld is met de voederwaarde van gras na 1, 2, 3, 4 en 5 weken onbelemmerde groei in verschillende perioden, liggende tusschen begin April en eind September. Over de verkregen verteringscoëfficiënten merken de onderzoekers het volgende op: „The lengthening of the interval between successive cuts from a month to 5 weeks leads

---

[1]) WOODMAN, BLUNT, STEWART, Journ. agr. Sc. 16 (1926) 205, 17 (1927) 209.
WOODMAN, NORMAN, BEE, Journ. agr. Sc. 18 (1928) 266, 19 (1929) 236.
WOODMAN, NORMAN, FRENCH, Journ. agr. Sc. 21 (1931) 267.
WOODMAN, NORMAN, Journ. agr. Sc. 22 (1932) 852.

to a definite, though not very serious reduction in the digestibility of the herbage. This reduction is most noticeable during the flush period of growth, and the constituent most affected is the crude protein. During the foreflush and post-flush periods, it appears to be immaterial, from the standpoint of digestibility, whether a system of monthly or 5 weekly cutting is adopted. The falling off in digestibility is not connected with the onset of lignification in the herbage, since the digestioncoëfficiënt of the fibrous constituent remains high throughout the season, and it may be concluded that, during a season of favourable rainfall it is possible by cutting (or close grazing) at intervals of 5 weeks, to prevent the herbage from becoming lignified and of greatly reduced digestibility".

Uit deze woorden kan de gevolgtrekking worden gemaakt, dat bij stijgend ruwe-celstofgehalte de verteerbaarheid van de eiwitachtige stoffen daalde, terwijl er de aandacht op gevestigd wordt, dat die van de ruwe celstof practisch dezelfde bleef.

Uit het statistisch onderzoek, verricht door BROUWER en DIJKSTRA [1]) op grond van de cijfers van WOODMAN en anderen en van henzelf bleek, dat het gehalte aan verteerbare eiwitachtige stoffen in hoofdzaak afhangt van het eiwitachtige-stof-percentage, terwijl het gehalte aan verteerbare organische stof in hoofdzaak afhankelijk is van het ruwe-celstofgehalte.

Ook uit een onderzoek van DIJKSTRA en BROUWER [2]) over de verteerbaarheid en de voederwaarde van versch gras, gemaaid in verschillende groeistadia, kwam duidelijk het dalen van de verteerbaarheid met het stijgen van het ruwe-celstofgehalte aan het licht.

Hoewel niet op graslandproducten betrekking hebbende, verdient in dit opzicht een onderzoek van ANDERSEN en FREDERIKSEN, aangehaald door AXELSSON [3]), vermelding. Bij hun proeven werd gedeeltelijk katoenzaadkoek, gedeeltelijk zonnebloemzaadkoek aangewend, waarbij in beide gevallen het dopgehalte wisselde; bij stijging van het dopgehalte nam natuurlijk het ruwe-celstofgehalte van de droge stof toe. Het resultaat blijkt uit onderstaande samenvatting.

	Katoenzaadkoek			Zonnebloemzaadkoek	
	Geschild	Gedeeltelijk geschild	Ongeschild	Geschild	Ongeschild
Rc in de ds (%)	6.7	11.0	21.2	13.3	32.9
Vc van de os	75	62	52	65	42

De verteerbaarheid van de ruwe celstof was hierbij van het gehalte onafhankelijk. Dergelijke resultaten werden verkregen bij een aantal

[1]) BROUWER en DIJKSTRA, Versl. Landbk. Onderz. 44 (1938) 529.
[2]) DIJKSTRA en BROUWER, Versl. Landbk. Onderz. 45 (1939) 1.
[3]) AXELSSON, Tierernährung 12 (1940) 414.

andere proeven. Verhoogd ruwe-celstofgehalte had tengevolge verminderde verteerbaarheid van de organische stof, ook indien de aard van de ruwe celstof niet veranderde. Dit berust niet alleen daarop, dat de verteerbaarheid van de ruwe celstof lager is dan van de overige bestanddeelen, waardoor verhoogd ruwe-celstofgehalte automatisch verminderde verteerbaarheid meebrengt, doch ook op de omstandigheid, dat gelijktijdig de verteerbaarheid van de overige bestanddeelen daalt.

Tusschen de laatstgenoemde proef en de daarvóór genoemde is een belangrijk verschil op te merken. Terwijl bij de proef van ANDERSEN en FREDERIKSEN de samenstelling van de ruwe celstof dezelfde bleef, doch alleen de gevoederde hoeveelheden wijziging ondergingen, veranderde bij de proeven van BROUWER en DIJKSTRA met graslandproducten uiteraard ook de samenstelling dezer celstof.

Een onderzoek overeenkomstig dat van ANDERSEN en FREDERIKSEN werd uitgevoerd door TITUS [1]). Hij onderzocht de verteerbaarheid van vroeg geoogst lucernehooi, gevoederd tegelijk met wisselende hoeveelheden cellulose. Bij een tot 60 % vermeerderde hoeveelheid cellulose, daalde de verteerbaarheid van het eiwit van 72.0 tot 38.4 %, die van de vetachtige stoffen van 34.3 tot 7.2 % en die van de zetmeelachtige stoffen van 72.9 tot 68.3 %. De verteerbaarheid van de ruwe celstof steeg als de cellulosehoeveelheid van 15 tot 30 % werd verhoogd; bij verdere vermeerdering nam de verteerbaarheid van de ruwe celstof met ongeveer 2 % af. Het is mogelijk, dat deze stijging en daling van de verteerbaarheid van de ruwe celstof aan toevallige omstandigheden moet worden toegeschreven, doch het was ons onmogelijk dit na te gaan, daar het ons ondanks vele pogingen niet is gelukt inzage te krijgen in de oorspronkelijke publicatie.

Teneinde voor de tabellen van KELLNER na te gaan hoe de invloed is van de ruwe celstof op de verteerbaarheid van de totale organische stof, dus van de eiwitachtige stoffen, vetachtige stoffen, zetmeelachtige stoffen en ruwe celstof gezamenlijk, is voor de plantaardige producten uit deze tabellen berekend het percentage ruwe celstof in de organische stof en de verteringscoëfficiënt van de organische stof. De uitkomsten van deze berekeningen, die zijn opgenomen in bijgevoegde tabel (No. 1), zijn weergegeven in een puntendiagram (No. 1). Hieruit blijkt, dat in het algemeen wel een verband bestaat tusschen het ruwe-celstofgehalte en de verteerbaarheid van de organische stof, doch tevens blijkt, dat er nog andere factoren moeten zijn, d. w. z. dat men door de schommelingen van het celstofgehalte de schommelingen van de verteringscoëfficiënt

---

[1]) TITUS, N. Mex. Agr. Expt. Sta. Bull. 153 (1926).

niet volledig kan verklaren. Het verband tusschen het ruwe-celstofgehalte en de verteerbaarheid van de organische stof is niet alleen neergelegd in een diagram, doch ook berekend; hiervan zal in Hoofdstuk XIII verslag worden uitgebracht.

Zoo onderscheiden zich door een lage verteerbaarheid de stroosoorten, tarwezemelen, lijnzaadkaf, grondnotendoppen, cacaodoppen, koffiedoppen, boekweitdoppen, rijstdoppen, gerstdoppen, haverdoppen, gierstdoppen en katoenzaadschillen, terwijl zich in gunstige zin o. a. onderscheiden ontvette sojaboonen, sojakoek, erwtenvoermeel, de hakvruchten, lupinenzaad en erwtenschillen.

3. *De invloed van het rantsoen, waarin het voedermiddel wordt verstrekt*

Over de invloed van het rantsoen op de verteringscoëfficiënten kan het volgende worden medegedeeld.

Indien ruwvoedermiddelen uitsluitend worden gevoederd, doch *in verschillende hoeveelheden,* loopen de verteringscoëfficiënten niet van beteekenis uiteen. Als evenwel verschillend groote rantsoenen, bestaande uit ruwvoeder en krachtvoeder worden verstrekt, schijnen deze door herkauwers des te slechter te worden verteerd, des te grooter het rantsoen is; belangrijk is deze invloed echter niet. De depressie zou hierdoor kunnen worden verklaard, dat bij opname van grootere hoeveelheden een iets snellere doorgang door het spijsverteringskanaal plaats heeft, waardoor er niet voldoende tijd is om al het verteerde te resorbeeren; wellicht is ook de hoeveelheid spijsverteringsvochten onvoldoende om zeer groote hoeveelheden maximaal aan te tasten.

Een groote verteringsdepressie kan volgens KELLNER [1]) optreden, als in het rantsoen veel *gemakkelijk verteerbare koolhydraten,* zooals zetmeel en suiker, worden opgenomen; dit is uit een groot aantal onderzoekingen gebleken. Volgens de reeds genoemde proeven van TITUS [2]) kan toevoeging van cellulose aan een rantsoen dezelfde invloed hebben. KELLNER verklaart dit verschijnsel op de volgende wijze: Als gemakkelijk verteerbare koolhydraten zich in het voedsel bevinden, zullen de darmbacteriën deze in de eerste plaats aantasten en de moeilijker verteerbare minder sterk dan zonder aanwezigheid van eerstgenoemde het geval zou zijn, waarbij nog komt, dat toevoeging van dergelijke koolhydraten aanleiding geeft tot het ontstaan van meer melkzuur en andere organische zuren, waardoor de voor de vertering van de celwand noodzakelijke bacteriën zouden kunnen worden gedood. De cellen zouden aldus niet voldoende worden

---

[1]) KELLNER-FINGERLING, l. c., blz. 30.
[2]) TITUS, l. c.

geopend en de vertering van de zich in de cel bevindende voedende stoffen zou worden belemmerd.

Ook komt, volgens KELLNER [1]), als verklaring voor deze verteringsdepressie in aanmerking de versterkte afscheiding van stofwisselingsproducten, waarvan het stikstofgehalte zou stijgen met de hoeveelheid verteerde organische stof.

Omgekeerd kan door vermeerdering van de *eiwitachtige stoffen* in het rantsoen de remmende invloed van de genoemde stoffen worden opgeheven. Hieruit volgt dus, dat toevoeging van geconcentreerde eiwitrijke voedermiddelen aan een zeer eiwitarm rantsoen een gunstige invloed heeft op de verteerbaarheid van het ruwvoeder. Bij berekening van de verteringscoëfficiënten vindt men aldus voor de geconcentreerde voedermiddelen hoogere uitkomsten. Het grondrantsoen mag dus niet zeer eiwitarm zijn.

Op deze zeer belangrijke kwesties betreffende de invloed van koolhydraten op de verteringsdepressie, zal later uitvoeriger worden teruggekomen.

Toevoeging van *vet* aan het rantsoen brengt geen verandering in de verteerbaarheid, indien het vet zich in fijn verdeelde vorm bevindt en in matige hoeveelheid wordt verstrekt, doch de verteerbaarheid wordt wèl minder goed, indien het voeder doordrenkt wordt met vet, aangezien dergelijk voeder weinig toegankelijk is voor de spijsverteringsvochten.

Ook *andere stoffen* zijn op hun invloed op de verteerbaarheid onderzocht nl. *melkzuur, koolzure kalk* en *keukenzout*. Hierbij is noch een gunstige, noch een ongunstige invloed gebleken. Uit het feit, dat toevoeging van melkzuur aan het rantsoen geen verandering in verteerbaarheid veroorzaakt, volgt dus, dat de verklaring van KELLNER, dat het ontstaan van melkzuur uit koolhydraten in het spijsverteringskanaal de verteringsdepressie zou veroorzaken, ongegrond is.

Op nog andere factoren, waarvan men de invloed op de verteerbaarheid heeft onderzocht, zooals het malen, het koken, broeien of stoomen, het uitwasschen, het ontsluiten van stroo e. d. zal hier niet worden ingegaan. Een bespreking hiervan zou tot te groote uitvoerigheid leiden, terwijl een en ander in een te ver verwijderd verband staat met het gestelde doel. Slechts zij er hier op gewezen, dat in het algemeen door het malen der voedermiddelen geen verbetering in de verteerbaarheid wordt verkregen, indien de dieren beschikken over een normaal gebit en daarvan ook gebruik maken. Dat laatste is bij varkens niet het geval; deze diersoort kauwt het voedsel zeer onvoldoende, zoodat het raadzaam is hieraan het voeder in gemalen toestand toe te dienen.

---

[1]) KELLNER, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, Siebente Auflage (1916), blz. 55.

Dat zelfs het fijnmalen van stroo geen invloed heeft op de verteerbaarheid, bleek uit een onderzoek van KELLNER[1]), waarbij tarwe- en gerstestroo in gehakselde en gemalen toestand werden vergeleken bij ossen als proefdieren. Verschillen in verteringscoëfficiënten tusschen het gehakselde en het gemalen stroo werden niet gevonden.

Uit het voorgaande moge blijken, dat niet geheel juist is te achten van de verteringscoëfficiënten van een voedermiddel te spreken; men dient de *omstandigheden* te kennen, waaronder deze zijn bepaald. Uit een practisch oogpunt moet men echter wel gemiddelden voor de verteringscoëfficiënten van een voedermiddel aanvaarden, die den veehouder in staat stellen met behulp hiervan de rantsoenen samen te stellen.

HOOFDSTUK II

BOUW EN SAMENSTELLING VAN DE CELWAND EN DE VERTEERBAARHEID VAN DE COMPONENTEN ER VAN

Zooals uit Hoofdstuk I punt 2 is gebleken, is de ruwe celstof van groote invloed op de verteringscoëfficiënten, zoodat het voor het verkrijgen van een dieper inzicht noodig werd geacht naar deze ruwe celstof een onderzoek in te stellen. De ruwe celstof nu is afkomstig van de celwand; het ligt dus voor de hand hieraan allereerst een beschouwing te wijden.

Hoewel voor ons doel in de eerste plaats de verteerbaarheid van de celwand van belang is, ga aan de bespreking hiervan een korte beschrijving van de bouw en de chemische samenstelling van de celwand vooraf[2]).

1. De bouw van de celwand

In jonge toestand is de celwand dun en overal van dezelfde dikte. Diktegroei heeft meestal plaats als de lengtegroei van een plantendeel tot stilstand is gekomen; niet steeds is de diktegroei gelijkmatig.

Een celwand kan op twee wijzen in de dikte groeien, nl. door appositie en door intussusceptie. Groei door appositie heeft plaats, indien nieuwe deeltjes tegen de bestaande aan worden gelegd; indien nieuwe deeltjes tusschen de reeds aanwezige worden gevormd, noemt men dit intussusceptie.

De celwand krijgt bij de diktegroei een laagsgewijze bouw; tegen de oorspronkelijke, de primaire celwand aan ontstaan de z.g. primaire verdikkingslagen. Deze primaire verdikkingslagen noemt men tezamen met de oorspronkelijke celwand de middenlamel.

---

[1]) KELLNER, l. c., blz. 271.

[2]) De gegevens hiervoor zijn in hoofdzaak ontleend aan: KONINGSBERGER en medewerkers, Leerboek der Algemeene Plantkunde (1943) Deel, I.

De daarna gevormde secundaire verdikkingslagen steken van de middenlamel sterk af door een verschillende lichtbreking.

Over de submicroscopische bouw van de celwand heeft men de volgende opvatting. In de celwanden liggen bundels van door cohaesie samengehouden draadmoleculen, welke bundels men micellen noemt; deze micellen zijn gescheiden door intermicellaire ruimten. De micellen zijn vereenigd tot de, door tusschenruimten gescheiden microfibrillen, die met het microscoop nog niet zichtbaar zijn, terwijl de microfibrillen zijn vereenigd tot de met het microscoop wel zichtbare fibrillen, die eveneens door tusschenruimten zijn gescheiden.

2. *De samenstelling van de celwand*

Ten aanzien van de chemische samenstelling kan het volgende worden medegedeeld.

Behalve water vindt men in de meeste celwanden pectine en cellulose. Vermoedelijk is het molecule *pectine* ontstaan door de aaneenschakeling van een vrij groot aantal uronzuurmoleculen, terwijl er ook calcium en magnesium in voorkomt. Pectine wordt gemakkelijk en snel afgebroken door vele microörganismen. *Cellulose* is een polyglucose. De primaire celwand bestaat vrijwel uitsluitend uit pectine, doch in de verdikkingslagen neemt de hoeveelheid cellulose geleidelijk toe; ook worden er *pentosanen* gevormd, welke bestaan uit polypentosen. In de primaire verdikkingslagen is het cellulosenetwerk nog tenger en onregelmatig, terwijl de intermicellaire ruimten grooter zijn dan in de secundaire verdikkingslagen. Deze secundaire verdikkingslagen zijn dikwijls rijk aan z.g. *hemicellulosen,* die zich van cellulose onderscheiden, doordat zij reeds met verdunde zuren en alkaliën zijn te hydrolyseeren; chemisch bestaan zij uit polyosen van hexosen en pentosen.

Verder kan in de celwand voorkomen houtstof of *lignine,* waarvan men wel weet, dat het een hoogpolymere verbinding is, doch overigens is men met de chemische samenstelling nog onvoldoende bekend. Men stelt zich voor, dat de lignine wordt afgezet in de intermicellaire ruimten; daar deze ruimten in de primaire verdikkingslagen grooter zijn dan in de later gevormde, kan in het bijzonder de middenlamel sterk verhouten.

Voorts kunnen celwanden verkurkt zijn, wat berust op de aanwezigheid van kurkstof of *suberine,* die in verkurkte celwanden in afzonderlijke laagjes wordt afgezet. Een met suberine verwante stof is *cutine,* die, vermengd met cellulose, alle epidermiscellen als een vlies bedekt; in de leerboeken over veevoeding gebruikt men gewoonlijk alleen de naam cutine of kurkstof. Houtstof en kurkstof vat men samen onder de naam *incrusteerende stoffen.*

Behalve de genoemde organische bestanddeelen kan in celwanden

kiezelzuur als voornaamste anorganisch bestanddeel voorkomen. Dit wordt zeer veel gevonden bij de GRAMINEEËN. Het komt vooral voor in de epidermis en wel in de buitenste wanden. Het is onoplosbaar in sterke zuren, doch oplosbaar in fluorwaterstofzuur.

Samenvattend kunnen wij dus zeggen, dat de celwand in hoofdzaak bestaat uit de organische bestanddeelen pectine, cellulose, pentosanen, hemicellulosen (de gemakkelijkst aantastbare gedeelten van de cellulose en de pentosanen) en de incrusteerende stoffen lignine en cutine, terwijl er in sommige celwanden als anorganisch bestanddeel kiezelzuur kan voorkomen.

3. *De verteerbaarheid van de voornaamste componenten van de celwand*

Wat de verteerbaarheid der bestanddeelen van de celwand betreft, kan het volgende worden medegedeeld.

a. Cellulose

Dit bestanddeel is goed verteerbaar door dieren met een samengestelde maag, waar bepaalde bacteriënsoorten de cellulose aantasten, terwijl de ontledingsproducten, behalve de gasvormige (nl. methaan, koolzuur en waterstof), door de wand van het spijsverteringskanaal kunnen worden opgenomen. Door NAUMANN [1]) werd b.v. aangetoond, dat katoen, bestaande uit vrijwel zuivere cellulose, door rammen voor 90 % werd verteerd.

In het algemeen kan wel worden gezegd, dat de verteerbaarheid van zuivere cellulose niets te wenschen overlaat bij herkauwers, terwijl bij paarden de celluloseverteering tamelijk goed is, aangezien deze beschikken over een zeer ruime blinde darm en karteldarm, waar de bacteriën hun invloed kunnen doen gelden.

Ook door het varken wordt de cellulose in de darm door de cellulosebacteriën aangetast, doch de aantasting heeft hier minder sterk plaats dan bij de herkauwers en het paard.

Daarentegen wordt cellulose door dieren met uitsluitend enzymatische vertering, zooals de hond, niet van beteekenis verteerd.

b. Pentosanen

Aangezien over de verteerbaarheid van de pentosanen tegenstrijdige inzichten bestaan, zal hierop uitvoeriger worden ingegaan.

Verteringsproeven met zuivere pentosanen zijn niet genomen, doch uit de beschikbare resultaten blijkt, dat de verteerbaarheid van de pentosanen, aanwezig in eenige daarop onderzochte ruwvoeders, ongeveer overeenkomt met die van cellulose. Volgens

---

[1]) NAUMANN, Zeitschr. f. Tierernährung u. Futtermittelk. 3 (1940) 193.

onderzoekingen van FÜRTH en ENGEL [1]) zou voor de vertering van de pentosanen de medewerking van bacteriën noodig zijn, evenals dat bij cellulose het geval is. MAYNARD [2]) zegt hiervan: „Present knowledge suggests that the pentosans and other complex polysaccharides included in the nitrogen-free extract by the Weende method behave more like cellulose than starch as regards susceptibility to breakdown in the digestive tract. Further studies of this question for various species are highly desirable".

De volgende literatuurgegevens worden hier vermeld.

In een publicatie van TOLLENS [3]) worden eenige uitkomsten van andere onderzoekers genoemd: STONE vond, dat konijnen van pentosanen in tarwezemelen in één geval 58.93 en 62.46 % en in een ander geval 38.1 % verteerden, STONE en JONES zagen, dat schapen van de pentosanen in zemelen, in mais en in verschillende hooisoorten tusschen 48.0 % en 90.4 % verteerden. Uit het onderzoek van LINDSAY en HOLLAND bleek, dat een groot deel der pentosanen in verschillende voedermiddelen (hooi, bostel, enz.) verteerbaar was; de verteringscoëfficiënten lagen tusschen 56 en 89. WEISKE nam waar, dat in weidehooi en haver door rammen van de pentosanen 62.2 tot 66.8 % werd verteerd.

Verder werden in een publicatie van KELLNER [4]) eenige verteringscoëfficiënten van pentosanen gevonden, nl.:

	Verteringscoëfficiënten				
	Zetmeel achtige stoffen	Ruwe celstof	Pentosanen	Pentosanen-vrije ruwe celstof	Pentosanen-vrije zetmeelachtige stoffen
Weidehooi	58.9	54.6	52.5	54.6	62.7
Haverstroo	45.4	48.4	48.3	45.4	46.2

Een onderzoek van KÖNIG, FÜRSTENBERG en MURDFIELD [5]) met schapen als proefdieren leverde de volgende resultaten op (in %):

	Grashooi I vóór de bloei		Grashooi II in de bloei		Grashooi III na de bloei	
	Pentosanen	Cellulose	Pentosanen	Cellulose	Pentosanen	Cellulose
In de droge stof	20.64	20.82	22.65	22.49	22.93	24.08
Verteerd	82.06	83.40	68.52	73.08	53.56	56.72
	Klaverhooi I vóór de bloei		Klaverhooi II in de bloei		Klaverhooi III na de bloei	
In de droge stof	13.53	14.01	14.21	16.59	16.10	20.65
Verteerd	76.41	75.22	66.25	62.97	48.84	54.84

[1]) FÜRTH en ENGEL, Biochem. Zeitschr. 237 (1931) 159.
[2]) MAYNARD, Animal nutrition, 1937, blz. 53.
[3]) TOLLENS, Journ. f. Landwirtschaft 44 (1896) 171.
[4]) KELLNER, Landw. Versst. 53 (1900) 197.
[5]) KÖNIG, FÜRSTENBERG, MURDFIELD, Landw. Verstst. 65 (1907) 55.

Verder verdient nog vermelding een onderzoek van HONCAMP, RIES en MÜLLNER [1]) met verschillende stroosoorten:

	Verteringscoëfficiënten					
	Organische stof	Eiwit-achtige stoffen	Zetmeel achtige stoffen	Pento-sanen	Vetachtige stoffen	Ruwe celstof
Wintertarwestroo						
Hamel 9 . . .	40.9	—	42.0	42.5	44.8	43.1
Hamel 10 . . .	40.9	—	36.0	45.8	41.4	48.5
Gemiddeld . . .	40.9	—	39.0	44.2	43.1	45.8
Zomertarwestroo						
Hamel 9 . . .	46.6	5.6	43.4	48.7	—	48.7
Hamel 10 . . .	46.2	—	38.1	51.4	4.2	52.4
Gemiddeld . . .	46.4	5.6	40.8	50.1	4.2	50.1
Haverstroo . . .						
Hamel 7 . . .	45.7	—	45.3	56.4	38.1	50.2
Hamel 8 . . .	52.1	11.1	50.4	62.5	47.6	56.9
Gemiddeld . . .	48.9	11.1	47.8	59.4	42.8	53.6
Winterroggestroo						
Hamel 7 . . .	41.3	10.5	35.6	41.0	60.0	48.0
Hamel 8 . . .	54.1	34.8	45.9	58.8	64.4	61.8
Gemiddeld . . .	47.7	22.7	40.8	49.9	62.2	54.9
Zomerroggestroo						
Hamel 7 . . .	46.0	22.3	44.5	47.4	55.3	49.5
Hamel 8 . . .	54.6	41.5	51.4	56.5	48.9	59.5
Gemiddeld . . .	50.3	31.9	47.9	51.9	52.1	54.5
Wintergerstestroo						
Hamel 7 . . .	48.0	4.8	45.8	58.4	63.2	55.4
Hamel 8 . . .	54.8	13.7	51.0	66.0	60.5	63.4
Gemiddeld . . .	51.4	9.3	43.4	62.2	61.9	59.4
Zomergerstestroo						
Hamel 7 . . .	46.3	12.1	43.4	52.9	45.7	52.4
Hamel 8 . . .	50.4	19.1	46.6	57.7	42.9	57.0
Gemiddeld . . .	48.4	15.6	45.0	55.3	44.3	54.7

De stroosoorten werden niet afzonderlijk vervoederd, doch naast hooi van goede kwaliteit, waarvan de verteringscoëfficiënten de volgende waren:

	Hamel 9	Hamel 10	Gemiddeld	Hamel 7	Hamel 8	Gemiddeld
Droge stof	61.8	65.5	63.7	63.9	64.7	64.3
Organische stof . .	63.9	67.6	65.8	66.5	67.2	66.8
Eiwitachtige stoffen .	65.1	67.2	66.2	69.1	70.1	69.5
Zetmeelachtige stoffen	56.8	61.3	59.1	58.4	58.6	58.5
Vetachtige stoffen .	52.8	55.5	54.2	60.4	58.3	59.3
Pentosanen	68.0	71.7	69.9	70.4	70.2	70.3
Ruwe celstof . . .	71.7	75.4	73.6	74.6	76.4	75.5

[1]) HONCAMP, RIES, MÜLLNER, Landw. Versst. 84 (1914) 301.

Uit voorgaande opsomming van gegevens mag wel worden geconcludeerd, dat indien cellulose en pentosanen in natuurlijke toestand in voedermiddelen voorkomen, deze beide componenten in verteerbaarheid niet veel uiteenloopen.

Enkele mededeelingen in de literatuur wijzen er evenwel op, dat dit bij *varkens* niet het geval is. NAUMANN [1]) vond nl., dat de pentosanen door het varken beter werden verteerd dan cellulose. Ook KÖNIG, FÜRSTENBERG en MURDFIELD [2]) vermeldden, dat de pentosanen door het varken beter worden verteerd dan de cellulose, hetgeen blijkt uit de volgende door hen vermelde verteringscoëfficiënten.

	Pentosanen	Cellulose
Erbsenkleie (vermoedelijk erwtenvoermeel met weinig schillen)	94.01	73.73
Buchweizenkleie (vermoedelijk boekweitvoermeel met veel doppen)	54.73	32.29
Weizenkleie (tarwezemelen)	57.77	19.28

c. Cutine

Uit een onderzoek van KÖNIG, FÜRSTENBERG en MURDFIELD [2]) volgde, dat cutine als volkomen onverteerbaar kan worden beschouwd. Verder bleek hun, dat tusschen het cutinegehalte en het groeistadium nauwelijks een verband valt af te leiden; bij het gras schijnt het cutinegehalte gelijk te blijven, terwijl bij klaver het gehalte in opeenvolgende groeistadia iets stijgt, zooals uit de volgende gegevens moge blijken:

	Vocht	Cutine
	%	%
Gras: vóór de bloei	15.32	1.07
„ : tijdens „ „	13.99	1.07
„ : na „ „	14.70	0.89
Klaver: vóór de bloei	16.31	1.05
„ : tijdens „ „	13.71	1.01
„ : na „ „	15.53	1.52

Voorts valt op, dat het cutinegehalte slechts laag is. Ook bij andere voedermiddelen werden steeds lage cutinegehalten gevonden, nl.:

	Vocht	Cutine
	%	%
Erwtenstroo	16.37	2.22
Tarwezemelen	13.02	1.84
Tarwekorrels	15.98	0.32
Gerstevoermeel	12.29	0.25
Erwtenvoermeel	14.08	0.05
Boekweitvoermeel	12.51	0.25

---

[1]) NAUMANN, l. c.

[2]) KÖNIG, FÜRSTENBERG, MURDFIELD, l. c.

Eenige lijn is in deze cutinegehalten niet te bespeuren; voorts zijn de cijfers slechts *laag*, zoodat in het vervolg van afzonderlijke cutinebepalingen is afgezien; waar lignine is bepaald, is hieronder ook de cutine begrepen.

d. Lignine

Aangezien, zooals uit het vervolg zal blijken, bij verschillende onderzoekers geen overeenstemming bestaat ten aanzien van de kwantitatieve ligninebepaling, loopen de opvattingen over de mate, waarin de lignine verteerbaar is, uiteen; doch welke methode men ook volgde, steeds kwam men tot het resultaat, dat de lignine slecht verteerbaar of onverteerbaar is en dat deze stof de verteerbaarheid van de andere componenten van de celwand drukt.

Deze opvatting wordt ook gerechtvaardigd door de volgende argumenten:

1. Voedermiddelen, die sterk verhout zijn, zijn steeds slecht verteerbaar; er zijn geen voedermiddelen bekend, die sterk verhout zijn en tevens goed verteerbaar.

2. Voedermiddelen, die weinig of niet verhout zijn, zijn steeds goed verteerbaar.

3. Verwijdert men van een voedermiddel met een hoog ligninegehalte de lignine, dan wordt het product beter verteerbaar. Dit is het geval bij het z.g. ontsluiten van stroo, dat ten doel heeft de incrusteerende stoffen (hoofdzakelijk lignine) en kiezelzuur zoodanig in oplossing te brengen, dat de bacteriën in deze stoffen geen beletsel vinden de andere, overigens goed verteerbare celwandbestanddeelen aan te tasten.

De oudste ontsluitingsmethode voor stroo is die van LEHMANN. Hierbij wordt het stroo behandeld met natronloog onder druk. Een jongere methode is die van COLSMAN, waarbij het stroo wordt gekookt met natronloog zonder druk toe te passen, waarbij evenwel de verteerbaarheid niet zooveel beter wordt als bij het onder druk behandelde. Daarna heeft BECKMANN aangetoond, dat men hetzelfde doel bereikt zonder te koken.

Ook worden in plaats van natronloog wel gebruikt calciumhydroxyde en soda. De hiermede verkregen resultaten waren eveneens bevredigend, hoewel minder goed dan die met natronloog.

Dat door het ontsluiten van stroo de verteerbaarheid van het product stijgt, bleek reeds uit een in 1900 door KELLNER [1]) genomen proef. Van het uitgangsmateriaal, nl. roggestroo, was van de zetmeelachtige stoffen 46 % verteerbaar en van de ruwe celstof 55 %, terwijl van het hieruit door ontsluiten verkregen product verteerbaar was 79.2 % van de zetmeelachtige stoffen en van de ruwe celstof 95.8 %.

Thans vragen wij ons af, op welke wijze de invloed van de lignine

---

[1]) KELLNER, Landw. Versst. 53 (1900) 278, 302.

kan worden verklaard. Men kan veronderstellen, dat lignine een *vergift* is voor de bacteriën, welke in het maagdarmkanaal de celwanden moeten aantasten. Dit is evenwel niet het geval, hetgeen gebleken is uit door OLSON, PETERSON en SHERRARD [1]) genomen proeven. Filtreerpapier werd door cultures, bereid uit paardenmest, vrijwel geheel vergist onder vorming van in hoofdzaak azijnzuur en boterzuur en verder een weinig melkzuur en alcohol. Zij zagen, dat bij lignineríjk materiaal, zooals houtmeel, geen vergisting der cellulose optrad. Werd filtreerpapier aan het houtmeel toegevoegd, dan vergistte de cellulose van het filtreerpapier normaal, waaruit volgt, dat het houtmeel geen voor de bacteriën vergiftige stoffen bevatte, dus ook, dat lignine geen vergift is. Bovendien bleek dit uit een proef, waarbij zij aan geïsoleerde lignine filtreerpapier toevoegden; er trad dan normale vergisting der cellulose in. Uit een andere proef bleek eveneens, dat het ligninegehalte van invloed is op de vergistbaarheid. Zij behandelden nl. fijngemalen zaagsel met salpeterzuur en natronloog van verschillende concentraties. Daarna werd de vergistbaarheid van het restant nagegaan; hierbij werd gevonden, dat des te lager het ligninegehalte was geworden des te grooter de vergistbaarheid van de cellulose was.

Bij de strooöntsluiting zou het verder mogelijk kunnen zijn, dat door de behandeling van stroo met natronloog de daarin aanwezige *cellulose zoodanig wordt veranderd,* dat deze beter door bacteriën kan worden aangetast en dat aldus de verteerbaarheid beter wordt. Ook dit is niet het geval, hetgeen bleek uit proeven van THOMAS en PRINGSHEIM [2]). Zij kookten filtreerpapier, dus zuivere cellulose, volgens de methode van LEHMANN met loog onder druk en voederden het aldus verkregen product met gedroogde aardappelen als bijvoeder aan een hond, een konijn en een hamel. De hond verteerde van het onbehandelde filtreerpapier niets, het konijn ongeveer 25 % en de hamel 50 %. Door bovengenoemde behandeling had geen verhooging van de verteerbaarheid van het filtreerpapier plaats.

Op grond van het vorenstaande mag wel worden aangenomen, dat de lignine (en bij cutine zal dit eveneens het geval zijn) voor de bacteriën bij het verteringsproces een *mechanische hindernis* vormt. Men kan zich dit aldus voorstellen, dat het door de in de intermicellaire ruimten afgezette lignine voor de bacteriën moeilijker wordt om de goed verteerbare stoffen te bereiken.

e. Kiezelzuur

Hoewel over de verteerbaarheid hiervan geen speciale proeven zijn genomen, kan wel worden aangenomen, dat deze moeilijk aan-

---

[1]) OLSON, PETERSON en SHERRARD, Ind. and Eng. Chem. 29 (1937) 1026.

[2]) THOMAS en PRINGSHEIM, Arch. f. Anat. u. Phys.; Phys. Abt. (1918) 25.

tastbare stof onverteerbaar is en dat zij evenals lignine een mechanische hindernis voor de bacteriën vormt. Men kan zich dit ongeveer op dezelfde wijze voorstellen als bij de lignine.

In het voorgaande werd niet gesproken over de verteerbaarheid van de *pectine*. Hierover werden geen gegevens gevonden. Aangezien evenwel pectine gemakkelijk en snel wordt afgebroken door vele microörganismen, kunnen wij veilig veronderstellen, dat deze stof goed verteerbaar is.

Resumeerende kunnen wij dus zeggen, dat alle celwandbestanddeelen goed verteerbaar zijn, behalve de incrusteerende stoffen en het kiezelzuur, welke stoffen een mechanische hindernis vormen voor de bacteriën.

HOOFDSTUK III

DE GEBRUIKELIJKE VOEDERSTOFANALYSE EN POGINGEN HIERIN VERBETERING TE BRENGEN

1. De gebruikelijke voederstofanalyse

Uit het vorige Hoofdstuk komt duidelijk de groote invloed naar voren, die de lignine heeft op de verteerbaarheid der voedermiddelen.

In dit licht bezien is het wel merkwaardig, dat bij de sedert 1864 gebruikelijke voederstofanalyse geen plaats is ingeruimd voor het ligninegehalte. Volledigheidshalve volge hier een korte bespreking van deze z.g. WEENDER methode. Bij deze methode denkt men zich, dat de voedermiddelen uit de volgende groepen van bestanddeelen bestaan: *1.* vocht, *2.* eiwitachtige stoffen of ruw eiwit, *3.* vetachtige stoffen of ruw vet, *4.* ruwe celstof, *5.* aschbestanddeelen en *6.* stikstofvrije extractiefstoffen of zetmeelachtige stoffen.

Het gehalte aan *eiwitachtige stoffen* vindt men door het stikstofgehalte te vermenigvuldigen met de factor 6.25, aangezien men als gemiddeld stikstofgehalte van eiwitten aanneemt 16 %. Hoewel deze methode niet in alle gevallen juist is, daar verschillende eiwitten een ander stikstofgehalte hebben, kan men haar in het algemeen wel aanvaarden en zoo noodig in bijzondere gevallen een andere factor toepassen. De eiwitachtige stoffen deelt men dan verder in in zuiver of werkelijk eiwit en amiden; amiden zijn dus de stikstofhoudende stoffen van een voedermiddel, die geen werkelijk eiwit zijn. Bij de eiwitten is er dus sprake van een verzamelbegrip, waarbij in verband met de zich uitbreidende kennis van deze stoffen verdere splitsing is te verwachten, doch met het oog op het doel van ons onderzoek, zal hierop niet verder worden ingegaan.

De *vetachtige stoffen* van een voedermiddel verkrijgt men door de gedroogde en fijngemalen stof met een oplosmiddel voor vet, meestal aether, te behandelen. In het oplosmiddel lossen niet alléén echte vetten op, doch bovendien allerlei andere stoffen, zooals vrije vetzuren, chlorophyll, was e. a. Daar deze geen vetten zijn, noemt men de aldus verkregen stoffen vetachtige stoffen of ruw vet.

Onder de *ruwe celstof*, ook wel ruwvezel genoemd, verstaat men diè organische stoffen van een voedermiddel, die overblijven, indien men dit laatste behandelt met verdund zwavelzuur en verdunde kaliloog van bepaalde concentratie en daarna uitwascht met alcohol en aether of aceton. De ruwe celstof bestaat uit cellulose, pentosanen en lignine, terwijl er ook een geringe hoeveelheid eiwit in kan voorkomen. Dat de ruwe celstof geen chemisch individu is, doch bestaat uit verschillende stoffen, waarvan de verhouding uiteen kan loopen, is reeds lang bekend. Enkele jaren geleden is hetzelfde gebleken uit een onderzoek van NORMAN [1]), die de samenstelling van verschillende voedermiddelen in hun geheel naging en bovendien de samenstelling van de ruwe celstof. De volgende tabel geeft hiervan een overzicht; de gehaltecijfers hebben betrekking op de droge stof.

Voedermiddel	Ruwe celstof	Cellulose	Xylaan in cellulose	Lignine	Furfural van hemicellulosen	Eiwitachtige stoffen
	%	%	%	%	%	%
Boonenstroo . .	45.8	41.9	9.0	12.7	5.1	4.3
„ rc	—	35.1	5.6	8.5	0.7	0.4
Haverstroo . . .	35.2	43.7	12.1	11.4	7.6	3.4
„ rc	—	32.4	3.6	2.4	1.2	0.2
Tarweplanten .	32.6	43.0	9.7	13.1	7.6	8.2
„ rc	—	30.2	4.4	2.1	0.3	0.2
Hooi	31.5	37.7	9.6	9.8	5.9	9.1
„ rc	—	27.0	3.9	3.5	0.3	0.3
Wikken 3 . . .	31.1	31.8	6.3	14.3	7.5	15.8
„ rc	—	23.1	3.7	6.3	0.9	0.5
Wikken 2 . . .	30.0	27.2	4.1	12.9	5.5	21.0
„ rc	—	23.8	3.1	5.7	0.9	0.8
Wikken 1 . . .	22.9	23.7	3.0	11.2	3.8	30.5
„ rc	—	17.7	2.0	3.9	0.5	1.1
Maisplanten . .	22.6	36.6	9.2	8.0	5.3	15.3
„ rc	—	22.0	2.8	0.8	0.4	0.1
Koolplanten . .	17.3	18.5	2.9	5.7	5.8	26.8
„ rc	—	13.2	2.0	3.1	0.3	0.2
Suikerbietenpulp	14.5	18.9	1.8	6.9	11.1	+
„ rc	—	12.8	0.8	1.5	0.0	+
Zemelen	11.3	26.3	11.1	6.0	4.4	+
„ rc	—	10.5	0.5	0.2	0.1	+

+ niet bepaald.

[1]) NORMAN, Journ. agr. Sc. 25 (1935) 529.

Het gehalte aan *stikstofvrije extractiefstoffen* of *zetmeelachtige stoffen* wordt niet analytisch bepaald, doch gevonden door berekening, nl. door het totaal aan vocht, eiwitachtige stoffen, vetachtige stoffen, ruwe celstof en asch van 100 af te trekken. Het is dus een restgroep, waarin chemisch sterk verschillende stoffen kunnen voorkomen, zooals zetmeel, suikers, organische zuren, pectine, hemicellulosen, cellulose, pentosanen en lignine. De laatstgenoemde drie stoffen gaan namelijk bij de ruwe celstofbepaling gedeeltelijk in oplossing. Aangezien in deze groep stoffen van zoo verschillende aard voorkomen, is het begrijpelijk, dat men reeds lang getracht heeft deze groep verder analytisch te splitsen.

2. *Andere methoden en critische beschouwingen daarover*

Het heeft niet aan pogingen ontbroken om in de genoemde voederstofanalyse verbeteringen aan te brengen. Eenige hiervan zullen in het kort worden genoemd.

SCHULZE [1]) schreef reeds in 1898 over de noodzakelijkheid wijziging te brengen in de WEENDER methode. Hij stelde voor het gehalte aan de in aether, alcohol, moutextract en water onoplosbare stikstofvrije stoffen te bepalen. Trekt men hiervan het gehalte aan ruwe celstof af, dan bestaat de rest uit de stikstofvrije extractiefstoffen, die in water en moutextract onoplosbaar zijn. Zoodoende worden de stikstofvrije extractiefstoffen in twee ondergroepen verdeeld, nl. een deel, dat men oplosbaar en een deel, dat men onoplosbaar kan noemen. Tot de eerste ondergroep behooren de suikersoorten, dextrine, zetmeel enz., terwijl de tweede ondergroep in hoofdzaak bestaat uit de bij het verhitten met $1^1/_4$ % zwavelzuur en $1^1/_4$ % kaliloog in oplossing gaande celwandbestanddeelen. SCHULZE is van meening, dat de tot de eerste ondergroep behoorende koolhydraten, welke òf door water alleen òf door de in het dierlijk lichaam aanwezige diastatische fermenten in oplossing zijn te brengen, voor de dierlijke voeding grootere waarde moeten bezitten dan de in verdund zuur en verdunde loog oplosbare celwandbestanddeelen. Hij wijst er evenwel ook op, dat in de eerste ondergroep naast koolhydraten ook plantenzuren, looizuur e. d. voorkomen, terwijl het gehalte door verschilberekening wordt gevonden, zoodat hierin eventueel gemaakte fouten van andere analysen worden opgehoopt.

Hoewel voor een dgl. indeeling van de stikstofvrije extractiefstoffen wel wat valt te zeggen, is het bezwaar van deze analysemethode, dat geen afzonderlijke plaats is ingeruimd voor de lignine.

FINGERLING [2]) wees in 1922 op de noodzakelijkheid met het begrip ruwe celstof te breken en stelde voor van een voedermiddel te bepalen de gehalten aan cellulose, pentosanen en lignine. Hij

---

[1]) SCHULZE, Landw. Versst. 49 (1898) 419.

[2]) FINGERLING, Chem. Ztg. 46 (1922) 917.

vermeldde echter alleen een methode voor de bepaling van het cellulosegehalte, doch niet van het ligninegehalte en juist aan een bepalingsmethode voor lignine bestaat groote behoefte, aangezien zooals uit Hoofdstuk II is gebleken, tusschen de verteerbaarheid van de cellulose en de pentosanen weinig of geen verschil bestaat.

NORMAN [1]) deed in 1935 onderzoekingen over de samenstelling van de ruwe celstof van verschillende voedermiddelen en kwam tot de conclusie, dat de lignine een sterke invloed heeft op de verteerbaarheid van het materiaal. Bovendien wees hij er op, dat bij het lignineonderzoek *alle* lignine moet worden bepaald, zoodat alcalische vóórbehandeling moet worden vermeden.

CRAMPTON en MAYNARD [2]) kwamen in 1938 tot de conclusie, dat ten minste voor herbivoren een verdere verdeeling van de bestanddeelen van een voedermiddel in lignine, cellulose en andere koolhydraten meer biologische beteekenis en grooter nut kan hebben om de voederwaarde te voorspellen dan de gebruikelijke verdeeling van deze bestanddeelen in ruwe celstof en zetmeelachtige stoffen.

In hetzelfde jaar publiceerde AXELSSON [3]) een vergelijking, aangevende het verband tusschen de verteerbaarheid van de organische stof en het ruwe-celstofgehalte. Genoemde vergelijking is de volgende: $y = 90.1 - 0.879\,x$, waarin y de verteringscoëfficiënt van de organische stof en x het percentage ruwe celstof in de droge stof voorstelt. De onderzoeker merkte hierbij het volgende op: „Diese Methode setzt voraus, dasz eine gewisse Veränderung des Rohfasergehaltes der Trockenmasse eine gleiche Veränderung der Verdaulichkeit der organischen Substanz bei sämtlichen Futtermitteln bedingt. Wahrscheinlich ist dies jedoch nicht der Fall, da die Beschaffenheit der Rohfaser bei den verschiedenen Futtermitteln etwas wechselt. Dieser Umstand dürfte indes so wenig einwirken, dasz man von ihm absehen kann. Bis es gelungen ist die Verdaulichkeit verschiedener Qualitäten zu bestimmen, dürfte deshalb diese Methode für die Korrigierung der Verdaulichkeit Anwendung finden können".

Dat evenwel de samenstelling van de ruwe celstof meer dan „etwas wechselt" bleek uit het onderzoek van NORMAN, waarvan analysen op blz. 20 zijn vermeld. Hierin komen nl. groote verschillen ten aanzien van het ligninegehalte van de van verschillende voedermiddelen afkomstige ruwe celstof tot uiting.

NAUMANN [4]) publiceerde in 1940 een onderzoek over de verteerbaarheid van de ruwe celstof en de bestanddeelen daarvan. Ook hij kwam tot het resultaat, dat de ruwe celstof van zeer uiteenloopende samenstelling was; het bleek, dat de lignine in de ruwe celstof in

---

[1]) NORMAN, l. c.
[2]) CRAMPTON en MAYNARD, Journ. of nutr. 15 (1938) 383.
[3]) AXELSSON, Tierernährung 10 (1938) 238.
[4]) NAUMANN, l. c.

bijna alle gevallen onverteerbaar was. In een zijner conclusies zegt NAUMANN: „Voor de berekening van de zetmeelwaarde is de bepaling van de ruwe celstof als zoodanig niet voldoende. De onderzoekingen toonden aan, dat het ruwe-celstofcomplex analytisch verder in zijn componenten moet worden gesplitst om te kunnen beslissen over de physiologische waarde van de ruwe celstof".

Als bezwaar van het onderzoek van NAUMANN kan worden genoemd, dat hij niet bepaalde het totale ligninegehalte, doch het ligninegehalte van de ruwe celstof; door de behandeling met loog wordt nl. een deel van de lignine verwijderd. Wel heeft de bepaling van het ligninegehalte in de ruwe celstof het voordeel, dat verschillende factoren, welke de bepaling kunnen storen, in de ruwe celstof niet meer aanwezig zijn.

In een publicatie van CRAMPTON en FORSHAW [1]) in 1940 komen de volgende woorden voor: „It would be an important advance, if the determination of the crude fiber fraction and its use in expressing composition were abandoned as inadequate, unreliable and misleading" en verder „The most serious criticism of the present system of analyses used for grasses and foragecrops is that there is included no measure of the lignin content".

Tenslotte stelde POPPOFF [2]) een andere indeeling voor. Zijn analysemethode is in hoofdtrekken als volgt: Het ontvette voedermiddel wordt behandeld met diastase, daarna met pepsine-HCl. Het restant wordt gedroogd bij 105°, gewogen, verascht en weer gewogen. Het verschil van beide wegingen geeft de hoeveelheid cellulose, hemicellulosen en lignine (door de onderzoeker ruwe celstof A genoemd). Bij een tweede proef, op dezelfde wijze behandeld, wordt de hoeveelheid lignine bepaald. Door aftrekking van de hoeveelheid lignine van het gezamenlijk residu, wordt de hoeveelheid cellulose en hemicellulosen (pentosanen en hexosanen) gevonden, die ligninevrije ruwe celstof A genoemd wordt. De stikstofvrije extractiefstoffen, volgens deze methode verkregen,zijn het verschil tusschen de droge stof en de som van eiwitachtige stoffen, vetachtige stoffen, asch en ruwe celstof A.

Volgens deze methode wordt een betere indeeling bereikt dan bij de WEENDER methode het geval is. Cellulose en pentosanen komen tezamen in een groep, de lignine vormt een component, die als niet of moeilijk verteerbaar is te beschouwen, de groep der stikstofvrije extractiefstoffen bevat in hoofdzaak zetmeel, dextrine en suikers en in geringe hoeveelheden eenige organische zuren en andere stoffen.

Een belangrijke vooruitgang bij deze methode is, dat ook het ligninegehalte wordt bepaald; ook de genoemde indeeling van de

---

[1]) CRAMPTON en FORSHAW, Journ. of nutr. 19 (1940) 161.

[2]) POPPOFF, Bodenkunde und Pflanzenernährung N. F. 31 (1943) 85.

stikstofvrije extractiefstoffen heeft zekere voordeelen, doch een nadeel is, dat de methode tamelijk tijdroovend is en weinig geschikt voor massa-analyse, terwijl de nieuwe bestanddeelen geen aansluiting geven op de gebruikelijke indeeling.

Uit de voorgaande literatuurgegevens en de daarop geleverde critische beschouwingen komt meer of minder duidelijk naar voren de groote rol, die de lignine moet spelen bij een voederstofindeeling, die verder gaat dan de gebruikelijke, al bestaat er op dit punt geen eenstemmigheid. AXELSSON [1]) b.v. betwijfelt of met de lignine-bepaling voor de veevoeding ook maar eenig noemenswaard voordeel behaald wordt. Niettemin is verder onderzoek dringend gewenscht, waarvoor het in de eerste plaats noodzakelijk is een aanvaardbare analysemethode aan te geven.

HOOFDSTUK IV

DE TOEGEPASTE METHODE TER BEPALING VAN HET LIGNINEGEHALTE IN VOEDERMIDDELEN

1. Literatuur

Het aantal beschreven methoden voor de kwantitieve lignine-bepaling is groot, doch eerst na de onderzoekingen van NORMAN [2]) en medewerkers heeft men hierin een juister inzicht gekregen. De oudere bepalingsmethoden geven dusdanige hooge uitkomsten, dat zij als foutief moeten worden beschouwd.

Voor de bepaling van het ligninegehalte maakt men als eind-behandeling gebruik van zwavelzuur van 72 % of van zoutzuur van 42 %; alle andere bestanddeelen lossen hierin op; de lignine daaren-tegen niet. Aangezien het werken met zoutzuur van deze concentratie bezwaren oplevert, geeft men meestal de voorkeur aan zwavelzuur.

NORMAN en JENKINS [2]) hebben er op gewezen, dat verschillende stoffen bij behandeling met zwavelzuur van 72 % condensatie-producten kunnen geven, waardoor de ligninegehalten te hoog worden gevonden. Zekere suikers, voornamelijk xylose en fructose, geven een onoplosbaar residu, indien men ze laat staan met zwavel-zuur en zij verhoogen het schijnbare ligninegehalte als zij bij plantenmateriaal worden gevoegd; eenzelfde effect heeft arabinose, doch in veel geringere mate, en ook saccharose, als gevolg van de fructosecomponent, terwijl polysacchariden, die pentosesuikers bevatten, hetzelfde gevolg hebben. Ook eiwitten verhoogen het

---

[1]) AXELSSON, Tierernährung 12 (1940) 414.

[2]) NORMAN en JENKINS, Biochem. Journ. 28 (1934) 2147, 2160 en 31 (1937) 1567.

schijnbare ligninegehalte; de bij aanwezigheid van eiwit verkregen lignine bevat stikstof; aldehyden en phenol geven eveneens verhooging. De onderzoekers achten het nutteloos een correctie toe te passen door de hoeveelheid stikstof in de afgescheiden lignine als eiwit te berekenen en deze af te trekken; waarschijnlijk wordt in sommige gevallen de fout grooter dan die, veroorzaakt door de aanwezigheid van het stikstofhoudend materiaal.

Een vóórbehandeling met verdund zuur verlaagt de fout in de meeste gevallen, doch de bruikbaarheid van een dergelijke methode is niet bewezen, daar de invloed van verdunde zuren op lignine niet bekend is; toch hebben de onderzoekers deze vóórbehandelingsmethode aanvaard.

Enkele andere methoden zullen in het kort worden genoemd:

TSCHERNIAK [1]) extraheert eerst met aether en behandelt daarna met een zwavelzuur-zoutzuur mengsel.

NAUMANN [2]) onderzocht, zooals reeds is gezegd, niet het oorspronkelijke materiaal op ligninegehalte, doch de ruwe celstof. Wel krijgt men volgens deze methode juistere ligninegehalten in de ruwe celstof, doordat verschillende storende stoffen geheel of gedeeltelijk weggenomen zijn, doch een overwegend bezwaar is, dat een gedeelte van de lignine bij de ruwe-celstofbepaling wordt verwijderd.

CRAMPTON en MAYNARD [3]) gebruiken een andere methode, die in het kort neerkomt op het volgende. Zij verwijderden zooveel mogelijk het eiwit met pepsine-HCl om de storende invloed van het eiwit weg te nemen. Het residu werd behandeld met formaline en zwavelzuur van 72 %, waarin lignine oplost. Daarna wordt de lignine neergeslagen met een mengsel van chloroform en azijnzuur.

Deze methode is tamelijk bewerkelijk, terwijl het gebruik van formaldehyde aanleiding kan geven tot het vormen van condensatieproducten, zoodat een te hoog ligninegehalte kan worden gevonden.

PHILLIPS en GOSS [4]) voerden ligninebepalingen uit in plantenmateriaal, dat 30 uur in een Soxhletapparaat was geëxtraheerd met een 1 : 2 alcohol-benzol-mengsel, daarna met koud water, heet water en 1 % zoutzuur; hierin werd het ligninegehalte bepaald met zeer geconcentreerd HCl.

Ook GRIFFIOEN [5]) past, na extractie met een mengsel van gelijke deelen alcohol en benzol, een vóórbehandeling met verdund zuur toe, teneinde zooveel mogelijk alle stoffen te verwijderen, die onder invloed van geconcentreerd zwavelzuur aanleiding zouden kunnen geven tot de vorming van onoplosbare reactieproducten.

---

[1]) TSCHERNIAK, Tierernährung 8 (1936) 408.
[2]) NAUMANN, l. c.
[3]) CRAMPTON en MAYNARD, l. c.
[4]) PHILLIPS en GOSS, Journ. agr. Res. 51 (1935) 301.
[5]) GRIFFIOEN, Chemisch Weekblad 36 (1939) 81.

RICHTER [1]) gebruikt 72 % zwavelzuur zonder vóórbehandeling. Hij onderzocht echter alleen houtsoorten.

POPPOFF [2]) gaat eerst ontvetten, daarna koken met 2.5 % zoutzuur, waardoor alle suikersoorten, het zetmeel, het grootste deel van de hemicellulosen en de eiwitten in oplossing gaan. Na drogen wordt behandeld met een oplossing van zinkchloride en zoutzuur, waardoor de cellulose in oplossing gaat. De methode heeft veel aantrekkelijks, doch de schrijver zegt zelf, dat het onderzoek nog niet volledig is.

Een geheel ander standpunt wordt door HILPERT [3]) en zijn medewerkers ingenomen. Zij zijn van meening, dat er geen ware lignine bestaat, doch dat de door andere onderzoekers gevonden lignine bestaat uit reactieproducten van koolhydraten, ontstaan door de werking van het zuur. Er zijn gevallen, waarin HILPERT gelijk heeft. Zoo vond SCHMIDT-NIELSEN [4]) in verschillende soorten zeewier een aanzienlijk percentage lignine, bepaald met de zuurmethode. Doch niet juist is het, dat HILPERT generaliseert en groot is het aantal bezwaren, dat tegen zijn standpunt is ingebracht. Deze bezwaren zullen hier niet uitvoerig worden besproken. Slechts zij hier vermeld, dat WAKSMAN en CORDON [5]) volgens een andere methode, nl. door oplossen in alkaliën, eenzelfde percentage lignine vonden als door gebruik te maken van zuur; deze onderzoekers wijzen er tevens op, dat niet ontkend kan worden, dat het chemisch karakter van de lignine veranderd wordt door de werking van het zuur. GRIFFIOEN [6]) kan zich evenmin met het standpunt van HILPERT vereenigen en stelt de vraag: „Indien in verhoute materialen geen lignine aanwezig zou zijn, doch alleen componenten van koolhydraatkarakter, hoe kunnen wij dan de sterke toename van het koolstofgehalte gedurende de verhouting verklaren?" Dergelijke argumenten verzwakken de meening van HILPERT ten zeerste.

Zooals reeds is gezegd, geven de oudere bepalingsmethoden te hooge uitkomsten. Zoo bepaalden SEMMLER en PRINGSHEIM [7]) van een aantal stoffen de ligninegehalten (volgens de methode van WILLSTÄTTER) en vonden o. a. de volgende gehalten, waarbij tevens die aan cellulose en pentosanen zijn vermeld:

---

[1]) RICHTER, Ind. and Eng. Chem. 23 (1931) 131.

[2]) POPPOFF, Zeitschr. f. Tierernährung u. Futtermittelk. 1 (1938) 245.

[3]) HILPERT en LITTMANN, Ber. d. d. chem. Ges. 67 B (1934) 1551; HILPERT, Ber. 68 B (1935) 16; HILPERT en HELLWAGE, Ber. 68 B (1935) 380.

[4]) SCHMIDT-NIELSEN en OPPERUD; SCHMIDT-NIELSEN en ASTAD, Ref. Chem. Abstr. 31 (1937) 2419.

[5]) WAKSMAN en CORDON, Journ. Amer. Chem. Soc. 58 (1936) 969.

[6]) GRIFFIOEN, Diss. Leiden (1938).

[7]) SEMMLER en PRINGSHEIM, Landw. Versst. 94 (1919) 85.

	Pentosanen	Cellulose	Lignine
	%	%	%
Hout	9.06	45.81	27.46
Wintergerstestroo	21.67	34.27	21.21
Haverstroo	21.33	35.43	20.40
Zomergerstestroo	21.45	32.92	18.66
Maisstroo	23.54	30.56	15.13
Rijststroo	27.67	31.99	18.48
Riet	20.94	33.35	20.33
Maiskolven	31.50	37.66	14.70
Heidemeel	9.28	24.16	36.17
Hooi	13.52	28.50	28.25

2. *Beschrijving van de toegepaste methode*

Rekening houdende met de vorenstaande gegevens werd voor de ligninebepalingen bij het eigen onderzoek de volgende methode toegepast:

1 gram van het gemalen monster wordt gedurende ten minste 4 uur in een Soxhletapparaat geëxtraheerd met een mengsel van gelijke deelen alcohol en benzol om harsen, looistoffen, vetten e. d. te verwijderen. Na de extractie wordt het restant eenige tijd aan de lucht uitgespreid om het extractiemiddel te doen verdampen.

Op advies van Ir RITMAN [1]), directeur van het Proefstation voor strooverwerking te Groningen, werd de warmwaterextractie ingevoerd, daar in warm water stoffen in oplossing gaan, welke met verdunde zuren neerslagen kunnen geven en zich bij de zure hydrolyse als lignine gedragen. Het restant van de alcohol-benzolextractie wordt gedurende 4 uur geëxtraheerd met 100 cm^3 kokend water in een Erlenmeyer van 150 cm^3 onder terugvloeikoeler, gefiltreerd, uitgewasschen en gedroogd tot luchtdroog.

Vervolgens wordt het monster gedurende 4 uur in een Erlenmeyer van 150 cm^3 onder terugvloeikoeler met 100 cm^3 zwavelzuur van 3 % gekookt, teneinde storende stoffen, zooals hemicellulosen en pectine, die aanleiding kunnen geven tot vorming van condensatieproducten met sterke zuren, zooveel mogelijk te verwijderen. Het residu wordt uitgewasschen met water en alcohol en gedroogd bij 100°.

Dit residu wordt gedurende ten minste $^1/_2$ uur op 20° C gehouden in een bekerglas van 100 cm^3 (dit werd eveneens gedaan op advies van genoemd Proefstation, waar gebleken was, dat de temperatuur, waarbij het sterke zwavelzuur wordt toegevoegd van veel belang is), daarna overgoten en goed gemengd met 25 cm^3 zwavelzuur van 72 % en gedurende 2 uur op 20° C gehouden, waarbij nu en dan goed

[1]) RITMAN, Chemisch en morphologisch onderz. van Nederl. graanstroo, Proefst. voor Strooverw. te Gron., Publ. No 1.

geroerd wordt, zoodat het materiaal geheel doortrokken wordt met het zwavelzuur. Hierbij gaan alle andere bestanddeelen dan lignine en cutine en eenige anorganische stoffen in oplossing.

Na 2 uur wordt de inhoud van het bekerglas met 575 cm^3 gedistilleerd water in een Erlenmeyer van 1 l overgespoeld. De zwavelzuurconcentratie wordt hierdoor op 3 % gebracht. Nu wordt de Erlenmeyer aan een terugvloeikoeler verbonden en gedurende 4 uur gekookt. Daarna wordt gefiltreerd door een groot filter; na uitwasschen wordt het restant overgespoeld in een Erlenmeyer van 100 cm^3 en dan in een Goochkroes met dun asbestfilter gefiltreerd; kroes en asbestfilter met residu worden eenige malen met alcohol uitgewasschen en daarna asbestfilter met residu in een kroesje bij 120° C tot constant gewicht gedroogd. De kroes wordt daarna gegloeid, afgekoeld in een exsiccator en weer gewogen. Het gewichtsverlies door het gloeien is het gewicht van de aschvrije lignine.

Volgens deze methode is in het gehalte aan lignine dat aan cutine begrepen.

De op deze wijze gevonden lignine geeft geen cellulosereactie meer, doch de reactie op lignine met phloroglucine en zoutzuur is eveneens negatief.

Omtrent de oorzaak van de roodkleuring met phloroglucine en zoutzuur loopen de opvattingen uiteen. Eenerzijds schrijft men deze toe aan vanilline, dat steeds als begeleidende stof van de lignine voorkomt, anderzijds schrijft men de roodkleuring toe aan de in het ligninemolecuul voorkomende methoxylgroep. Zoolang hierover geen zekerheid bestaat, is het ontbreken van de roodkleuring met phloroglucine en zoutzuur bij het verkregen residu niet als een bezwaar te beschouwen tegen het toepassen van de beschreven methode; bovendien verandert volgens WAKSMAN en CORDON [1]) door het zuur het chemisch karakter van de lignine.

De structuren zijn in het residu microscopisch nog tamelijk goed te herkennen.

---

[1]) WAKSMAN en CORDON, l. c.

HOOFDSTUK V

TOEPASSING VAN DE BESCHREVEN METHODE VOOR HET BEPALEN VAN LIGNINE

1. *Microscopisch bewijs ten aanzien van de invloed van lignine op de verteerbaarheid van de cellulose*

Alvorens ligninegehalten van voedermiddelen te vermelden, zal mededeeling worden gedaan van een microscopisch bewijs ten aanzien van de genoemde invloed van de lignine op de verteerbaarheid van de cellulose. Later zal uitvoeriger op het microscopisch onderzoek worden ingegaan, met het oog op verteerbaarheidskwesties.

Ossen werden gevoederd met roggestroo. De hiervan afkomstige faeces vertoonden geen of een zeer zwakke reactie op cellulose met chloorzinkjodium, terwijl de reactie met phloroglucine en zoutzuur op lignine sterk was. Na verwijdering van de lignine in de faeces met SCHULZE's reagens (kaliumchloraat en salpeterzuur) vertoonde het residu na uitwasschen een sterke cellulosereactie. Ook in andere gevallen werden dezelfde resultaten verkregen; steeds vertoonden de verhoute elementen in de faeces na verwijdering van de lignine een sterke cellulosereactie. Hieruit volgt wel, dat de cellulose in de verhoute elementen moeilijk wordt aangetast. Hoogstwaarschijnlijk zal hetzelfde het geval zijn met de pentosanen, doch dit is op deze manier niet te bewijzen, aangezien voor de pentosanen niet een dergelijke microchemische reactie bekend is.

Met phloroglucine en zoutzuur kan men wel een inzicht krijgen in de verhoutingsgraad van voedermiddelen, doch deze is op deze wijze niet in procenten aan te geven. Een kwantitatieve ligninebepaling is noodzakelijk. Volgens onderzoekingen van SCARTH, GIBBS en SPIER [1]) bestaat er een goede overeenstemming tusschen de reactie met phloroglucine en zoutzuur en het kwantitatief chemisch onderzoek.

2. *Eigen ligninebepalingen met de beschreven methode*

Volgens de in het vorige Hoofdstuk beschreven methode werden ligninebepalingen in verschillende producten uitgevoerd.

I. Van 19 van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen ontvangen *grasmonsters* werden de ligninegehalten bepaald. Deze leverden de volgende uitkomsten op:

---

[1]) SCARTH, GIBBS en SPIER, Roy. Soc. of Can. Proc. and trans., Third series 23 (1929) 269.

Proefveld Pr. 459	lignine in de droge stof
	%
4356 gemaaid 6 Mei	4.6
4359 „ 20 Mei	4.3
4362 „ 27 Mei	4.2
4365 „ 3 Juni	5.7
4368 vóórgeweid tot 15 April, gemaaid 27 Mei	4.1
4371 „ „ 15 April „ 3 Juni	5.4
4374 „ „ 15 April „ 10 Juni	5.0
4377 „ „ 15 April „ 17 Juni	5.5
4380 „ „ 1 Mei „ 3 Juni	4.6
4383 „ „ 1 Mei „ 10 Juni	5.3
4386 „ „ 1 Mei „ 17 Juni	6.0
4389 „ „ 1 Mei „ 24 Juni	5.7
4392 „ „ 15 Mei „ 10 Juni	5.6
4395 „ „ 15 Mei „ 17 Juni	5.3
4398 „ „ 15 Mei „ 24 Juni	5.8
4401 „ „ 15 Mei „ 1 Juli	6.6
4379a mengmonster van de objecten op 15 April afgeweid, genomen vóór het afweiden	5.9
4391a mengmonster van de objecten op 1 Mei afgeweid, genomen vóór het afweiden	6.4
4403a mengmonster van de objecten op 15 Mei afgeweid, genomen vóór het afweiden	3.5

De perceelen hadden geen stikstofbemesting ontvangen.

No. 4356 had een sterk afwijkend uiterlijk, evenals 4379a, 4391a en 4303a. Deze monsters bevatten veel zand.

Uit deze analysecijfers blijkt, dat in het algemeen een later groeistadium samengaat met een hooger ligninegehalte.

II. Er werden 16 *grasmonsters* op ligninegehalte onderzocht van het proefveld van Wijk te Maarssen (Reg. Nr. C. I. Gr. 27), welwillend afgestaan door Dr Ir FRANKENA te Wageningen en wel van vier maaitijden van twee series en van twee stikstofgiften. De uitkomsten volgen hier:

	lignine in de droge stof
	%
4344 4 weeks maaien 20 kg/ha N 1e snede	3.1
4345 4 „ „ 40 „ „ „ „	3.3
4391 5 „ „ 20 „ „ „ „	4.3
4392 5 „ „ 40 „ „ „ „	4.6
4451 6 „ „ 20 „ „ „ „	5.0
4452 6 „ „ 40 „ „ „ „	5.5
4489 7 „ „ 20 „ „ „ „	6.0
4490 7 „ „ 40 „ „ „ „	6.2
4533 4 „ „ 20 „ „ 2e snede	4.7
4534 4 „ „ 40 „ „ „	5.2
4595 5 „ „ 20 „ „ „	5.7

	lignine in de droge stof
	%
4596 5 weeks maaien 40 kg/ha N 2e snede	5.1
4691 6 „ „ 20 „ „ „	5.8
4692 6 „ „ 40 „ „ „	5.9
4729 7 „ „ 20 „ „ „	5.8
4730 7 „ „ 40 „ „ „	6.5

Uit deze analysecijfers volgt:

a. dat het ligninegehalte in opeenvolgende groeistadia een geleidelijke stijging vertoont;

b. dat het gras bij een sterkere stikstofbemesting na een even lange groeiperiode een iets hooger ligninegehalte heeft. Wellicht is dit een gevolg van een voorspoediger groei, waardoor eerder een verder gevorderd groeistadium bereikt wordt;

c. dat het ligninegehalte van de tweede snede in het algemeen iets hooger is dan van de eerste snede; dit is in overeenstemming met de uitkomsten van verteringsproeven, waarbij de tweede snede meestal een minder goede verteerbaarheid had dan de eerste snede.

III. Van een aantal *voedermiddelen,* waarvan de meeste gekenmerkt zijn door een afwijkende plaats in het reeds eerder opgestelde puntendiagram, werden de ligninegehalten bepaald.

Zij zijn opgenomen in bijgaande staat, terwijl tevens de ruwecelstofgehalten en de verteringscoëfficiënten volgens KELLNER [1]) zijn vermeld.

No.	Voedermiddelen	Lignine	Organische stof	li/os	vos/os	rc/os	si/os
		%	%	%	%	%	%
1	Roggestroo	10.4	81.6	12.7	44.0	53.9	1.2
2	Tarwestroo	10.2	80.9	12.6	42.4	50.4	1.1
3	Tarwezemelen	4.3	80.9	5.3	66.7	12.6	—
4	Lijnzaadkaf	13.0	82.6	15.7	34.3	49.3	0.3
5	Grondnotendoppen	26.3	87.7	30.0	16.6	67.6	—
6	Cacaodoppen	13.9	82.6	16.8	38.0	19.1	0.3
7	Koffiedoppen	18.4	88.3	20.8	10.6	70.8	—
8	Erwtenschillen	0.5	85.1	0.6	90.2	52.5	—
9	Kastanjemeel (niet geschild)	7.7	78.6	9.8	70.9	5.1	—
10	Boekweitdoppen	24.2	86.1	28.1	16.5	50.5	—
11	Serradellazaad	7.6	82.9	9.2	61.5	24.8	—
12	Lupinenzaad (zoete)	0.7	79.8	0.9	85.8	13.4	—
13	Rijstdoppen	15.5	75.5	20.5	17.2	50.5	16.9
14	Gerstdoppen	8.6	78.8	10.9	26.1	29.9	4.9
15	Haverdoppen	11.3	80.6	14.0	34.0	40.2	1.5
16	Gedroogde pulp	3.3	84.8	3.9	79.2	20.8	—
17	Gierstdoppen	15.6	78.9	19.8	7.2	58.2	9.4
18	Moutkiemen	1.4	80.5	1.7	72.3	15.3	—
19	Katoenzaadschillen	15.3	84.8	18.0	44.9	48.0	—

[1]) KELLNER-FINGERLING, l. c.

Voor boekweitdoppen is niet gebruik gemaakt van de verteringscoëfficiënt van de organische stof, voorkomende in KELLNER's tabellen. HONCAMP en BLANCK [1]) vonden een veel lagere verteringscoëfficiënt. Berekent men de verteringscoëfficiënt van de organische stof uit de tabellen van HUISMAN [2]), dan vindt men 16.5 dus belangrijk lager dan KELLNER, die hiervoor 36.1 opgeeft.

Uit bovengenoemde analysecijfers blijkt de invloed van de lignine op de verteerbaarheid. Zoo hebben roggestroo, tarwestroo, erwtenschillen, boekweitdoppen, rijstdoppen, gierstdoppen en katoenzaadschillen alle een ruwe-celstofgehalte in de organische stof van ongeveer 50 %; de verteerbaarheid loopt evenwel sterk uiteen, wat, althans voor een belangrijk deel, verklaard kan worden door het verschil in ligninegehalte. Er blijkt een sterkere negatieve correlatie te bestaan tusschen het ligninegehalte en de verteringscoëfficiënt van de organische stof dan tusschen het ruwe-celstofgehalte en de verteringscoëfficiënt van de organische stof. Berekent men de eerstgenoemde coëfficiënt, dan vindt men — 0.892, berekent men de laatste, dan wordt gevonden — 0.720. Verdere berekeningen zullen in Hoofdstuk XIII uitvoeriger worden behandeld.

Bij producten als rijstdoppen en gierstdoppen kan de slechte verteerbaarheid echter niet alleen worden verklaard door het ligninegehalte. Dit zijn kiezelzuurrijke producten. Het lag dus voor de hand ook aan het kiezelzuurgehalte van de voedermiddelen aandacht te schenken. Hierover zal in het volgende Hoofdstuk worden gehandeld.

HOOFDSTUK VI

OVER DE INVLOED VAN KIEZELZUUR OP DE VERTEERBAARHEID

1. *Literatuur*

In het vorige Hoofdstuk werd er reeds op gewezen, dat kiezelzuurrijke producten, zooals rijstdoppen en gierstdoppen, gekenmerkt zijn door een lage verteerbaarheid, welke slechts ten deele kan worden verklaard door het ligninegehalte.

Over de invloed van kiezelzuur op de verteerbaarheid vindt men in de literatuur zeer weinig.

HOLY [3]) vond, dat voedering met hooi van kropaar een slechter resultaat gaf dan met dat van Fransch raaigras en verklaarde dit

---

[1]) HONCAMP en BLANCK, Landw. Versst. 91 (1918) 93.

[2]) HUISMAN, Samenstelling, verteerbaarheid, verteerbare bestanddeelen en zetmeelwaarde van voedermiddelen.

[3]) HOLY, Ber. a. d. phys. Lab. u. d. Versanst. d. landw. Inst. d. Univ. Halle, Achtzehntes Heft (1907) 96.

door de sterke prikkeling van de spijsverteringsorganen door het eerste. Een microscopisch onderzoek toonde nl. aan, dat het ruwe aanvoelen van kropaar wordt veroorzaakt door tallooze scherpe kiezelzuurrijke tandjes, die aan de rand der bladeren en op de bladnerven dicht bij elkaar zitten. Het vermoeden, dat het gehalte aan kiezelzuur bij het hooi van kropaar hooger zou zijn dan bij het Fransch raaigras, werd echter niet bevestigd. HOLY huldigt dus de opvatting, dat niet het kiezelzuurgehalte invloed heeft, doch wèl de wijze van verkiezeling. Het onderzoek van HOLY zal in Hoofdstuk XI verder ter sprake komen.

Van de hand van PITSCH [1]) verscheen in 1911 een publicatie over het nut van de chemische en de botanische analyse voor het voorspellen van de voederwaarde van graslandproducten. PITSCH vermeldde hierin uitvoerig het onderzoek van HOLY en hechtte daaraan groote waarde. Door hemzelf werden evenwel geen kiezelzuurbepalingen verricht.

KELLNER [2]) laat zich over de invloed van kiezelzuur als volgt uit: „So unterscheiden sich die Sauergräser in ihrer Zusammensetzung oft wenig von den Süszgräsern, und dennoch wäre es ein Irrtum, wollte man aus diesem Grunde auf gleiche Nährwirkung schlieszen. Höchstwahrscheinlich würden schon eingehendere Ausnützungsversuche, die noch fehlen, lehren, dasz die Sauergräser schlechter verdaut werden wie Süszgräser gleichen Entwicklungszustandes; denn es kann kaum zweifelhaft sein, dasz der hohe Kieselsäuregehalt der Sauergräser die Wirkung der Verdauungssäfte in ähnlicher Weise beeinträchtigt wie die inkrustierenden Stoffe. Dazu kommt, dasz die stark verkieselten Zähnchen der Sauergräser eine starke Reizung, oft sogar Verletzungen der Schleimhäute und dadurch einen höheren Nährstoffverbrauch der Tiere bewirken sollen".

2. *Eigen onderzoekingen*

De volgende eigen onderzoekingen werden verricht:

De in het begin van het vorige Hoofdstuk reeds genoemde faeces van een os bleken bij microscopisch onderzoek in de verkiezelde celwanden nog veel cellulose te bevatten. De cellulosereactie trad alleen op na verwijdering van het kiezelzuur. Hieruit volgt, dat de cellulose in de verkiezelde cellen moeilijk wordt aangetast, dat het kiezelzuur dus een hindernis vormt voor de vertering van de cellulose.

Van de in het vorige Hoofdstuk genoemde 19 voedermiddelen werden de kiezelzuurgehalten bepaald volgens de volgende methode:

Bepaling van het totale SiO_2-gehalte (*a*): 5 g der stof wordt ver-

---

[1]) PITSCH, Mededeelingen Rijks Hoogere Tuin- en Boschbouwschool 4 (1911) 34.

[2]) KELLNER-FINGERLING. l. c., blz. 119.

ascht boven een kleine vlam. Deze asch wordt behandeld met verdund HCl, vervolgens tot droog ingedampt, fijngemaakt en grondig gedroogd, alles om het SiO_2 onoplosbaar te maken. Het droge residu wordt met 5—10 cm^3 geconcentreerd HCl bevochtigd, dan wordt $\pm$ 5 cm^3 water toegevoegd, eenige minuten op een waterbad verwarmd, gefiltreerd door een aschvrij filter, gegloeid en gewogen, waardoor de totale hoeveelheid SiO_2 wordt gevonden.

Bepaling van het zandgehalte (*b*): 5 g stof wordt verascht boven een kleine vlam. Aan de asch voegt men 20 cm^3 NaOH van 15 % toe en verhit de kroes, bedekt met een horlogeglas, $^1/_2$ uur op een waterbad. Men spoelt alles in een bekerglas, verdunt tot 400 cm^3 en voegt 100 cm^3 verdund zoutzuur toe (1 vol. geconcentreerd HCl op 1 vol. water). De bovenstaande vloeistof wordt helder; al het amorphe (oorspronkelijk organisch gebonden) kiezelzuur blijft colloïdaal opgelost, terwijl het zand alleen overblijft. Dit kan afgefiltreerd en bepaald worden.

Trekt men *b* van *a* af, dan vindt men het gehalte aan organisch gebonden kiezelzuur.

De uitkomsten van de analysen zijn vermeld in de staat op blz. 31, 6e kolom.

Hieruit blijkt, dat slechts enkele dezer producten zeer rijk zijn aan kiezelzuur, nl. rijstdoppen en gierstdoppen, terwijl ook bij gerstdoppen het gehalte hieraan van beteekenis is.

De verkregen uitkomsten zullen in het wiskundige gedeelte (Hoofdstuk XIII) verder worden verwerkt.

HOOFDSTUK VII

ONDERZOEK TEN AANZIEN VAN EEN ANDERE VERKLARING VOOR DE VERSCHILLEN IN VERTEERBAARHEID

1. Onderzoek ten aanzien van de oplosbaarheid in zwavelzuur

De mogelijkheid werd onder oogen gezien, dat de in verschillende voedermiddelen voorkomende cellulose verschillen zou kunnen vertoonen ten aanzien van de *oplosbaarheid in zwavelzuur* en op deze wijze zouden de verschillen in verteerbaarheid wellicht kunnen worden verklaard.

Ten einde dit na te gaan, werd als volgt gehandeld: Het cellulosegehalte werd bepaald volgens de volgende methode, overgenomen uit het proefschrift van GRIFFIOEN [1]). 1 g stof wordt met een mengsel van gelijke deelen alcohol en benzol geëxtraheerd, zooals dat ook

[1]) GRIFFIOEN, l. c.

bij de ligninebepalingen gebeurt. Het residu wordt in een Erlenmeyer van 250 cm³ met terugvloeikoeler gedurende een uur op een waterbad gekookt met 25 cm³ van een versch bereid mengsel, bestaande uit 20 cm³ alcohol van 96 % en 5 cm³ salpeterzuur. Het residu wordt na filtratie nogmaals op dezelfde wijze behandeld. Hierna wordt gefiltreerd en het residu bij 105° C gedroogd tot constant gewicht en gewogen.

De op deze wijze verkregen cellulose, die wel niet geheel zuiver is, doch geen lignine meer bevat, werd nu gedurende een uur in een klein bekerglas behandeld met 25 cm³ zwavelzuur van 50 %. Hierna werd verdund met 400 cm³ water, waardoor de concentratie van het zuur teruggebracht werd op ± 3 %. Vervolgens werd gedurende twee uur onder terugvloeikoeler gekookt, daarna gefiltreerd en het restant gewogen na drogen tot constant gewicht bij 105° C.

De resultaten van eenige monsters volgen hier:

Voedermiddel	Cellulose	Cellulose na hydrolyse	Cellulose na hydrolyse in % van totaal cellulose	Gehydrolyseerde cellulose in % van totaal cellulose
	in % van oorspronkelijke stof			
Roggestroo	47.9	38.7	81	19
Lijnzaadkaf(bolkaf)	27.0	17.3	64	36
Grondnotendoppen	40.6	31.6	78	22
Tarwezemelen . .	19.9	9.4	47	53
Erwtenschillen . .	50.7	39.4	78	22
Suikerbietenpulp .	47.2	33.4	71	29
Palmpittenmeel . .	38.9	8.8	23	77
Cocosmeel	24.6	6.1	25	75
Gras No. 4380 . .	28.6	18.8	66	34
„ „ 4383 . .	29.9	20.6	69	31
„ „ 4386 . .	31.0	22.3	72	28
„ „ 4389 . .	34.3	24.7	72	28

Deze uitkomsten spoorden niet aan tot uitbreiding van het aantal analysen. Wel zijn er groote verschillen, doch hierin is geen lijn te bespeuren. Zoo munten erwtenschillen uit door een hooge verteringscoëfficiënt van de organische stof; de cellulose wordt echter moeilijk gehydrolyseerd. Hetzelfde kan opgemerkt worden van suikerbietenpulp, waarvan de organische stof goed verteerbaar is, doch waarvan de cellulose moeilijk wordt gehydrolyseerd. Van cocosmeel en palmpittenmeel is de cellulose gemakkelijk hydrolyseerbaar, terwijl ook de verteerbaarheid goed is.

Ook tusschen het percentage cellulose en het percentage niet gehydrolyseerde cellulose, berekend op de totale hoeveelheid cellulose, is geen verband te zien.

2. *Verschillen in gehalten aan pentosanen*

In enkele gevallen werd ook aan het gehalte aan *pentosanen* aandacht geschonken. Van gedroogde fabriekspulp werd dit gehalte bepaald volgens twee methoden, nl. *1.* volgens de „Methods of analysis of the association of the agricultural chemists". Hiermede werd een gemiddelde gevonden van 22.3 % pentosanen. *2.* Volgens het Kapokbesluit van de Warenwet. Hiermede werd gevonden 23.2 % pentosanen.

Aangezien de laatstgenoemde methode minder toezicht vereischt en korter duurt, werden de volgende analysen volgens deze methode uitgevoerd.

Suikerbieten (Klein Wanzlebener suikerbiet) en voederbieten (Barres Strynö VII voederbiet, behoorende tot groep 12 van de rassenlijst) werden fijngesneden en met kokend water uitgetrokken tot ze practisch geen suiker meer bevatten; de restanten werden daarna vochtvrij gemaakt; van deze restanten werden na maling de gehalten aan pentosanen bepaald. Bij de suikerbiet werd gevonden 17.8 % en bij de voederbiet 13.8 %. Het gehalte aan pentosanen was bij de suikerbiet dus hooger dan bij de voederbiet.

Op blz. 16 zijn reeds onderzoekingen vermeld, waaruit bleek, dat pentosanen door het varken beter worden verteerd dan cellulose. Verder is uit onderzoekingen van FINGERLING [1]) bekend, dat de ruwe celstof van suikerbieten door varkens beter wordt verteerd dan die van voederbieten. Het is mogelijk, dat dit met het pentosanengehalte in verband staat, doch nader onderzoek hieromtrent is gewenscht.

HOOFDSTUK VIII

LITERATUUROVERZICHT VAN MICROSCOPISCHE ONDERZOEKINGEN BIJ VERTERINGSPROEVEN EN BESCHOUWINGEN DAAROVER

1. *Literatuur*

In het voorgaande kwam reeds eenige keeren het microscopisch onderzoek bij verteringsproeven ter sprake. Hierop zal thans uitvoeriger worden ingegaan.

Uit het chemisch onderzoek van het voeder en de mest kan wel worden afgeleid hoeveel van ieder der bestanddeelen door het dier wordt verteerd, doch er blijkt niet uit, waarvan de verteerde bestanddeelen afkomstig zijn. Indien men wil nagaan welke deelen van cellen en weefsels meer of minder gemakkelijk worden verteerd, dan

[1]) FINGERLING, Landw. Versst. 121 (1934) 1 en 127 (1936) 235.

moet men het microscoop te hulp roepen, waarmede dan het voeder en de daarvan afkomstige mest moeten worden onderzocht. Het spreekt vanzelf, dat op deze wijze geen verteringscoëfficiënten kunnen worden bepaald, zoodat het chemisch onderzoek onontbeerlijk blijft. De twee wijzen van onderzoek dienen elkander aan te vullen om een zoo goed mogelijk inzicht te verkrijgen.

Over het nut van het microscopisch onderzoek van faeces vindt men in de literatuur betrekkelijk weinig, waarvan het voornaamste hier zal worden besproken.

Zoo werd door VAN LEDDEN-HULSEBOSCH [1]) op crimineel gebied veel gebruik gemaakt van microscopisch faecesonderzoek. In zijn in 1899 gepubliceerd werk is een groot aantal gegevens neergelegd; deze hebben evenwel betrekking op het herkennen van de cellen en weefsels in de menschelijke faeces, terwijl uiteraard niet werd nagegaan, wat er door het verteringsproces van het opgenomen voedsel is verdwenen.

In 1901 publiceerde SCHILLING: Die Verdaulichkeit der Nahrungs- und Genuszmittel auf Grund mikroskopischer Untersuchungen des Faeces. Het is ons niet mogen gelukken dit werk, dat onder een zoo veel belovende titel verscheen, in handen te krijgen.

Een jaar later verscheen een uitvoerig werk over de faeces van de mensch van de hand van SCHMIDT en STRASZBURGER [2]). Hierin is ook een deel gewijd aan het microscopisch onderzoek; veel aandacht wordt hierin geschonken aan het werk van VAN LEDDEN-HULSEBOSCH.

Ook AD. SCHMIDT [3]) brak in 1911 een lans voor het microscopisch onderzoek. Zijn onderzoekingen hadden betrekking op het verteren van groenten door de mensch.

In zijn bekend werk „Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere" zegt MANGOLD [4]): „Die mikroskopische Methode erweist sich hier als ein sehr wichtiges und die chemischen Verdauungs- und Stoffwechselanalysen in aufklärender Weise ergänzendes Verfahren".

Een zeer belangrijk onderzoek is afkomstig van HABERLANDT [5]). Hij maakte de opmerking, dat de omstandigheden, waaronder het natuurlijke verteringsproces verloopt, geheel andere zijn dan die, waaronder kunstmatige verteringsproeven worden genomen. Hij nam waar, dat bij menschen, slakken en rupsen van vlinders

---

[1]) v. LEDDEN-HULSEBOSCH, Makr. u. mikroskopische Diagnostik der menschlichen Exkremente (1899).

[2]) SCHMIDT u. STRASZBURGER, Die Fäces des Menschen im normalen und krankhaften Zustande (1902).

[3]) SCHMIDT, D. Med. Wochenschrift 37 (1911) 435.

[4]) MANGOLD, Handb. d. Ernährung u. d. Stoffwechsels d. landw. Nutztiere II (1929), Verdauung u. Ausscheidung, blz. 95.

[5]) HABERLANDT, Beitr. z. allg. Botanik I (1918) 503.

het eiwit geheel verteerbaar is. Met het oog op zijn uitkomsten zegt HABERLANDT: „Vielleicht macht erst das fettspaltende Enzym des Pankreassaftes (analog dem Alkohol) die Zellkerne, sowie das Plasma und die Chlorophyllkörner für das Trypsin zugänglich".

Opvallend is echter, dat HABERLANDT tot het resultaat komt, dat de aleuronlaag door de menschen niet wordt verteerd; hij schrijft dit toe aan de zeer dikke en onverteerbare celwanden.

Bij rund en schaap werd nagegaan de verteerbaarheid van roggestroohaksel. Het bleek, dat de parenchymbundels onder de opperhuid van de stengel geheel werden opgelost; in plaats hiervan bleven leege kanalen over, die aan de buitenkant begrensd waren door de onverteerde epidermis, aan de binnenkant door de bastring, aan beide zijden door de bastribben. Ook het zeefgedeelte van de vaatbundels werd volledig verteerd. De zwak verhoute wanden van de groote parenchymcellen aan de binnenkant van de bastring, werden in het geheel niet of slechts zwak aangetast. Uit corrosieverschijnselen bleek, dat de buitenste en binnenste membraanlamellen van verdikte celwanden moeilijker worden aangetast dan de tusschen gelegen lagen; in het bijzonder zijn de sterk verhoute middenlamellen zeer resistent.

Bij het paard werd de verteerbaarheid van ontsloten stroo nagegaan. Volgens HABERLANDT berust de grootere verteerbaarheid van ontsloten stroo op het volgende: *1.* De cellen worden door het kauwen gemakkelijker geïsoleerd en zoo meer toegankelijk voor de verteringssappen. *2.* Tengevolge van het zwellen en de „Auflockerung" van de celwanden kunnen de celluloseoplossende enzymen gemakkelijker binnendringen. *3.* Door oplossen van de incrusteerende stoffen wordt het celluloseskelet blootgelegd voor de enzymen.

HABERLANDT zegt voorts, dat diè celwanden het gemakkelijkst worden aangetast, welke uit zuivere cellulose bestaan, waarmede hij bedoelt echte cellulose, hemicellulosen en pentosanen. Toch vertoonen zulke cellulosewanden, afhankelijk van het weefsel, groote verschillen, ofschoon zij alle de gewone cellulosereactie vertoonen en niet verhout of verkurkt zijn. Het best en volledigst worden de wanden van het palissade- en sponsparenchym van de bladeren verteerd, dan volgen de radiale wanden en de binnenwanden van de epidermis, de wanden van het collenchym en tenslotte die van het zeefgedeelte van de vaatbundels, die zich onderscheiden door een relatief groote weerstand. Verkurkte celwanden zijn geheel onverteerbaar; reeds een geringe verkurking beschut hen tegen vertering.

Deze onderzoeker verkreeg dus belangrijke uitkomsten t. a. v. de celwand bij het rund, het schaap en het paard, doch voor deze dieren werden geen gegevens vermeld over de celinhoud.

HENNEBERG [1]) schreef in 1922, dat de palissadecellen van de

---

[1]) HENNEBERG, Centralbl. f. Bakt., Abt. 2, 55 (1922) 242.

leguminosen volledig worden opgelost; hun wanden bestaan uit „zuivere cellulose". In dit verband merkt hij op: „Wahrscheinlich ist, dasz manche Zellulosebakterien nur bestimmte Zellulosen aufzulösen vermögen und dasz man hieran dann auch die Art der einzelnen Zellulosen erkennen kann".

MEIJER [1]) nam in 1927 als onderzoekingsobject de aleuroncellen van tarwe, rogge, haver en gerst. Bij schapen en geiten nam hij waar, dat slechts in een enkel van de honderd gevallen sporen van de celmembranen der aleuroncellen in de faeces voorkwamen. De vruchtwand en de zaadhuid daarentegen werden steeds onveranderd uitgescheiden. De aleuroncellen van tarwe, rogge, haver en gerst werden dus door het schaap en de geit volledig verteerd.

In 1933 onderzocht FRISCHBIER [2]) microscopisch de vertering van haver door paarden. In hoofdzaak werd aandacht geschonken aan de aleuroncellen. Het is een oppervlakkig onderzoek en bovendien is zijn opstel onduidelijk gesteld. Zoo zegt de onderzoeker in een van zijn conclusies: „In den Darmentleerungen der Pferde, die mit gequetschtem Hafer gefüttert wurden, konnten nur Spelzenteilfragmente festgestellt werden. Neben der Samenschale enthalten sie nur Teile der Kleberschicht, während der Mehlkörper zum grösten Teil aufgelöst und herausgeschwemmt ist". Terwijl de onderzoeker dus eerst zegt, dat in de faeces alleen fragmenten van de kroonkafjes worden gevonden, spreekt hij later over de zaadhuid, terwijl hij dan eveneens de fragmenten van de kroonkafjes bedoelt. Blijkbaar is de schrijver niet bekend met het verschil in botanisch opzicht tusschen „Spelzen" en „Samenschale". Bovendien deelt hij niets mede over de inhoud van de aleuroncellen in de faeces.

TRAUTMANN en ASHER [3]) onderzochten in 1941 en 1942 de cellulosevertering in de blinde darm van het varken bij verschillende preparaten, zooals de bovenste bladepidermis van de ui, bladdoorsneden van Dioon edule, papiercellulose, katoen- en vlasvezels in de vorm van weefsels, kunstzijde en celwolproducten. De objecten werden in een doorboorde en met een ketting vastgehouden metalen bol in de blinde darm van het varken gebracht. De mate van aantasting van de cellulose werd nagegaan met chloorzinkjodium.

De onderzoekers kwamen tot de uitkomst, dat de cellulosewanden van de ui-epidermis binnen weinig uren werden opgelost; bij Dioon edule kon aan de dwarse doorsnede van de sklerenchymvezels na 3 dagen een begin van vertering worden vastgesteld, na 6 dagen waren practisch alleen nog de uit lignine bestaande omhulsels over; papiercellulose gaf uiteenloopende resultaten, terwijl aan weefsels van katoen en vlas, kunstzijde en celwolproducten geen aantasting kon worden waargenomen. Terwijl zuivere cellulosevezels (katoen

[1]) MEYER, Zeitschr. f. vergl. Phys. 6 (1927) 402.
[2]) FRISCHBIER, Zeitschr. f. Veterinärkunde 45 (1933) 1.
[3]) TRAUTMANN en ASHER, Tierernährung 13 (1941) 544 en 14 (1942) 353.

en vlas) door cellulose-aantastende bacteriën kunnen worden verteerd, kunnen zij door een laagje prepareermiddel voor de bacteriën volkomen onaantastbaar worden gemaakt.

Bij deze proeven bleek dus, dat na een tijdsduur van 6 dagen ook de cellulose van de verhoute sklerenchymvezels volledig wordt aangetast; deze tijd komt evenwel niet overeen met de natuurlijke omstandigheden, daar de doorgangstijd van de hoofdmassa van het voedsel bij het varken veel korter is.

Verdere literatuur over het microscopisch onderzoek bij verteringsproeven zal in Hoofdstuk X worden besproken.

2. *Samenvatting van de literatuurgegevens en doelstelling voor het microscopisch onderzoek*

In het algemeen kan uit het voorafgaande worden geconstateerd, dat betrekkelijk weinig gebruik is gemaakt van microscopisch onderzoek bij verteringsproeven. Een korte beschouwing over deze onderzoekingen volgt thans.

De onderzoekingen van VAN LEDDEN-HULSEBOSCH hebben voor ons onderzoek geen beteekenis, omdat deze uitsluitend betrekking hebben op menschelijke faeces in verband met crimineele onderzoekingen. Ook de onderzoekingen van SCHMIDT-STRASZBURGER hebben betrekking op menschelijke faeces, evenals de publicaties van AD. SCHMIDT en HENNEBERG. MEIJER betrok in zijn onderzoek alleen de aleuroncellen en FRISCHBIER experimenteerde alleen met haver, de onderzoekingen van TRAUTMANN en ASHER hadden onder abnormale omstandigheden plaats. Het beste onderzoek op dit gebied is dat van HABERLANDT, doch deze onderzoeker vermeldt t. a. v. de celinhoud alleen waarnemingen bij menschen, slakken en rupsen van vlinders.

Dat er niet meer aandacht aan het microscopisch onderzoek is geschonken, kan misschien worden verklaard door het ontbreken van routine bij het identificeeren van plantenweefsels en -cellen met behulp van het microscoop. Is het herkennen in voedermiddelen zelf reeds moeilijk, op nog meer moeilijkheden stoot men bij het onderzoek van excrementen, waar misschien sommige plantendeelen geheel verteerd zijn, terwijl andere zoodanig zijn aangetast, dat het herkennen uiterst moeilijk is. Aangezien schrijver dezes door zijn jarenlange werkzaamheden aan de Afdeeling Microscopie van het Rijkslandbouwproefstation voor Veevoederonderzoek in de gelegenheid is geweest veel ervaring op te doen in het identificeeren van voedermiddelen en het opsporen van verontreinigingen daarin of vervalschingen daarvan, lag het voor de hand voor het onderhavige onderzoek geschikte microscopische methoden te zoeken, daar het alleen langs deze weg mogelijk is een dieper inzicht te krijgen in verschillende vraagstukken, b.v. over de vraag of de celwand invloed heeft op de vertering van de celinhoud.

Men moet toch de vertering van de cellen splitsen in twee deelen, nl. de vertering van de celwand zelf en de vertering van de bestanddeelen, die door de celwand worden ingesloten. Volgens de heerschende opvatting wordt de vertering van de celinhoud bepaald door de meerdere of mindere dikte der celwanden en de verhouting daarvan. KELLNER [1]) zegt hiervan b.v.: „Durch die Auflösung der Zellwandbestandteile, insbesondere durch die Zerstörung der Rohfaser, legen sie (bedoeld zijn de microörganismen in het spijsverteringskanaal) manche Stoffe blosz, die sonst den Verdauungssäften unzugänglich bleiben würden".

MORRISON [2]) schrijft hierover als volgt: „The ability of livestock to use the fiber and pentosans in their feeds depends chiefly on this bacterial digestion. This action is therefore of great importance in the nutrition of cattle and sheep and is the fundamental reason why they can live chiefly on roughage. Not only are the cell walls thus utilised for food, but also this digestion sets free the nutrients contained inside the cells, so they can be more easily acted on by the digestive juices in the true stomach and in the intestines". Genoemde gedachtengang geeft ook een gemakkelijke verklaring van het verschijnsel, dat ruwe-celstofrijke voedermiddelen in het algemeen lage verteringscoëfficiënten hebben, doch zonder nader onderzoek mag dit niet als vaststaand aanvaard worden. In Hoofdstuk XII zal dit probleem aan een beschouwing worden onderworpen, waarbij wij tot een geheel andere opvatting zullen komen.

Zooals uit het voorgaande is gebleken, leverden de onderzoekingen van HABERLANDT interessante uitkomsten op voor menschen, slakken en rupsen van vlinders, doch het is niet juist te generaliseeren, zooals de onderzoeker in zijn samenvatting doet. Voortgezet microscopisch onderzoek met verschillende voedermiddelen bij andere diersoorten, in het bijzonder bij onze huisdieren, werd noodzakelijk geacht. Hierover zal in het volgende Hoofdstuk verslag worden uitgebracht.

HOOFDSTUK IX

EIGEN PROEVEN, WAARBIJ MICROSCOPISCH ONDERZOEK WERD TOEGEPAST

1. Inleidende voederproeven ten aanzien van de celwandbestanddeelen

Bij de in de literatuur vermelde proeven heeft men dikwijls nagelaten ook het voeder aan een microscopisch onderzoek te onderwerpen. Tevens werd door ons meestal als een bezwaar gevoeld,

[1]) KELLNER-FINGERLING, l. c., blz. 24.
[2]) MORRISON, Feeds and Feeding (1937), blz. 28.

dat de bij de voederproeven toegepaste microscopische onderzoekingsmethoden niet voldoende werden omschreven. In dit werk zal van de gevolgde methoden nauwkeurig verslag worden gedaan.

In het algemeen werd de volgende gedragslijn gevolgd: Begin- en eindtoestand werden nagegaan, d. w. z. het voeder en de daarvan afkomstige faeces werden microscopisch onderzocht. Men heeft dan te maken met het eindresultaat van de processen, zooals deze na en naast elkaar in het lichaam plaats hebben.

Het microscopisch onderzoek van faeces werd begonnen met keuteltjes van Guineesche biggetjes. Van het laboratorium voor Physiologie der dieren werden keuteltjes onderzocht van cavia's nrs. 157 en 158. Van 157 was bekend, dat zij cellulose slecht verteerde; 158 verteerde cellulose goed.

De rantsoenen, waarop de dieren gedurende de eerste periode werden gezet, waren: 20 gram per dag en per dier van het volgende mengsel: gemalen geslepen rijst 54, saccharose 8.5, caseïne (gereinigd) 17.0, zoutmengsel 4.5, tarwekiemen 13.0, gedroogde biergist 3.0; verder 0.2 cm^3 levertraan, 10 mg ascorbinezuur en 8 g *hcoi*. Gedurende de tweede periode was het rantsoen als boven, doch in plaats van hooi 6 g *wit filtreerpapier*.

Voor het microscopisch onderzoek stonden dus vier monsters faeces ter beschikking.

De twee monsters, afkomstig van de rantsoenen met hooi, werden na fijnmaken in een mortier geëxtraheerd met een mengsel van gelijke deelen alcohol en benzol, dat ook voor de ligninebepalingen werd gebruikt. Hiermede werd o. m. het bladgroen verwijderd, zoodat de waarneming vergemakkelijkt werd. Bij de andere twee monsters, die afkomstig waren van het voedsel met filtreerpapier, was het extraheeren niet noodig, daar hierin de groene kleurstof niet voorkwam.

Uit het microscopisch onderzoek bleek een groot verschil in cellulosegehalte. Dit werd op twee wijzen nagegaan: 1. met chloorzinkjood (25 g zinkchloride, 8 g kaliumjodide, 1.5 g jodium, 8 g water) en 2. met zwavelzuur (2 vol. sterk zwavelzuur en 1 vol. water) na joodjoodkalium ($^1/_3$ g jodium, $1^1/_3$ g kaliumjodide, 100 g water).

Werd een weinig van de monsters faeces met de laatste reagentia (op een objectglas eenige minuten joodjoodkalium laten inwerken, de oplossing verwijderen met filtreerpapier en daarna zwavelzuur toevoegen) behandeld, dan trad bij beide monsters 157 een sterke blauwkleuring op, bij 158 was deze blauwkleuring veel zwakker. Met chloorzinkjood was eveneens een verschil in violetkleuring waar te nemen, doch dit verschil was minder sterk en kwam later te voorschijn dan met jodium en zwavelzuur.

Uit het microscopisch onderzoek kon hier dus worden geconcludeerd, dat cavia 157 de cellulose veel slechter verteerde dan cavia 158.

Ten aanzien van het zetmeel werd de volgende waarneming

gedaan: In de monsters faeces 157 en 158, afkomstig van de rantsoenen met hooi, werden weinig rijstzetmeelkorrels aangetroffen; ook in monster 157, afkomstig van het rantsoen met filtreerpapier, kwamen weinig zetmeelkorrels voor, doch in monster 158, afkomstig van het rantsoen met filtreerpapier, werden ze in het geheel niet gevonden.

In een derde periode werd aan beide dieren *closetpapier* in plaats van het filtreerpapier gegeven, in een vierde periode *gewoon filtreerpapier*. Ook de vier van deze producten afkomstige monsters faeces werden microscopisch onderzocht, waarbij de volgende resultaten werden verkregen: No. 157, 3e periode, vertoonde een sterke cellulosereactie; bij 158, zelfde periode, was deze tamelijk sterk. No. 157, 4e periode, had een zeer sterke cellulosereactie; bij 158, 4e periode, was deze tamelijk sterk, doch volgens schatting minder sterk dan 158, 3e periode.

Deze monsters werden ook onderzocht op houtstof met phloroglucine en zoutzuur. Er bestaan verschillende houtstofreacties, doch die met phloroglucine en zoutzuur werd de meest geschikte gevonden; zooals reeds vermeld is (blz. 29), was ook uit een onderzoek van SCARTH, GIBBS en SPIER [1]) gebleken, dat er een goede overeenstemming bestaat tusschen de kleurreactie met phloroglucine en zoutzuur en de onoplosbaarheid in zwavelzuur van 72 %. Bij deze phloroglucinereactie wordt het preparaat behandeld met een oplossing, bestaande uit 1 g phloroglucine en 125 cm^3 alcohol van 96 %, daarna met sterk zoutzuur.

Ten aanzien van de houtstofreactie kan van bovengenoemde monsters het volgende worden opgemerkt:

157 en 158, 3e periode, hadden een sterke houtstofreactie; een verschil in sterkte viel niet op te merken. 157 en 158, 4e periode, vertoonden vanzelfsprekend geen houtstofreactie.

Uit de microscopische waarnemingen bij de derde en de vierde periode kon weer worden geconcludeerd, dat cavia 157 de cellulose slechter verteerde dan cavia 158. Tevens bleek uit het microscopisch onderzoek van voeder en faeces van cavia 158, dat het voedermiddel, hetwelk een sterke houtstofreactie gaf (closetpapier) iets slechter werd verteerd dan het voedermiddel, waarbij deze reactie afwezig was (gewoon filtreerpapier).

Het microscopisch onderzoek werd verder toegepast bij het onderzoek van de verteerbaarheid van *stroo* door ossen, nl. Juliana-tarwestroo en Carsten-V-tarwestroo. De stroomonsters vertoonden een tamelijk sterke cellulosereactie, terwijl deze reactie bij de mestmonsters zwakker was; de ligninereactie was, zooals ook was te verwachten, bij de mestmonsters sterker dan bij de stroomonsters. Dit bleek ook uit de kwantitatieve ligninebepalingen nl. Juliana-

---

[1]) SCARTH, GIBBS, SPIER, l. c.

tarwestroo 10.4 %, de mest hiervan (gedroogd) 18.2 %; Carsten-V-tarwestroo 10.2 %, de mest hiervan (gedroogd) 18.1 %.

2. *Bespreking van de toegepaste eiwitreactie*

Vorenstaande microscopische onderzoekingen hadden uitsluitend betrekking op eenige bestanddeelen van de celwand. Voor het aantoonen van eiwit *in de cellen* was ons aanvankelijk geen geschikte methode bekend. Kleuring met eosine gaf geen bevredigende resultaten. In het voorjaar van 1943 viel onze aandacht op een reactie, afkomstig van ZACHARIAS [1]), die door TUNMANN [2]) als volgt wordt omschreven: De plantendeelen worden een uur lang gemacereerd in een versch bereide oplossing van geel bloedloogzout (1 deel waterige oplossing van kaliumferrocyanide van 10 %, 1 deel water en 1 deel azijnzuur s.g. 1.063). Daarna worden de objecten zóó lang met alcohol van 60 % uitgewasschen, tot de zure reactie verdwenen is. Toevoeging van een ferrichlorideoplossing van 10 % zet het door het eiwit opgenomen kaliumferrocyanide om in Berlijnsch blauw. Met deze reactie werden goede resultaten verkregen. Zeer jong, gemalen gedroogd gras, dat eerst op de gebruikelijke wijze geëxtraheerd was, nl. met een mengsel van gelijke deelen alcohol en benzol, gaf een prachtige blauwkleuring in de cellen; gras, in een ouder stadium geoogst, gaf een veel zwakkere reactie, terwijl bij stroo de blauwkleuring zeer zwak was. Zeer mooi was de blauwkleuring bij de aleuronlaag van tarwezemelen; ook grondnotenmeel en palmpittenmeel gaven een sterke reactie.

Het is mogelijk, dat ook andere stoffen dan eiwit geel bloedloogzout opnemen, zooals zetmeel, dat een lichte blauwkleuring geeft, doch dan is microscopisch aan de vorm wel te zien, dat men hiermede te maken heeft. Is de blauwkleuring afwezig, dan kan men wel met zekerheid concludeeren, dat eiwit afwezig is. Juist het aantoonen van de afwezigheid van eiwit in de cellen was voor het onderzoek in kwestie van doorslaggevende beteekenis.

In het vervolg werd deze reactie steeds gebruikt voor het onderzoek op eiwit in de cellen.

HABERLANDT [3]) was tot zijn conslusie gekomen door kleuring met pikrine-anilineblauw (zie blz. 37). Van de publicatie van HABERLANDT namen wij echter eerst later kennis; de gelegenheid ook gencemd reagens te probeeren, ontbrak, daar het niet beschikbaar was.

3. *Voederproeven met verschillende voedermiddelen*

Vervolgens werden na deze inleidende onderzoekingen proeven genomen met een cavia, die op verschillende rantsoenen werd geplaatst.

---

[1]) ZACHARIAS, Bot. Ztg. 41 (1883) 210.
[2]) TUNMANN-ROSENTHALER, Pflanzenmikrochemie (1931), blz. 668.
[3]) HABERLANDT, l. c.

Proef 1

De cavia werd gevoederd met *hooi* ad lib. en ca. 10 mg ascorbinezuur per dag. Het resultaat van het microscopisch onderzoek was als volgt:

Het hooi gaf een vrij sterke reactie met phloroglucine en zoutzuur, een tamelijk sterke met joodjoodkalium en zwavelzuur, terwijl de Berlijnsch-blauwreactie matig was. Het monster was dus vrij sterk verhout en bevatte weinig eiwit, zoodat de conclusie van het microscopisch onderzoek van het hooi was, dat het in een tamelijk laat stadium was geoogst.

Het monster faeces gaf een sterke reactie met phloroglucine en zoutzuur, een zwakke reactie met joodjoodkalium en zwavelzuur, terwijl de Berlijnsch-blauwreactie in de cellen zeer zwak of afwezig was.

De indruk werd dus verkregen, dat de cellulose, ondanks de vrij sterke verhouting, goed was verteerd. Uit de zeer zwakke of negatieve Berlijnsch-blauwreactie moest de gevolgtrekking worden gemaakt, dat er practisch geen eiwit in de cellen was achtergebleven.

Dit laatste was een verschijnsel, dat wij steeds waarnamen; verschillende keeren hadden wij mest onderzocht van met gras gevoederde koeien, een paard en een geit; steeds vonden wij met de Berlijnsch-blauwreactie de cellen practisch vrij van eiwit.

Proef 2

De cavia werd gevoederd met *hooi* ad lib. en 10 g *lijnmeel* per dag.

Het hooi reageerde als het vorige hooimonster. Van het lijnmeel gaf alleen de vezellaag van de zaadschil een reactie met phloroglucine en zoutzuur; joodjoodkalium en zwavelzuur gaf geen reactie, wat wellicht het gevolg was van de aanwezigheid van veel slijm; de Berlijnsch-blauwreactie was sterk, doch afwezig in de cellen van de zaadhuid en in die van de pigmentlaag.

De faeces gaven een sterke reactie met phloroglucine en zoutzuur, in hoofdzaak toe te schrijven aan de hooibestanddeelen en verder aan de vezellaag van het lijnzaad. De reactie met joodjoodkalium en zwavelzuur was zwak, terwijl de Berlijnsch-blauwreactie in de cellen zeer zwak was. In preparaten met chloralhydraat werden naast zeer veel hooibestanddeelen tamelijk veel cellen van de pigmentlaag van het lijnzaad gevonden en voorts wat deelen van de zaadschil; sporadisch werden cellen van het endosperm en van de cotyledonen gevonden. Verhoudingsgewijs werden weinig deelen van lijnzaad aangetroffen. Opvallend was, dat veel cellen van de pigmentlaag afzonderlijk voorkwamen; de bruine inhoud van deze cellen kwam dikwijls vrij in het preparaat voor, wat trouwens ook het geval was bij het oorspronkelijke lijnmeel.

Proef 3

De cavia werd gevoederd met *hooi* ad lib., 10 g *tarwekiemen* per dag en 10 mg ascorbinezuur. Het hooi had dezelfde eigenschappen als de vorige hooimonsters.

Van de tarwekiemen gaven alleen de lengte- en dwarscellen van de er in voorkomende fijne zemelen een reactie met phloroglucine en zoutzuur; de tarwekiemen gaven een sterke zetmeelreactie met jodium, een zwakke reactie met joodjoodkalium en zwavelzuur (de waarneming werd bemoeilijkt door de aanwezigheid van veel zetmeel). De Berlijnsch-blauwreactie was zeer sterk, in het bijzonder in de cellen van de aleuronlaag en wat minder sterk in het fijne weefsel van de kiem; de deelen van de vruchtwand en de zaadhuid gaven geen Berlijnsch-blauwreactie.

In de faeces werd met jodium geen zetmeel gevonden. De reactie met phloroglucine en zoutzuur was sterk, bijna uitsluitend toe te schrijven aan hooibestanddeelen, daar bestanddeelen van zemelen slechts weinig werden gevonden. De reactie met joodjoodkalium en zwavelzuur was zwak. De Berlijnsch-blauwreactie was zeer zwak; een enkele keer werd een deel van de aleuronlaag gevonden, waar in de cellen nog wat eiwit aanwezig was, terwijl de celwanden gedeeltelijk waren aangetast. Met chloralhydraat werden verhoudingsgewijs weinig deelen van tarwe gevonden en dan vrijwel uitsluitend de lengtecellen- en dwarscellenlaag.

Uit de beide voorgaande proeven bleek dus, dat de bestanddeelen van lijnmeel en tarwekiemen verhoudingsgewijs weinig in de mest voorkwamen. De verhoute bestanddeelen hadden meer weerstand aan het verteringsproces geboden dan de niet verhoute. Het vermoeden werd gewekt, dat het eiwit van de aleuronlaag van tarwe door de cavia moeilijker werd verteerd dan dat van het hooi en van het lijnzaad, doch het verschil was zeer gering.

Proef 4

De cavia werd gevoederd uitsluitend met *kunstmatig gedroogd gras*, waarvan het gehalte aan eiwitachtige stoffen in de droge stof 20.8 % bedroeg.

Het gedroogde gras gaf een zeer zwakke lignine reactie, een sterke cellulosereactie en een sterke Berlijnsch-blauwreactie; uit deze gegevens viel af te leiden, dat het gras in een zeer jonge toestand was geoogst, wat werd bevestigd door het hooge eiwitgehalte bij het chemisch onderzoek.

De mest gaf een zwakke lignine reactie en een sterke cellulosereactie; de Berlijnsch-blauwreactie was zwak, doch er kwamen cellen en groepen van cellen in voor, die de reactie matig of tamelijk sterk vertoonden; het was, alsof een deel van het eiwit aan de inwerking

van de verteringssappen was ontsnapt; wellicht was er te veel eiwit aanwezig om volledig door de verteringssappen te worden aangetast, zoodat een deel in de cellen achterbleef.

Proef 5

Getracht werd uitsluitend te voederen met *tarwekiemen* van de derde proef. Aanvankelijk gelukte dit niet, doch werd gevoederd met 15 g tarwekiemen + 10 mg ascorbinezuur + 5 g hooi; de faeces bestonden toen grootendeels uit bestanddeelen van hooi. Daarna ontving de cavia niets anders dan de tarwekiemen van proef 3 en 10 mg ascorbinezuur per dag.

De faeces bestonden toen alleen uit bestanddeelen van tarwe. Deze bestanddeelen waren uitsluitend de lengtecellen- en de dwarscellenlaag; het fijne weefsel van de kiem werd niet aangetroffen, terwijl de aleuroncellenlaag (waarvan de celwanden zeer dik zijn, doch niet verhout) slechts sporadisch gevonden werd. De nog aanwezige aleuroncellen vertoonden nog de Berlijnsch-blauwreactie. Blijkbaar was dus de aleuroncellenlaag, behoudens enkele fragmenten, geheel verteerd, evenals het fijne weefsel van de kiem, terwijl de verhoute elementen, nl. de lengtecellen- en dwarscellenlaag, nog aanwezig waren; deze vertoonden ook de cellulosereactie, doch tamelijk zwak.

Proef 6

De cavia werd gevoederd met 20 g *sojameel*, 10 mg ascorbinezuur en 0.3 g tarwekiemolie per dag.

Het sojameel vertoonde geen lignine reactie, een tamelijk sterke cellulosereactie en een sterke Berlijnsch-blauwreactie.

De faeces gaven geen lignine reactie, een tamelijk zwakke cellulosereactie en een sterke Berlijnsch-blauwreactie.

Uit deze waarnemingen viel niets af te leiden t. a. v. de vertering van het eiwit; wellicht was het rantsoen te eiwitrijk. De eiwitlichamen, zooals die in sojameel voorkomen, waren niet meer te herkennen; de vorm van deze lichamen was verloren gegaan, terwijl de indruk verkregen werd, dat een groot aantal bacteriën op het eiwit had ingewerkt.

Een groot verschil viel op te merken t. a. v. de cellulosereactie. Zooals ook met chloralhydraat bleek, was van het kernweefsel van soja in de faeces niets overgebleven, doch wèl van de palissadecellen en de bekercellen van de zaadschil; deze kwamen afzonderlijk voor of in kleine groepjes; een groot deel moest evenwel volkomen verteerd zijn, terwijl sommige gedeeltelijk waren aangetast.

Proef 7

De cavia werd gevoederd met 25 g *erwtenvoermeel,* 10 mg ascorbinezuur en 0.3 g tarwekiemolie per dag. Het dier nam wel alles op, produceerde echter zeer weinig keutels en werd erg dik van lijf.

Het monster erwtenvoermeel bestond in hoofdzaak uit erwtenschillen; er kwam wat zetmeel in voor. De reactie met phloroglucine en zoutzuur was negatief; zeer sterk was de reactie op cellulose met joodjoodkalium en zwavelzuur, terwijl de Berlijnsch-blauwreactie tamelijk sterk was, in het bijzonder in de nog aanwezige cellen van de cotyledonen, minder sterk in de cellen van de schil.

De faeces bevatten sporen zetmeel. De reactie met phloroglucine en zoutzuur was zwak en toe te schrijven aan wat houtfragmenten en wat stroodeeltjes (die het diertje op eenigerlei wijze had weten te bemachtigen); de reactie op cellulose met joodjoodkalium en zwavelzuur was tamelijk sterk, terwijl de Berlijnsch-blauwreactie van de faeces zeer sterk was.

Conclusies waren hieruit niet te trekken; doordat de cavia ging lijden aan verstopping, werd heel weinig mest, afkomstig van het erwtenvoermeel uitgescheiden. De indruk werd verkregen, dat de sterke eiwitreactie van de faeces was toe te schrijven aan gedroogde spijsverteringsvochten en klompjes bacteriën; er werd relatief weinig van de erwtenschillen gevonden.

Proef 8

De cavia werd gevoederd met 15 g *erwtenschillen,* 10 g *hooi,* 0.3 g tarwekiemolie en 10 mg ascorbinezuur per dag. De verstopping verdween hierbij.

De reacties van het hooi kwamen overeen met die van proef 1. De erwtenschillen vertoonden een zeer sterke cellulosereactie, geen lignine reactie en een zwakke Berlijnsch-blauwreactie.

De faeces bestonden vrijwel uitsluitend uit hooibestanddeelen, terwijl sporadisch restanten van de erwtenschillen werden gevonden. De faeces vertoonden een tamelijk sterke cellulosereactie, een tamelijk sterke lignine reactie en een zwakke Berlijnsch-blauwreactie.

Hieruit kon alleen de conclusie worden getrokken, dat er zeer weinig of geen eiwit in de cellen van het hooi was achtergebleven.

Proef 9

De cavia ontving als dagrantsoen 25 g *erwtenvoermeel,* 10 g *hooi,* 10 mg ascorbinezuur en 0.3 g tarwekiemolie.

Het hooi gaf een tamelijk sterke lignine reactie, een tamelijk sterke cellulosereactie en eveneens een tamelijk sterke Berlijnsch-blauwreactie.

Het erwtenvoermeel vertoonde geen lignine reactie, een sterke

cellulosereactie en een sterke Berlijnsch-blauwreactie. Het monster bevatte tamelijk veel zetmeel.

De faeces vertoonden een tamelijk sterke lignine reactie, afkomstig van de hooibestanddeelen, terwijl de cellulosereactie matig was. De Berlijnsch-blauwreactie was tamelijk sterk, doch in de cellen was de blauwkleuring slechts zwak. Met chloralhydraat konden relatief slechts weinig erwtenschillen worden aangetoond; zetmeel werd niet gevonden.

Uit dit microscopisch onderzoek kon worden afgeleid, dat de erwtenschillen door de cavia goed werden verteerd, terwijl bovendien wederom bleek, dat er in de cellen practisch geen eiwit achterbleef.

Proef 10

Hiervoor werden twee cavia's gebruikt, 203 en 204. Aan het einde van de proef werd 203 erg kaal en stierf kort daarop. De cavia's ontvingen 20 g *tarwezemelen,* 10 g *hooi,* 0,3 g tarwekiemolie en 10 mg ascorbinezuur. Er bleef evenwel tamelijk veel van het toegediende voeder over.

De tarwezemelen vertoonden een matige lignine reactie, een tamelijk sterke cellulosereactie en een zeer sterke Berlijnsch-blauwreactie in de aleuronlaag; in de andere deelen was deze reactie zwak.

Het hooi gaf een tamelijk sterke lignine reactie, een tamelijk sterke cellulosereactie en eveneens een tamelijk sterke Berlijnsch-blauwreactie.

De faeces gaven zoowel bij 203 als 204 een tamelijk sterke lignine-reactie; bij de hooibestanddeelen was de verkleuring rood, bij de overgebleven deelen van de tarwezemelen zwak rose. De cellulose-reactie was matig, terwijl de Berlijnsch-blauwreactie eveneens matig was bij 203, zwakker bij 204. In geen van beide monsters faeces werden aleuroncellen gevonden. Met chloralhydraat werden veel fragmenten van de tarwezemelen gevonden naast bestanddeelen van hooi afkomstig.

Uit dit onderzoek bleek, dat de aleuroncellen geheel door de cavia werden verteerd, terwijl de overige deelen van de tarwezemelen, die min of meer verhout zijn, tamelijk moeilijk werden aangetast.

4. *Samenvatting van de resultaten van de voorgaande proeven*

Overzien we de resultaten van de voorgaande proeven, dan komen we tot de volgende conclusies:

I. *In de cellen is, nadat het voeder aan het spijsverteringsproces* van de cavia *onderworpen is geweest,* in alle gevallen *practisch geen eiwit meer aanwezig.* Dit is niet alleen bij de cavia het geval, doch ook bij de koe, het paard en de geit, zooals ook reeds is vermeld (blz. 45). Steeds vindt men, dat de cellen, onafhankelijk van de

bouw van de celwanden, practisch vrij van eiwit zijn na het spijsverteringsproces. Het volgende voorbeeld moge dit nog verduidelijken: Bij de voederproef met tarwestroo bij ossen gaf met de Berlijnsch-blauwreactie het stroo in sommige cellen een zwakke blauwkleuring, ook waar de celwanden meer of minder verhout waren; de faeces gaven weliswaar een zwakke blauwkleuring, doch de blauwe kleur was *buiten* de cellen gelocaliseerd.

II. *De verhoute deelen bieden* bij de cavia *meer weerstand aan de inwerking door bacteriën dan de niet verhoute.* Zooals voor de hand ligt is dit ook bij andere diersoorten het geval, zooals trouwens reeds bekend was. Het bleek ook uit de volgende proeven:

a. Een geit werd gevoederd met rijstdoppen. De rijstdoppen werden gevoederd naast andere voedermiddelen, nl. erwtenstroo, aardappelschillen en een weinig haver. Door hun structuur zijn de rijstdoppen gemakkelijk in de faeces te herkennen; alle deelen van de rijstdoppen zijn verhout, behalve de epidermis, die veel kiezelzuur bevat.

De faeces vertoonden een sterke houtstofreactie; vrijwel alle bestanddeelen waren verhout, behalve de restanten van de aardappelschillen, welke uit kurkstof bestaan en het cutinelaagje van de epidermis van de ontdopte haverkorrels. Na behandeling met SCHULZE's reagens (kaliumchloraat en sterk salpeterzuur), waardoor de lignine wordt verwijderd, gaven de faeces een sterke cellulose-reactie, ook in de rijstdoppen, waaruit volgt, dat de cellulose voor een groot deel niet was aangetast. Ook de verkiezelde epidermislaag gaf na behandeling met SCHULZE's reagens een sterke cellulose-reactie, waaruit volgt, dat ook de verkiezeling van de celwanden de aantasting door bacteriën belemmert. Vermeld moet hier worden, dat na behandeling met SCHULZE's reagens de cellulosereactie met joodjoodkalium en zwavelzuur niet optreedt; men moet dan gebruik maken van chloorzinkjodium.

b. Tarwestroo werd gevoederd aan ossen. Het stroo gaf een zeer sterke ligninereactie; behalve deelen van het parenchymatisch weefsel en van de epidermis, werden alle fragmenten rood gekleurd met phloroglucine en zoutzuur.

De faeces gaven een zeer sterke ligninereactie; alle deelen, behalve fragmenten van de verkiezelde epidermis, werden rood gekleurd.

Het stroo gaf een zwakke cellulosereactie met chloorzinkjodium; na behandeling met kaliumchloraat en sterk salpeterzuur gaf het stroo een sterke cellulosereactie, ook in de verkiezelde celwanden.

De faeces gaven een zeer zwakke cellulosereactie met chloorzinkjodium; na behandeling met bovengenoemd reagens gaven zij een vrij sterke cellulosereactie, ook in de verkiezelde celwanden. Hieruit volgt dus weer, dat zoowel kiezelzuur als lignine, de aantasting van de celwanden door bacteriën belemmert.

HOOFDSTUK X

OVER DE VRAAG OF DE VERTERINGSFERMENTEN DOOR DE CELWANDEN HEENDRINGEN

Zooals reeds werd opgemerkt, moet onderscheid worden gemaakt tusschen de vertering van de celwanden en die van de celinhoud. De vertering van de celwanden geschiedt door de medewerking van bacteriën, die van de celinhoud is in hoofdzaak een gevolg van enzymatische processen. Bij het onderzoek over het verteren van de celinhoud komt aldus vanzelf de vraag naar voren of de fermenten in staat zijn de cellen binnen te dringen.

Vele onderzoekingen op dit gebied zijn in vitro gedaan, waarvan de voornaamste zullen worden vermeld.

1. Literatuur

ZACHARIAS [1]) kwam tot de conclusie, dat de eiwitten van de celkernen, door pepsine-zoutzuur niet worden aangetast.

BIEDERMANN [2]) onderzocht het binnendringen van verteringsfermenten in gesloten plantencellen. Als proefobject gebruikte hij in hoofdzaak bladeren van de waterpest (Elodea).

Ten aanzien van de *amylase* kwam hij tot de uitspraak, dat de amylase van het menschelijk speeksel ongeopende plantaardige celmembranen, indien deze niet sterk verdikt en niet verhout zijn, kan doordringen; van een gemakkelijk binnendringen is evenwel volgens de onderzoeker geen sprake; de zetmeelsplitsende enzymen hebben dit vermogen slechts in beperkte mate.

Voor *pepsine* kwam hij tot de volgende uitkomst. De inhoud van geheel gave bladdeelen van Elodea werd ook na dagenlang inwerken van pepsine-zoutzuur niet opgelost, wat waarschijnlijk maakte, dat het plasma onverteerbaar was; dit werd zekerheid, toen de membranen eerst werden opgelost met het maagsap van de slak Helix pomatia; het geïsoleerde plasma bleef in pepsine-zoutzuur behouden, doch het loste op, toen er de groengekleurde vloeistof uit het darmkanaal van hongerende koolrupsen (Pierris brassica) op inwerkte, dat een krachtig werkend proteolytisch ferment bevat. BIEDERMANN kwam tot de conclusie, dat de inhoud van plantencellen, ook als deze volkomen geopend zijn, door zuur maagsap niet wordt aangetast; niet slechts de kernen zijn in pepsine-zoutzuur onverteerbaar, doch ook de chloroplasten en, ten minste voor het grootste deel, eveneens het plasma.

---

[1]) ZACHARIAS, Bot. Ztg. 39 (1881) 169.

[2]) BIEDERMANN, Flora N. F. Bd. 111 en 112 (1918) 561 en Pflüger's Arch. 174 (1919) 358.

Wat *trypsine* betreft het volgende: Hiermede had vertering van de celinhoud plaats alleen indien de cellen vooraf met alcohol waren geëxtraheerd. Blijkbaar werden door de behandeling met alcohol stoffen verwijderd, die een zeer werkzame beschutting tegen de werking van trypsine geven. Volledige vertering had alleen dan plaats als de alcoholextractie werd gevolgd door een extractie met aether.

Ook met de bladeren van gras nam BIEDERMANN proeven. Wanneer ongeveer 2 cm lange stukken blad van gras, die op de voorgeschreven wijze voorbehandeld waren, aan de inwerking van trypsine werden onderworpen, vond men na 3—4 uur, uitgaande van ieder der beide snijvlakken, de cellen volkomen leeg, doch slechts in een zône, die naar binnen ongeveer vijf tot zes cellagen omvatte, terwijl de verder naar binnen gelegene wel aangetast, doch niet geheel leeg waren. De in het midden tusschen de beide snijvlakken gelegen elementen toonden meestal slechts geringe veranderingen. De fermentoplossing drong dus slechts van de snijvlakken binnen, terwijl de epidermis, ondanks de talrijke huidmondjes, nauwelijks doorlaatbaar scheen te zijn. Geheel „leegverteerd" werden ook, voor zoover BIEDERMANN waarnam, Diatomeën, waarvan de kiezelschalen op deze wijze konden worden gereinigd. In een latere publicatie bestudeerde BIEDERMANN de vertering van de celinhoud door insecten; dit kan hier buiten beschouwing blijven als niet ter zake dienend; alleen is het van belang, dat de onderzoeker er op wees, dat bij dgl. onderzoekingen ook het uitgangsmateriaal microscopisch moet worden onderzocht, wat hij bij vorige onderzoekingen steeds had nagelaten.

In dit verband moet ook melding worden gemaakt van het reeds op blz. 37 e. v. besproken onderzoek van HABERLANDT. De tusschen haakjes geplaatste woorden „Analog dem Alkohol" worden thans ook duidelijk.

In het bijzonder is van beteekenis de opmerking van HABERLANDT, dat de omstandigheden, waaronder het natuurlijke verteringsproces verloopt, geheel andere kunnen zijn dan die, waaronder kunstmatige verteringsproeven plaats hebben.

In latere jaren is er een strijd ontbrand tusschen HEUPKE [1]) eenerzijds en JÄNSCH [2]), MANGOLD en JÄNSCH [3]) en MANGOLD [4]) anderzijds. HEUPKE is van meening, dat de zetmeelsplitsende enzymen de cellen wèl kunnen binnendringen, terwijl zijn bestrijders van het tegendeel overtuigd zijn. De met elkaar in strijd zijnde uitkomsten schrijft JÄNSCH toe aan het verschil in methodiek bij het

---

[1]) HEUPKE, Arch. f. Verdauungskrankh. 49 (1931) 263; 62 (1938) 166.

[2]) JÄNSCH, Arch. f. Verdauungskrankh. 61 (1937) 278; 62 (1938) 238.

[3]) MANGOLD en JÄNSCH, Sitzungsber. d. Gesellsch. Naturf. Freunde zu Berlin (1935) 40.

[4]) MANGOLD, Klinische Wochenschrift 14 (1935) 764.

onderzoek. Volgens JÄNSCH geeft de zetmeelreactie met jodium onder bepaalde omstandigheden geen resultaat, indien met verdunde jodiumoplossingen wordt gewerkt; hij acht het noodig sterkere jodiumoplossingen te gebruiken ($J : KJ : H_2O = 1 : 3 : 10$), terwijl HEUPKE hiertegenover plaatst, dat met deze sterkere jodiumoplossingen restlichamen van zetmeel worden aangetoond.

Ook t. a. v. de eiwitsplitsende enzymen neemt HEUPKE het standpunt in, dat deze de celwand wèl kunnen doordringen. Hij voerde zijn proeven uit door tarwezemelen bloot te stellen aan maagsap en dunnedarmsap en te bepalen hoeveel eiwit hiermede in oplossing ging. Uit zijn uitkomsten trok hij de conclusie, dat de eiwitsplitsende enzymen in staat zijn ongeopende cellen binnen te dringen. Door het microscopisch onderzoek komt HEUPKE echter tot een minder overtuigend resultaat. Hij zegt hiervan o. a.: „Ich habe deshalb Kleberzellen im Stuhl wieder aufgesucht und unter dem Mikroskop betrachtet. Diese aus den Fäces isolierten Kleberzellen sind auszerordentlich dunkel gefärbt, sodasz es mir kaum möglich ist, etwas über die Struktur des Zellinnern auszusagen. Offenbar absorbieren diese Zellen in besonders starken Masze den Kotfarbstoff und scheinen infolge Ihrer Undurchsichtbarkeit mehr Inhalt zu haben als es in der Tat der Fall ist".

De genoemde onderzoekingen van JÄNSCH en HEUPKE leidden dus niet tot een overeenstemmend resultaat. Opgemerkt moet echter worden, dat de proeven vrijwel uitsluitend werden genomen in vitro, terwijl in het geval, waar de faeces werden onderzocht, het resultaat niet overtuigend was.

Het meest verhelderend is het genoemde onderzoek van HABERLANDT [1]), die op grond van waarnemingen bij menschen, slakken en rupsen van vlinders tot de conclusie kwam, dat het eiwit in de cellen volkomen verteerbaar is.

2. *Conclusies op grond van eigen onderzoekingen*

Indien men wil nagaan of de fermenten werkzaam zijn in de cellen gedurende het spijsverteringsproces, dan mag men niet nalaten de celinhoud van het voedsel te vergelijken met de celinhoud van de faeces.

Dit werd bij onze onderzoekingen als regel gedaan. Zoo werden de faeces onderzocht van een geit, welke naast andere voedermiddelen aardappelschillen waren verstrekt, van een paard, dat haver was toegediend en van de cavia uit de reeds genoemde proeven. In geen enkel geval werd evenwel de indruk gevestigd, dat de zetmeelkorrels in de cellen onaangetast blijven, daar er in de faeces van verschillende diersoorten slechts zeer sporadisch zetmeelkorrels

---

[1]) HABERLANDT, l. c.

werden gevonden; met de sterkere jodiumoplossing werden geen andere resultaten verkregen dan met een zwakkere. Bovendien bleek, dat met de Berlijnsch-blauwreactie in de cellen practisch geen eiwit meer kon worden aangetoond.

Hieruit mag de conclusie worden getrokken, dat de zetmeel- en eiwitsplitsende fermenten gedurende het spijsverteringsproces gelegenheid krijgen de cellen binnen te dringen, ook indien de celwanden verdikt of verhout zijn.

Het algemeen ingenomen standpunt, dat de celwand een beletsel vormt voor de vertering van het inwendige van de cel, dient dus te worden verlaten. Ook de verklaring voor het verschijnsel, dat dierlijke eiwitten in het algemeen beter verteerbaar zijn dan plantaardige als gevolg van de aanwezigheid van celwanden bij de laatste, is niet juist; voor de slechtere verteerbaarheid van het eiwit in plantaardig materiaal bestaat een andere oorzaak, welke in Hoofdstuk XII zal worden behandeld.

Opmerkenswaard is, dat ook AXELSSON [1]) door zijn statistisch onderzoek, dus langs indirecte weg, aanwijzingen vond, dat de celwand geen belemmering vormt voor de vertering van de celinhoud.

Op blz. 5 werd reeds medegedeeld, dat AXELSSON tot de uitkomst was gekomen, dat het paard de eiwitachtige stoffen beter verteert dan het rund, doch de ruwe celstof belangrijk slechter. De onderzoeker merkte hierbij het volgende op: „Dasz dieser Unterschied zwischen den beiden Tierarten (bedoeld wordt het verschil in verteerbaarheid van de ruwe celstof bij paard en rund) mit der verschiedenen Gärung im Verdauungskanal zusammenhängt, ist offenbar. Bemerkenswert ist jedoch, dasz die Pferde trotzdem das Protein besser als die Rinder und die leichtlöslichen Kohlehydrate praktisch genommen ebenso vollständig wie diese zu verdauen vermögen. Dieses Resultat bedeutet, dasz die Rohfaser die enzymatische Verdaulichkeit der Nahrung nicht hindert. Gewöhnlich nimmt man jedoch an, dasz die Rohfaser, die vor allem in den Zellwänden enthalten ist, die übrigen Nährstoffe einschlieszt und dadurch deren Verdaulichkeit erschwert".

Er werd nog getracht een onderzoek in te stellen naar het *verloop* van de aantasting van het eiwit in de cellen gedurende de passage door het spijsverteringskanaal.

Daarvoor werden er op het abattoir te Groningen van verschillende plaatsen van het spijsverteringskanaal van een rund monstertjes genomen met het doel deze microscopisch te onderzoeken. Vermoed werd, dat het dier uitsluitend jong gras had gegeten, doch bij het onderzoek bleek, dat dit niet het geval was geweest. Gedurende de

---

[1]) AXELSSON, Tierernährung 13 (1941) 399, citaat blz. 409.

reis was het dier met stroo gevoerd, wat geen geschikt materiaal voor een dergelijk onderzoek is.

Door de abnormale omstandigheden was het niet mogelijk de beschikking te krijgen over een slachtdier, waarvan met zekerheid bekend was, welke voedermiddelen hieraan waren toegediend. De weg tusschen leverancier en abattoir was daarvoor te lang; gedurende de reis werden de dieren meestal met stroo gevoerd.

HOOFDSTUK XI

OVER DE VRAAG, HOE HET EIWIT IN DE FAECES AANWEZIG IS

Blijkens het microscopisch onderzoek is practisch alle eiwit uit de cellen verdwenen, zoodat men weinig eiwit in de faeces zou verwachten. Niettemin bestaat ongeveer $^1/_6$ deel van de droge stof van de faeces onzer huisdieren uit eiwitachtige stoffen, zoodat hiervoor een verklaring moet worden gezocht. Er komen vanzelfsprekend schommelingen in de eiwitgehalten van de faeces voor, doch deze kunnen wij hier buiten beschouwing laten; de hoeveelheid is alleen genoemd om de grootte-orde aan te geven.

Wij kunnen ons afvragen hoe het eiwit in de faeces voorkomt. De verschillende mogelijkheden zullen achtereenvolgens worden besproken. De eiwitachtige stoffen kunnen nl. aanwezig zijn:

1. Als onverteerd gebleven eiwit

Uit het microscopisch onderzoek is evenwel gebleken, dat er in de cellen practisch geen eiwit meer aanwezig is, als het voeder het spijsverteringskanaal is gepasseerd, zoodat dit eiwit in de faeces een ondergeschikte rol zal spelen.

2. Als niet geresorbeerde aminozuren

Ook deze zullen slechts van geringe invloed kunnen zijn, daar het grootste deel van de eiwitachtige stoffen zich in de faeces bevindt als werkelijk eiwit.

3. Als stofwisselingsproducten

Hierover zijn reeds vele onderzoekingen gedaan, doch men is er tot nu toe niet in geslaagd de hoeveelheid in de faeces voorkomende stofwisselingsproducten te bepalen. Deze stoffen kan men indeelen in koolhydraten, vetachtige- en eiwitachtige stoffen. Aangenomen kan wel worden, dat de koolhydraten van geen beteekenis zijn, aangezien deze slechts weinig in de lichaamssappen voorkomen,

zoodat de in de faeces aanwezige zetmeelachtige stoffen en ruwe celstof geheel van het voeder afkomstig zijn. Meer invloed hebben de vetachtige stoffen van de stofwisselingsproducten op de hoeveelheid vetachtige stoffen in de faeces, hetgeen reeds hieruit blijkt, dat bij vetarme voeding de hoeveelheid vetachtige stoffen in de faeces grooter kan zijn dan in het opgenomen voeder.

Meer aandacht dan aan de vetachtige stoffen heeft men geschonken aan de stikstofhoudende stofwisselingsproducten. Ter bepaling hiervan heeft men verschillende methoden beproefd. Aanvankelijk paste men de extractie van de faeces met water toe, doch deze bepaling was niet betrouwbaar, daar men er niet zeker van was, dat alleen de stofwisselingsproducten in oplossing gingen en ook niet meer. Later paste men de kunstmatige vertering met pepsine-zoutzuur toe. Met deze methode vond KELLNER [1]), dat in het voeder minder eiwit onopgelost bleef dan in de faeces aanwezig was; het verschil moest volgens de onderzoeker toegeschreven worden aan de stikstofhoudende stofwisselingsproducten. Op grond van zijn onderzoekingen kwam hij tot de conclusie, dat per 100 g verteerde droge stof 0.3—0.5, gemiddeld 0.4 g stikstof als stofwisselingsproducten in de faeces werd uitgescheiden; dit was het geval bij herkauwers.

Een belangrijk onderzoek werd verricht door PFEIFFER [2]), die varkens stikstofvrij voeder verstrekte. Hij vond, dat de uit het dierlijk lichaam afkomstige stikstofhoudende stofwisselingsproducten in de faeces volledig in pepsine-zoutzuur oplosten.

KÜHN [3]) behandelde voeder en faeces van ossen met pepsine-zoutzuur en vond in beide evenveel onoplosbaar eiwit. KELLNER [4]) zegt naar aanleiding van deze proeven: „Die natürliche Verdauung der Eiweiszstoffe im Magen und Darm geht — so schlosz man aus diesem Befunde — nicht weiter, als die Wirkung der Pepsinsalzsaüre, die nach diesen Untersuchungen auch die stickstoffhaltigen Bestandteile der Kotbakterien in Lösung bringt".

MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER [5]) kwamen tot een eenigszins ander resultaat, daar zij vonden, dat ook van de stofwisselingsproducten een deel in in pepsine-zoutzuur onoplosbare vorm in de faeces aanwezig was, zoodat zij een nabehandeling met trypsine noodig achtten. Vermelding verdient, dat zij voor schapen 0.85 g stikstof per 100 g verteerde organische stof de waarschijnlijkste waarde achtten en voor varkens 0.4 g, zooals blijkt uit de volgende samenvatting van hun uitkomsten:

---

[1]) KELLNER, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, Siebente Auflage (1916), blz. 34.

[2]) PFEIFFER, Zeitschr. f. physiol. Chemie 10 (1886) 561.

[3]) KÜHN, Landw. Versst. 44 (1894) 204.

[4]) KELLNER, l.c., blz. 34.

[5]) MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER, Landw. Versst. 85 (1914) 1.

a. Zij gaven de *hamels* naast een grondrantsoen, bestaande uit 285 g stroostof, 230 g zetmeel, 25 g suiker, 8 g olie en 20 g mineralen (5 g hooiasch, 10 g fosforzure kalk en 5 g keukenzout), in de eiwitperiode 55 g, 110 g, 165 g, resp. 220 g bloedalbumine; in een acetaat-, resp. asparagineperiode, werd 40 g ammoniumacetaat of ten hoogste 40 g asparagine met wisselende hoeveelheden stikstofvrije stoffen gegeven. De ruwe-celstofgehalten van de rantsoenen werden niet vermeld; deze werden door ons uit de beschikbare gegevens berekend.

Verder werd een proef met twee hooisoorten genomen; de samenstelling hiervan werd echter niet vermeld.

Van bovengenoemde proeven waren de uitkomsten als volgt:

Proefdier	Voeder	Ruwe celstof in de organische stof (in %)	Stofwisselingsstikstof per 100 g verteerde organische stof
0	55 g albumine	40.2	0.80 g
1	55 „ „	40.2	1.01 „
3	55 „ „	40.2	0.66 „
4	55 „ „	40.2	0.59 „
0	110 „ „	37.1	0.89 „
1	110 „ „	37.1	0.51 „
3	110 „ „	37.1	0.71 „
4	110 „ „	37.1	0.83 „
0	110 „ „	37.1	1.49 „
1	110 „ „	37.1	0.80 „
3	110 „ „	37.1	0.39 „
4	110 „ „	37.1	1.05 „
1	165 „ „	34.4	0.88 „
4	165 „ „	34.4	0.67 „
0	220 „ „	32.1	0.76 „
3	220 „ „	32.1	0.49 „
		Gemiddeld:	**0.78 „**
Eiwitvrije periode:			
1	asparagine	44.2	1.01 „
4	„	44.2	1.17 „
1	acetaat	44.2	1.15 „
4	„	44.2	1.54 „
0	zonder eiwit	43.9	1.02 „
1	„ „	43.9	0.97 „
3	„ „	43.9	1.14 „
4	„ „	43.9	1.20 „
		Gemiddeld:	**1.15 „**
Hooiperioden:			
1	hooi I		0.82 „
3	„ I		0.77 „
0	„ II		0.92 „
4	„ II		0.88 „
		Gemiddeld:	**0.85 „**

b. De proeven met *varkens* gaven de volgende uitkomsten:

Proefdier	Voeder	Ruwe celstof in de organische stof (in %)	Stofwisselingsstikstof per 100 g verteerde organische stof
I	grondrantsoen als bij de hamels + 110 g albumine	37.1	0.89 g
I	286 g albumine, 66 g stroostof, 1300 g zetmeel, 65 g suiker, 23 g olie en 20 g mineralen	3.4	0.54 „
I	220 g albumine, 60 g stroostof, 460 g zetmeel, 50 g suiker, 18 g olie en 20 g mineralen	6.5	0.41 „
I	alsvoren, zonder albumine	8.8	0.37 „
I	110 g albumine, 460 g zetmeel, 50 g suiker, 18 g olie en 20 g mineralen. .	afw.	0.19 „
II	2000 g melk, 1000 g geschilde aardappelen en 200 g zetmeel	afw.	0.13 „
II	110 g albumine, 60 g stroostof, 50 g suiker, 18 g olie, 20 g mineralen en 460 g zetmeel	7.5	0.26 „
II	20 g asparagine, 60 g stroostof, 460 g zetmeel, 50 g suiker, 18 g olie en 20 g mineralen	8.5	0.31 „
II	60 g stroostof, 50 g suiker, 18 g olie en 460 g zetmeel.	8.9	0.32 „
II	20 g asparagine, 60 g stroostof, 460 g zetmeel, 50 g suiker, 18 g olie en 20 g mineralen	8.5	0.32 „
		Gemiddeld:	**0.37** „

De hoeveelheid stofwisselingsproducten was dus bij de varkens *lager* dan bij de hamels.

Bij het varken gaven de rantsoenen met veel ruwe celstof of zeer veel zetmeel de grootste hoeveelheid stofwisselingsstikstof; de rantsoenen zonder ruwe celstof gaven de laagste waarden.

Bij de schapen en varkens, gevoerd met asparagine of ammoniumacetaat, naast een grondrantsoen, vonden de onderzoekers dezelfde hoeveelheid in pepsine-zoutzuur onoplosbare stikstof als bij de andere perioden; hieruit trokken zij de conclusie, dat vorming van onverteerbaar bacteriëneiwit uit asparagine of ammoniumacetaat niet had plaats gehad. Naar onze meening maakt KELLNER [1]) hieruit een onjuiste gevolgtrekking, nl. deze, dat het op grond

[1]) KELLNER, l. c., 34.

van de proeven van MORGEN c.s. zeer de vraag is of zich in de faeces groote hoeveelheden bacteriën bevinden.

Zeer merkwaardig bij de proeven van MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER is, dat de hoeveelheid stofwisselingsstikstof in de faeces bij het varken, gevoed met ruwe-celstofrijk materiaal, ongeveer overeenkwam met het gemiddelde, dat bij hamels gevonden werd, nl. ± 0.85 g stikstof per 100 g verteerde organische stof.

Naar onze meening is hiervoor de meest aannemelijke verklaring, dat in ongeveer hetzelfde milieu en bij dezelfde temperatuur dezelfde hoeveelheid bacteriënmassa wordt gevormd. Dit is meer aannemelijk dan de veronderstelling, dat het ruwe-celstofrijke rantsoen tengevolge van een sterkere prikkeling door de harde hoedanigheid hiervan, bij het varken zou leiden tot een versterkte afscheiding van stofwisselingsproducten, welke dan bij deze van schapen sterk verschillende diersoort zou leiden tot een even sterke afscheiding als bij schapen. Wij kunnen ons van deze opvatting de volgende voorstelling maken: Ruwe-celstofrijke rantsoenen geven aanleiding tot de ontwikkeling van een groot aantal bacteriën (zie blz. 68); het hiervoor benoodigde eiwit onttrekken zij èn aan de stofwisselingsproducten èn aan het voedereiwit. Doordat de bacteriën zich meester maken van een deel van het eiwit van de stofwisselingsproducten, ontstaat er een tekort hieraan, wat hernieuwde afscheiding tengevolge heeft. Na het afsterven van de bacteriën verderop in het spijsverteringskanaal, kan het hierin aanwezige eiwit door de proteolytische fermenten omgezet en door de darmwand geresorbeerd worden, doch het zal ten deele ook weer gebruikt worden voor bacteriëngroei. Ten slotte zal er geen gelegenheid meer zijn voor ontleding en resorptie, zoodat de dan aanwezige bacteriën in de faeces het lichaam verlaten.

Dat de hoeveelheid eiwitstoffen, afkomstig van het slijmvlies van de ingewanden en de stofwisselingsproducten verschillend kan zijn, afhankelijk van de aard van het voeder, wordt ook vermeld door HOLY [1]) naar aanleiding van een onderzoek, dat hij instelde naar de voederwaarde van kropaar en Fransch raaigras. Hij vond, dat de faeces van schapen bij voedering met kropaar vochtiger waren dan bij voedering met Fransch raaigras, wat hij toeschreef aan een sterkere prikkeling van de slijmvliezen en de klieren van de spijsverteringsorganen door de sterk verkiezelde tandjes van kropaar dan door de minder sterk verkiezelde tandjes van Fransch raaigras. In dit verband wees HOLY op een door JORDAN, BARTLETT en MERILL in Noord Amerika verricht onderzoek. Deze extraheerden de faeces van met verschillende ruwvoedermiddelen gevoederde dieren achtereenvolgens met aether, alcohol, heet water en koud kalkwater en constateerden aldus, dat bij kropaarvoedering het hoogste percentage stikstof werd geëxtraheerd.

[1]) HOLY, l. c.

Naar aanleiding hiervan onderzocht HOLY de verkiezelde tandjes bij de vervoederde ruwvoedermiddelen en vond, dat deze bij kropaar het sterkst ontwikkeld en het scherpst waren.

Op grond van een verder microscopisch onderzoek kwam HOLY tot de conclusie, dat een van de hoofdoorzaken van de geringe voederwaarde van z.g. zure hooisoorten, voornamelijk bestaande uit Carex- en Scirpussoorten, moet worden toegeschreven aan de sterkere prikkeling van de slijmvliezen en klieren van de verteringsorganen van de herkauwers door de verkiezelde bladrandtandjes.

Hoewel de mogelijkheid niet uitgesloten moet worden geacht, dat scherpe kiezelzuurtandjes een sterkere afscheiding van stofwisselingsproducten en slijm kunnen veroorzaken, is het bewijs van HOLY niet zeer overtuigend. Er kunnen ook andere oorzaken zijn voor de geconstateerde verschillen dan de kiezelzuurtandjes. Zoo was de opgenomen hoeveelheid ruwe celstof bij het Fransch raaigras grooter dan bij kropaar, terwijl dat van het laatste beter verteerbaar was; er werd dus méér ruwe celstof bij voedering met Fransch raaigras uitgescheiden, wat een lager vochtgehalte van de faeces kan veroorzaken.

Ook t. a. v. de door HOLY aangehaalde proeven van JORDAN, BARTLETT en MERILL is zijn bewijs niet steekhoudend. Door behandeling met aether, alcohol, heet water en koud kalkwater ging nl. bij voedering met kropaar per 100 g verteerde organische stof 0.37 g stikstof van de faeces in oplossing, bij voedering met haverstroo 0.38 g, dus practisch evenveel; bij haverstroo ontbreken evenwel de zeer scherpe kiezelzuurtandjes.

4. *Als bacteriëneiwit*

Uit de vorenstaande beschouwingen komt als het meest waarschijnlijk naar voren de opvatting, dat het eiwit in de faeces overwegend bestaat uit bacteriëneiwit, wat dan afkomstig kan zijn van het stofwisselingseiwit en het voedereiwit. Ook de reeds meermalen genoemde statistische onderzoekingen van AXELSSON [1]) leveren voor dit standpunt een krachtige steun. Hij vond, dat de varkens minder eiwit met de faeces verloren dan de paarden en de runderen. Bevatte het voeder 150 g eiwit per kg droge stof, dan verloren de varkens gemiddeld 27.8 g eiwit in de faeces per kg opgenomen droge stof, de paarden ± 40 g en de runderen ± 48 g. In verband hiermede merkte de onderzoeker het volgende op: „Zu bemerken ist indes, dasz der Rohfasergehalt der Futterrationen ein verschiedener ist. Die Ausnützung des Proteins bei den drei Tierarten beruht jedoch nur Teilweise auf dem verschiedenen Rohfasergehalt des Futters, da sich vor allem der Unterschied in der Menge der Mikroorganismen

---

[1]) AXELSSON, Tierernährung 13 (1941) 413, citaat blz. 418.

im Verdauungskanal einzuwirken scheint. Je mehr diese Organismen an Menge zunehmen, um so mehr Protein geht also mit dem Mist verloren. Dies erklärt sich daraus, dasz die Mikroorganismen die stickstoffhaltige Substanz des Futters zur Synthese des für Wachstum und Vermehrung erforderlichen Proteins benutzen, wovon dann ein Teil mit den Organismen verloren geht, die mit dem Kot abgehen. Die geringe Gärung dürfte also eine der Ursachen sein, dasz die N.haltige Substanz des Futters von den Schweinen vollständiger resorbiert wird als von den Grasfressern, besonders den Wiederkäuern".

Men heeft op verschillende manieren getracht een inzicht te krijgen in de *hoeveelheid bacteriën* in de faeces, nl.

a. door *centrifugeeren*, welke methode is toegepast door STRASZBURGER [1]) en volgens een gewijzigde methode door ERMANN [2]) bij faeces van menschen, waarbij zij vonden, dat ± 30 % van het gewicht van de droge stof bestaat uit bacteriënlichamen. LISSAUER [3]) vond bij runderen volgens de methode STRASZBURGER ± 16 %, STOKLASA [4]) 9—20 %. OSBORNE en MENDEL [5]) kwamen tot de conclusie, dat het grootste deel van het eiwit in de faeces van ratten, die zij met zuiver eiwit voedden, bestond uit bacteriëneiwit. LÖHNIS [6]) maakte de opmerking, dat 10—20 % van de droge stof van runderfaeces uit microörganismen bestaat.

b. door *telling*. Door KLEIN [7]) is een methode aangegeven, waardoor het mogelijk werd het totale aantal bacteriën, dus zoowel de doode als de levende, na kleuring met methylviolet, te tellen. Deze methode is verder uitgewerkt door HEHEWERTH [8]) en later toegepast door IDZERDA [9]) bij faeces van honden en konijnen. KLEIN acht zijn methode evenwel niet geschikt om daaruit de hoeveelheid bacteriën in gewichtsprocenten te berekenen, aangezien te veel factoren onbekend zijn. Evenmin acht hij de methode STRASZBURGER juist, omdat een deel van het afgecentrifugeerde niet uit bacteriënlichamen bestaat, terwijl er ook een deel van de bacteriën niet wordt gescheiden van de andere bestanddeelen van de faeces. Volgens KLEIN worden met de methode STRASZBURGER te hooge uitkomsten verkregen.

Door ons werd getracht volgens de methode KLEIN het aantal bacteriën te tellen in de faeces van een geit, teneinde daaruit de

---

[1]) STRASZBURGER, l. c.
[2]) ERMANN, Diss. Bonn (1902).
[3]) LISSAUER, Arch. f. Hyg. 58 (1906) 136.
[4]) STOKLASA, Fühl. land. Ztg. 56 (1907) 411.
[5]) OSBORNE, MENDEL, Journ. biol. Chem. 18 (1914) 177.
[6]) LÖHNIS, Vorlesungen ü. landw. Bakteriologie (1913), blz. 310.
[7]) KLEIN, Centralblt. f. Bakt. Par. u. Infkrhtn., 1e Abt. 27 (1900) 384; Arch. f. Hyg. 45 (1902) 117; Zeitschr. f. klin. Med. 48 (1903) 163.
[8]) HEHEWERTH, Diss. Amsterdam (1900).
[9]) IDZERDA, Diss. Groningen (1919).

hoeveelheid bacteriën bij benadering in gewichtsprocenten te berekenen. Het bleek echter, dat behalve de bacteriën tal van andere kleine deeltjes door methylviolet werden gekleurd, zoodat de bepaling van het aantal reeds niet mogelijk bleek. Doch al ware dit gelukt, dan zou zich de vraag hebben voorgedaan, hoeveel droge bacteriën 1 mg wegen. Indien wij eenvoudig aannemen, dat 1 milliard droge bacteriën 1 mg wegen, zou dit zeer groote onnauwkeurigheid medebrengen, daar er coccen zijn, kleiner dan 1 μ en staven van 6 μ lang en 3 μ dik.

Al is het dus niet mogelijk de hoeveelheid bacteriën gewichtsanalytisch te bepalen, toch mogen wij op grond van het vorenstaande wel als hoogstwaarschijnlijk aannemen, dat het eiwit in de faeces in hoofdzaak daarin voorkomt als bacteriëneiwit.

HOOFDSTUK XII

OVER DE VRAAG, HOE HET IS TE VERKLAREN, DAT IN RUWE-CELSTOFRIJKE PRODUCTEN HET EIWIT SLECHTER WORDT VERTEERD

Reeds eerder is ons gebleken, dat in het algemeen het eiwit van voedermiddelen slechter wordt verteerd naarmate het ruwe-celstofgehalte stijgt, dus meer celwandbestanddeelen aanwezig zijn. Ook bij graslandproducten is uit vele onderzoekingen gebleken, dat voor het eiwit lagere verteringscoëfficiënten worden gevonden, naarmate in een later stadium wordt geoogst, waarbij het ruwecelstofgehalte stijgt. Het is de vraag, waaraan dit moet worden toegeschreven.

1. De celwand

In de eerste plaats zou de slechtere vertering van het eiwit bij ruwe-celstofrijke producten het gevolg kunnen zijn van dikkere celwanden, waardoor de spijsverteringsvochten moeilijker naar binnen zouden kunnen treden, zoodat de omzetting van de eiwitten niet voldoende plaats zou hebben. Dit is voor het genoemde verschijnsel de algemeen aanvaarde verklaring, zooals werd besproken in Hoofdstuk VIII.

Uit het microscopisch onderzoek van faeces bleek evenwel, dat na het verteringsproces practisch geen eiwit meer in de cellen aanwezig is. Van een directe invloed van de dikte of de samenstelling van de celwand op de verteringscoëfficiënten van het eiwit kan dus weinig sprake zijn.

Men zou hier ook kunnen denken aan het eiwit, eventueel aanwezig in de membranen zelf. De hoeveelheid hiervan zou toenemen

bij grootere celwanddikte. De opvattingen over de vraag of er eiwit in de celmembranen aanwezig is, loopen sterk uiteen. KÜSTER [1]) zegt over dit vraagstuk: „Das Ergebnis der bisher vorliegenden Literatur gestattet nicht, die Frage zu entscheiden — am allerwenigsten erlaubt sie uns mit dem vielumstrittenen Eiweiszgehalt auch das Leben der Membranen für erwiesen zu halten".

Deze kwestie kan voor ons onderzoek buiten beschouwing worden gelaten. In de door ons onderzochte gevallen gaven de celwanden geen Berlijnsch-blauwreactie, zoodat de hoeveelheid eiwit in de celwanden niet van beteekenis kan zijn. Bovendien is gebleken, dat de verteringsfermenten door de celwanden heen kunnen dringen naar de celinhoud; het is onwaarschijnlijk, dat de proteolytische fermenten het eiwit, eventueel aanwezig in de celwanden zelf, niet zouden kunnen aantasten.

2. *De samenstelling van het eiwit*

In de tweede plaats zou het het gevolg kunnen zijn van verschillen in samenstelling van de eiwitten t. a. v. de aminozuren, waaruit de eiwitmoleculen zijn opgebouwd. De lagere verteringscoëfficiënten van het eiwit van graslandproducten, in latere stadia geoogst, zou men dan kunnen verklaren, hetzij doordat het eiwitmolecuul in oudere stadia zoodanig van bouw wordt, dat de verteringssappen er minder goed op inwerken, hetzij doordat de nieuwgevormde eiwitten van een andere bouw zijn dan de eerstgevormde. Deze gedachte moge op het eerste gezicht iets vreemd lijken; zij dient echter ter dege te worden overwogen, omdat lang niet alle eiwitstoffen even goed verteerbaar zijn. Een stof als keratine b.v. is geheel onverteerbaar.

Uit onderzoekingen van CHIBNALL [2]) en medewerkers bleek evenwel, dat de aminozuursamenstelling van de meest uiteenloopende grassoorten dezelfde is. Zij isoleerden uit verschillende grassoorten eiwitpreparaten, waarin werden bepaald de gehalten aan arginine, histidine, lysine, tyrosine, tryptophaan, cystine, methionine, glutaminezuur en asparaginezuur. De uitkomsten bleken zoo weinig uiteen te loopen, dat de verschillen binnen de foutengrens van de analysemethoden bleven.

Hiertegen kan men als bezwaar inbrengen, dat de geïsoleerde eiwitpreparaten slechts een deel van het totale graseiwit vormden, zoodat het de vraag is of het geïsoleerde product wel representatief kan worden geacht voor het totale graseiwit.

Naar aanleiding van dit bezwaar heeft CHIBNALL's medewerker

---

[1]) KÜSTER, Die Pflanzenzelle (1935), blz. 437.

[2]) CHIBNALL, Protein metabolism in the plant (1939); verder diverse publicaties van dezen onderzoeker en medewerkers in Biochem. Journ. 26 (1932) 392; 27 (1933) 1879; 33 (1939) 1271.

LUGG [1]) van een bepaalde grassoort op zeer uiteenloopende manieren eiwitpraeparaten geïsoleerd; al deze preparaten leverden echter bij onderzoek op de samenstellende aminozuren dezelfde resultaten op, zoodat uit de analysecijfers van het geïsoleerde product wel conclusies mogen worden getrokken voor het totale graseiwit. Ook het tijdstip van monsterneming bleek geen invloed te hebben op de aminozuursamenstelling, terwijl uit enkele analysen van uit leguminosen geïsoleerd eiwit (o. a. lucerne en roode klaver) bleek, dat de samenstelling vrijwel niet verschilde van die van graseiwit.

In aansluiting hierop bepaalde DE MAN [2]) in het totale werkelijk eiwit van in verschillende groeistadia geoogst Engelsch raaigras eenige aminozuren, nl. arginine, tyrosine en tryptophaan, en vond, dat de verhouding hiervan practisch gelijk bleef.

Op grond van deze gegevens is het dus onwaarschijnlijk, dat de lagere verteringscoëfficiënten in ouder gras moeten worden toegeschreven aan de moeilijkere aantastbaarheid van de aanwezige eiwitten.

3. *Stofwisselingsproducten*

Een derde verklaring zou kunnen zijn, dat bij celstofrijke producten, als gevolg van de harde hoedanigheid, een sterkere afscheiding van stofwisselingsproducten plaats heeft. Deze conclusie trokken ook MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER [3]) uit hun proeven met schapen. Tegen dit standpunt kan worden ingebracht, dat ook andere stoffen, zooals zetmeel en suiker, z.g. verteringsdepressies tengevolge hebben, zooals blijkt uit de volgende door DIETRICH en KÖNIG [4]) vermelde voorbeelden. De voederhoeveelheden zijn telkens opgegeven per etmaal.

a. Een in WEENDE genomen proef met ossen gaf de volgende resultaten:

Proefdier	Voeder in ½ kg				Verteerd in %	
	Klaverhooi	Haverstroo	Boonenschroot	Zetmeel	Werkelijk eiwit	Ruwe celstof
Os I	8.8	10.5	—	—	50	55
Os I	8.9	10.6	—	—	49	52
Os I	8.2	9.8	0.5	2.8	46	51
Os II	9.9	11.9	0.5	4.0	44	50
Os II	9.9	11.9	0.4	6.5	39	46

Hieruit blijkt, dat de verteringsdepressie toeneemt met de hoeveelheid vervoederd zetmeel.

---

[1]) LUGG, Biochem. Journ. 32 (1938) 2123; 33 (1939) 110.
[2]) DE MAN, Landbk. Tijdschr. 56 (1944) 20.
[3]) MORGEN, BEGER, WESTHAUSSER, l. c.
[4]) DIETRICH en KÖNIG, Zusammensetzung u. Verdaulichkeit der Futtermittel, Zweiter Band (1891), blz. 1144, 1145.

b. SCHULZE en MÄRCKER voederden een hamel met weidehooi, zetmeel en een weinig suiker voor de smaak, waarbij de volgende uitkomsten werden verkregen:

Voeder	Verteringscoëfficiënten	
	Werkelijk eiwit	Ruwe celstof
Weidehooi alleen (950 g)	54.1	60.2
Weidehooi + 250 g zetmeel + 25 g suiker . . .	31.7	54.3

c. Door STOHMANN werden ook bij geiten verteringsdepressies gevonden:

Voeder	Verteringscoëfficiënten			
	Werkelijk eiwit	Vetachtige stoffen	Zetmeelachtige stoffen	Ruwe celstof
1500 g weidehooi	57.0	43.5	63.0	61.0
1300 g weidehooi + 200 g zetmeel.	50.0	39.0	60.0	53.5

d. Indien naast uitsluitend weidehooi suiker werd vervoederd, werden de volgende resultaten verkregen:

Voeder	Verteringscoëfficiënten			
	Werkelijk eiwit	Vetachtige stoffen	Zetmeelachtige stoffen	Ruwe celstof
1500 g weidehooi	57.0	43	62	55
1300 g weidehooi + 200 g suiker .	50.5	50	57	51

e. In HOHENHEIM werden ook bij varkens verteringsdepressies gevonden:

Dier	Voeder		Verteringscoëfficiënten			
No.	Gerstemeel (g)	Zetmeel (g)	Organische stof	Werkelijk eiwit	Vetachtige stoffen	Zetmeelachtige stoffen
1, 2	2466 resp. 1638		85.1	80.4	76.3	91.3
3, 4	1387 „ 1843	217 resp. 286	84.3	80.0	69.7	90.5
2, 4	1262 „ 1616	387 „ 496	81.6	69.6	61.7	90.2

Uit deze voorbeelden blijkt dus, dat ook zetmeel en suiker verteringsdepressies kunnen veroorzaken. Bij deze stoffen is moeilijk een sterkere afscheiding van stofwisselingsproducten door sterkere prikkeling aan te nemen, zoodat deze verklaring ook voor ruwecelstofrijke producten twijfelachtig wordt.

4. *Adsorptie door lignine*

Als vierde verklaring voor het genoemde verschijnsel zou kunnen worden genoemd adsorptie van eiwit door lignine, welke dan tezamen het lichaam zouden verlaten. GERRETSEN [1]) wijst er op,

[1]) GERRETSEN, Bodembacteriologie in dienst van land- en tuinbouw (1939), 102.

dat in de grond bestanddeelen van de humus, met name de lignine, met de eiwitstoffen verbindingen kunnen aangaan, die uiterst bestendig zijn en zeer moeilijk door microörganismen verder zijn te ontleden. Hiertegen kan worden aangevoerd, dat ook bij stijgende cellulosevoeding naast andere producten de daling der verteringscoëfficiënten van het eiwit plaats heeft. Voorts kan worden gewezen op de reeds genoemde onderzoekingen van TITUS (blz. 8) en ook op de proeven van WOODMAN (blz. 6); volgens de laatste daalde de verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen bij oudere stadia van gras, hoewel de verteringscoëfficiënt van de ruwe celstof bij de oudere stadia dezelfde bleef, dus practisch geen sterkere verhouting plaats had, wanneer het percentage ruwe celstof steeg.

5. *Het vastleggen als bacteriën eiwit*

Ten slotte kan als vijfde en voor alle gevallen opgaande verklaring worden genoemd het vastleggen van eiwit in bacteriënlichamen bij koolhydraatrijke voeding. Dergelijke rantsoenen geven aanleiding tot de ontwikkeling van een groot aantal bacteriën, voor de bouw waarvan veel eiwit noodig is, dat het lichaam, althans ten deele, verlaat (zie blz. 59).

Ter illustratie zullen hier nog eenige proeven worden vermeld, waaruit de verteringsdepressies zeer duidelijk blijken en waarbij de laatstgenoemde verklaring ons kan bevredigen.

MORGEN, BEGER, WAGNER, SCHÖLER, OHLMER en PLAUT [1]) voederden aan schapen naast bloedmeel eenerzijds hooi, anderzijds ontsloten stroo, welk laatste product vrijwel uitsluitend bestond uit celwandbestanddeelen. Zij verkregen o. m. de volgende uitkomsten met verschillende soorten bloedmeel:

Voeder	Verteringscoëfficiënten voor bloedmeel	
	Eiwitachtige stoffen	Werkelijk eiwit
Hooi + bloedmeel	82.8	82.3
„ + „	82.7	85.3
Ontsloten stroo + bloedmeel	47.1	52.4
„ „ + „	56.4	60.5
„ „ + „	54.9	64.7

Ook hier heeft dus een sterke achteruitgang van de verteerbaarheid van het eiwit plaats, terwijl er van een sterker insluiten in de cellen geen sprake is en het argument van moeilijker binnendringen van de verteringsfermenten door dikkere celwanden vervalt, evenals dat bij het onderzoek van TITUS het geval was. Dit is dus een indirecte steun van het resultaat van het microscopisch onderzoek.

Bij een andere proef voederden WAGNER en SCHÖLER [2]) aan rammen

[1]) MORGEN c. s., Landw. Versst. 92 (1919) 57.

[2]) WAGNER en SCHÖLER, Fühl. landw. Ztg. 68 (1919) 228.

naast hooi ontsloten stroo, dus een product met een zeer laag eiwitgehalte.

Zij vonden hierbij:

Voeder	Verteringscoëfficiënten	
	Eiwitachtige stoffen	Werkelijk eiwit
Hooi alleen	64.0	62.6
Hooi met ontsloten stroo	50.6	46.3

Ook hier dus weer een belangrijke depressie, hoewel van een dikkere celwand geen sprake is.

Verder wordt hier nog opgenomen een onderzoek van WOODMAN en CALTON [1]), waarbij de bacteriënkwestie ten aanzien van de faeces naar voren wordt gebracht.

Vergeleken werd de voederwaarde van esparcette-raaigras en gedroogde pulp. De samenstelling van deze voedermiddelen, berekend op de droge stof, was:

	Esparcette-raaigras (%)	Gedroogde pulp (%)
Eiwitachtige stoffen	11.78	9.88
Zetmeelachtige stoffen	44.62	65.69
Ruwe celstof	32.54	20.28
Asch	8.32	3.44

De verteringscoëfficiënten waren als volgt:

	Esparcette-raaigras	Gedroogde pulp
Droge stof	57.0	84.0
Organische stof	58.7	86.5
Eiwitachtige stoffen	56.4	59.4
Zetmeelachtige stoffen	64.1	92.0
Ruwe celstof	53.5	87.7

Uit deze gegevens blijkt, dat de ruwe celstof van esparcette-raaigras veel slechter werd verteerd dan die van de gedroogde pulp, terwijl het eiwit van het eerstgenoemde voeder slechts weinig minder goed werd verteerd dan dat van het laatste. Hoewel dus van de celwanden van de gedroogde pulp slechts weinig overbleef, werd het eiwit moeilijk aangetast, wat ook in strijd is met de theorie, dat de celwanden de vertering van de celinhoud tegengaan.

Naar aanleiding van bovengenoemde uitkomsten maakten de onderzoekers zelf opmerkzaam op de lage verteringscoëfficiënt van het eiwit van gedroogde pulp in vergelijking met die van de ruwe celstof en de zetmeelachtige stoffen.

Ter verklaring van dit verschijnsel brachten zij twee veronderstellingen naar voren, nl. *a*. Pulp in het rantsoen leidt misschien tot een versterkte afscheiding van metabolisch stikstofhoudend

[1]) WOODMAN en CALTON, Journ. agr. Sc. 18 (1928) 544.

materiaal in de faeces. *b*. Deze zal hier woordelijk worden overgenomen: „The beet pulp may exert a direct depressing influence in the following way. In the light of what has been written concerning the digestion of sugar beet pulp in the ruminant tract, it may be inferred, that this process is only brought about as a result of unusually intense bacterial activity in the rumen of animals. It is probable, therefore, that considerable amounts of the nitrogen in the rations are utilised for the purposes of bacterial development and are thereby transformed into less easily digested nitrogenous material. By such action, the digestibility of the protein of both hay and beet pulp would be depressed".

Tenslotte moet worden vermeld, als steun voor de vijfde verklaring, dat men bij bemestingsproeven en in de landbouwpraktijk overeenkomstige ervaringen heeft opgedaan. Ploegt men nl. gehakseld stroo onder, dan komen de stikstofmeststoffen slechts ten deele of geheel niet tot werking. Zoo vermeldt GERRETSEN [1]) een geval, waarbij 1 ton gehakseld stroo per acre (0.4 ha) voldoende was om de opbrengst aan stroo en korrel beneden de helft te reduceeren; bij 4 ton werd zelfs geen korrel meer opgebracht. Ook stroorijke stalmest kan oogstreductie tengevolge hebben. Men schrijft dit daaraan toe, dat de in de grond aanwezige en met de bemesting toegediende stikstof wordt vastgelegd in bacteriën en schimmels en, althans voorloopig, niet ter beschikking van de planten komt.

Bij de bemesting is deze vastlegging inderdaad te bewijzen; men heeft nl. geconstateerd, dat er onder bovengenoemde omstandigheden een vermeerdering van organische stikstof ten koste van anorganische stikstof plaats had.

Is dit in de grond reeds het geval, hoe veel sterker en sneller zal dan bacteriëngroei onder de gunstiger omstandigheden in het darmkanaal plaats kunnen hebben. Doch het bewijs is hier moeilijk met zekerheid te leveren, aangezien de stikstof in de faeces vrijwel geheel organisch is. Men zou hier de bacteriënmassa moeten bepalen, waarvoor men tot nu toe, zooals wij hebben gezien, geen juiste methode kent.

Het vorenstaande maakt het echter hoogstwaarschijnlijk, dat de verteringsdepressies van het eiwit in ruwe-celstofrijke rantsoenen een gevolg zijn van de vastlegging als bacteriëneiwit, welk eiwit afkomstig kan zijn van stofwisselingseiwit en voedereiwit. Aangezien een hoog ruwe-celstofgehalte als regel samengaat met een laag eiwitgehalte, zal deze z.g. vastlegging het sterkst tot uiting komen bij de ruwe-celstofrijke rantsoenen.

Hierbij kan verder nog worden gewezen op de proeven van MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER. Bij de varkens gaven de rantsoenen zonder ruwe celstof de kleinste hoeveelheden stofwisselingsstikstof in de faeces, die met veel ruwe celstof of zeer veel zetmeel

---

[1]) GERRETSEN, l. c., 62.

gaven de hoogste waarden. Bij het varken, dat op dezelfde wijze ruwecelstofrijk werd gevoederd als de hamels, werd bij deze diersoorten dezelfde hoeveelheid stofwisselingsstikstof in de faeces gevonden. De meest aannemelijke verklaring hiervoor is, volgens onze meening, dat dezelfde hoeveelheid bacteriënmassa wordt gevormd (blz. 59).

HOOFDSTUK XIII

EENIGE BEREKENINGEN EN BESCHOUWINGEN TER BEVESTIGING EN UITBREIDING VAN DE VERKREGEN RESULTATEN, OP GROND VAN VERTERINGSPROEVEN UIT DE LITERATUUR

1. *Regressie vos/os t. o. v. rc/os voor de voedermiddelen uit* KELLNER'S [1]) *tabellen*

Zooals reeds op blz. 9 werd medegedeeld, werd ook het verband tusschen het ruwe-celstofgehalte in de organische stof en de verteerbaarheid van de organische stof berekend. Van de reeds eerder genoemde 430 plantaardige voedermiddelen uit de tabellen van KELLNER werd dus bepaald de regressie van *vos/os* ten opzichte van *rc/os* (verteerbare organische stof in de organische stof, respectievelijk ruwe celstof in de organische stof).

Hiervoor werd gevonden:

$$y = -0.914\,(x - 24.9) + 65.9,$$

waarin $x = rc/os$ en $y = vos/os$.

Van de op lignine onderzochte voedermiddelen werd vervolgens becijferd hoe ver deze onder of boven de genoemde algemeene regressielijn liggen. Deze afwijkingen zijn opgenomen in de hier volgende staat:

	Voedermiddel	*vos/os* bepaald	*vos/os* berekend	Afwijking
1	Roggestroo	44.0	39.4	+ 4.6
2	Tarwestroo	42.4	42.6	— 0.2
3	Tarwezemelen	66.7	77.2	— 10.5
4	Lijnzaadkaf	34.3	43.6	— 9.3
5	Grondnotendoppen	16.6	26.9	— 10.3
6	Cacaodoppen	38.0	71.2	— 33.2
7	Koffiedoppen	10.6	24.0	— 13.4
8	Erwtenschillen	90.2	40.7	+ 49.5
9	Kastanjemeel	70.9	84.0	— 13.1
10	Boekweitdoppen	16.5	42.5	— 26.0
11	Serradellazaad	61.5	66.0	— 4.5

[1]) KELLNER-FINGERLING, l. c.

	Voedermiddel	*vos/os* bepaald	*vos/os* berekend	Afwijking
12	Lupinenzaad	85.8	76.5	+ 9.3
13	Rijstdoppen	17.2	42.5	— 25.3
14	Gerstdoppen	26.1	61.4	— 35.3
15	Haverdoppen	34.0	52.0	— 18.0
16	Gedroogde pulp	79.2	69.7	+ 9.5
17	Gierstdoppen	7.2	35.5	— 27.3
18	Moutkiemen	72.3	74.7	— 2.4
19	Katoenzaadschillen	44.9	44.8	+ 0.1

De standaardwaarde van de schommelingen van deze afwijkingen bedraagt 19.4.

Zooals op blz. 33 reeds werd medegedeeld, werden van de 19 voedermiddelen niet alleen de ligninegehalten bepaald, doch eveneens de kiezelzuurgehalten.

Het is nu de vraag in hoeverre de vermelde afwijkingen kunnen worden verklaard door *li/os* en *si/os* (lignine in de organische stof, respectievelijk kiezelzuur in de organische stof).

Daarvoor zijn berekend de enkelvoudige en de multiple regressies van deze afwijkingen ten opzichte van *li/os* en *si/os*.

Deze afwijkingen *w* noemende werden als uitkomsten verkregen:

w t. o. v. *li/os:*

$$w = -1.322\ (li - 13.23) - 8.2$$

De standaardafwijking van één waarneming bedraagt 16.2.

w t. o. v. *si/os:*

$$w = -1.783\ (si - 1.87) - 8.2$$

De standaardafwijking van één waarneming bedraagt 18.3.

w t. o. v. *li/os* en *si/os:*

$$w = -1.167\ (li - 13.23) - 1.176\ (si - 1.87) - 8.2$$

De standaardafwijking van één waarneming bedraagt 15.9.

Terwijl dus de schommelingen zonder rekening te houden met de lignine en het kiezelzuur bedragen 19.4, zijn deze met in rekening brengen van de lignine 16.2, met het kiezelzuur 18.3 en met lignine en kiezelzuur beide 15.9. Hieruit blijkt dus, dat de afwijkingen meer samenhangen met *li/os* dan met *si/os*.

Berekenen wij verder nog de middelbare fouten van de regressiecoëfficiënten uit de laatste formule, dan vinden wij: -1.167 ± 0.452 en -1.176 ± 0.891. De eerste kan als reëel beschouwd worden.

Brengt men dus naast *rc/os* ook nog *li/os* in rekening, dan geeft dit inderdaad eenig voordeel, ofschoon er nog aanmerkelijke schommelingen overblijven, wat in zekere mate ook mag worden verwacht, omdat de verteringscoëfficiënten en de lignine in *verschillende* monsters werden bepaald.

2. *Regressies vos/os t. c. v. rc/os en li/os voor de 19 op lignine onderzochte voedermiddelen*

Van de 19 op lignine onderzochte voedermiddelen werden de volgende regressieformules becijferd, waarin $z = vos/os$, $x = rc/os$ en $y = li/os$.

vos/os t. o. v. *rc/os:*

$$z = -0.899\ (x - 38.57) + 45.2$$

De standaardafwijking van één waarneming bedraagt 20.0.

vos/os t. o. v. *li/os:*

$$z = -2.760\ (y - 13.23) + 45.2$$

De standaardafwijking van één waarneming bedraagt 12.34.

vos/os t. o. v. *rc/os* en *li/os:*

$$z = -0.198\ (x - 38.57) - 2.449\ (y - 13.23) + 45.2$$

De standaardafwijking van één waarneming bedraagt 12.33.

Zonder correlatie bedraagt de standaardafwijking 26.6; met in rekening brengen van de ruwe celstof wordt de standaardafwijking 20.0, dus vrijwel overeenkomende met de waarde 19.4 onder *1*, met lignine 12.34, terwijl, indien men zoowel lignine als ruwe celstof in rekening brengt, de standaardafwijking 12.33 is, dus slechts weinig verschillend van die, welke wordt verkregen, als men alleen de lignine in rekening brengt.

De genoemde uitkomsten hebben betrekking op een zeer bepaalde keuze der voedermiddelen, zoodat men op grond van deze cijfers nog niet mag generaliseeren. Uitbreiding met andere voedermiddelen is gewenscht. De aanwijzingen zijn echter wel heel sterk, dat de lignine de beheerschende factor is.

3. *Correlaties tusschen eas/os en schijnbare, resp. ware verteringscoefficient van de eiwitachtige stoffen en tusschen rc/os en schijnbare, resp. ware verteringscoefficient van de eiwitachtige stoffen.*

Van 161 door DIJKSTRA en BROUWER [1]) uit de literatuur verzamelde, met gras genomen verteringsproeven, waarvan de benoodigde gegevens achter in dit werk zijn opgenomen (tabel 2), werd berekend de correlatie tusschen de eiwitachtige stoffen in de organische stof en de schijnbare verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen, dus met behulp van de verteringscoëfficiënten, zooals die door voederproeven werden gevonden. Als correlatiecoëfficiënt werd gevonden $r = +0.851$.

Berekent men nu de ware verteringscoëfficiënten van de eiwitachtige stoffen door aan te nemen, dat per 100 g opgenomen droge stof 2.5 g eiwit van darm- en kliersecreten in de mest terechtkomt, welk cijfer gebaseerd is op onderzoekingen van MORRIS en WRIGHT [2]),

[1]) DIJKSTRA en BROUWER, Versl. Landbk. Onderz. 45 (1939) 1.

[2]) MORRIS en WRIGHT, Journ. Dairy Res. 4 (1933) 177; 5 (1934) 1; 6 (1935) 289.

en berekent men de correlatiecoëfficiënt tusschen de eiwitachtige stoffen in de organische stof en de aldus berekende ware verteringscoëfficiënt, dan vindt men hiervoor $r = +0.454$. Hier is de correlatie dus gering.

Uit de lage correlatiecoëfficiënt $+0.454$ blijkt dus, dat de ware verteerbaarheid van het eiwit in het voeder bijna niet met het eiwitgehalte van het voeder variëert. Dit komt overeen met de waarnemingen bij het microscopisch onderzoek, waarbij bleek, dat er in de faeces practisch geen onverteerd eiwit werd gevonden.

De geringe correlatie tusschen de ware verteringscoëfficiënt en de eiwitachtige stoffen blijkt nog duidelijker uit de regressiecoëfficiënten. Wij kunnen dan de volgende regressievergelijkingen opstellen:

$$y = 1.162\,(x - 20.05) + 74.85$$
$$y' = 0.262\,(x - 20.05) + 90.11,$$

waarin x = het gehalte aan eiwitachtige stoffen in de organische stof van het voeder, y = de schijnbare en y' = de ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen.

Het verband tusschen de eiwitachtige stoffen in de organische stof van het voeder en de schijnbare verteringscoëfficiënt, respectievelijk de ware verteringscoëfficiënt blijkt ook duidelijk uit diagram 2.

Eveneens werden berekend de correlatiecoëfficiënten tusschen de ruwe celstof in de organische stof en de schijnbare, respectievelijk de ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen. Hiervoor werd gevonden $r = -0.687$, respectievelijk $r = -0.341$. De ware verteringscoëfficiënt variëert dus bijna niet met het ruwecelstofgehalte, d. w. z. dat de celwand bijna geen invloed heeft op de ware verteringscoëfficiënt, zooals ook op grond van het microscopisch onderzoek was gevonden.

Het verschil blijkt eveneens duidelijk uit de betreffende regressieformules, waarvoor wij vinden:

$$y = -1.002\,(x - 24.80) + 74.85$$
$$y' = -0.211\,(x - 24.80) + 90.11,$$

waarin x = het gehalte aan ruwe celstof in de organische stof van het voeder, y = de schijnbare en y' = de ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen van het voeder.

Het verband tusschen de ruwe celstof en de schijnbare, respectievelijk de ware verteringscoëfficiënt is ook neergelegd in diagram 3.

Men vraagt zich nu af, waarom er wèl een verband met de schijnbare verteringscoëfficiënt bestaat. Hieromtrent kan het volgende punt ons opheldering geven.

4. *Het berekenen van de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit door regressievergelijkingen*

Zooals op blz. 55 e. v. is gebleken heeft het niet aan pogingen ontbroken, de hoeveelheid eiwitachtige stoffen, die in de vorm van darm- en kliersecreten in de faeces terechtkomt, volgens chemische methoden te bepalen, doch deze leidden niet tot overeenstemmende resultaten. Het in het voorgaande gebruikte cijfer voor stofwisselingseiwit, nl. 2.5 g per 100 g opgenomen droge stof, is dan ook onzeker. Door ons werd nu getracht door berekening te komen tot vaststelling van deze hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit. Hierbij moet worden opgemerkt, dat eigenlijk onder metabolisch faecaal eiwit alleen het stofwisselingseiwit moet worden verstaan, dat met de faeces wordt uitgescheiden. Volgens onze op blz. 59 uiteengezette opvatting komt echter, behalve stofwisselingseiwit, ook een deel van het door de proteolytische fermenten omgezette voedereiwit als bacteriëneiwit in de faeces terecht. Voor de opzet onzer berekeningen maakt dit echter geen verschil. Hoewel dit in het algemeen niet juist is, zullen wij in het vervolg de benaming metabolisch faecaal eiwit gebruiken voor de som van het werkelijk metabolisch faecaal eiwit en het verteerde voedereiwit, dat in de faeces terechtkomt; slechts indien het rantsoen eiwitvrij is, zal het metabolisch faecaal eiwit inderdaad geheel afkomstig zijn van stofwisselingsproducten.

De gedachtengang bij onze berekeningen was als volgt: Wij veronderstellen: *1e* dat de verteringsdepressie van het eiwit tot zekere grenzen veroorzaakt wordt door het deponeeren van in bacteriën omgezet stofwisselings- en voedereiwit in de faeces en *2e* dat de hoeveelheid hiervan onafhankelijk is van het feit of eiwitachtige stoffen, dan wel andere organische stoffen worden opgenomen. Men zou dan deze hoeveelheid kunnen berekenen door na te gaan hoeveel men bij *veas/os* op moet tellen, opdat de depressie verdwijnt.

Veronderstellen wij b.v., dat er is opgenomen 100 g organische stof, waarin aanwezig is x g eas, dus $x = eas/os$; hiervan wordt verteerd y g eas, dus $y = veas/os$. De verteringscoëfficiënt is dus $c = 100 \frac{y}{x}$. Wij kunnen dan eerst berekenen de regressie *veas/os* t.o.v. *eas/os*, hetgeen voor de volgende gevallen werd uitgevoerd:

a. voor de reeds vermelde door DIJKSTRA en BROUWER [1]) uit de literatuur verzamelde verteringsproeven met *gras* (tabel 2).

b. voor 142 door BROUWER en DIJKSTRA [2]) verzamelde verteringsproeven met *hooi*, welke eveneens achter in dit werk zijn opgenomen (tabel 3).

---

[1]) DIJKSTRA, BROUWER, l. c.

[2]) BROUWER, DIJKSTRA, l. c.

c. voor de 430 *plantaardige voedermiddelen* uit KELLNER's [1]) tabellen (tabel 1).

Als regressieformules werden hiervoor achtereenvolgens gevonden:

a. $y = +0.939\,x - 3.46$ (gras)
b. $y = +0.837\,x - 3.13$ (hooi)
c. $y = +0.923\,x - 3.90$ (KELLNER's tabellen).

Zet men x en y in een diagram uit, dan snijdt de regressielijn de Y-as beneden de oorsprong O (fig. 1). Dit is de reden, waarom er verteringsdepressie intreedt. Immers bij kleiner worden van x wordt het quotiënt $\frac{y}{x}$ en dus ook de verteringscoëfficiënt $100\,\frac{y}{x}$ steeds kleiner, totdat hij tenslotte zelfs negatief wordt.

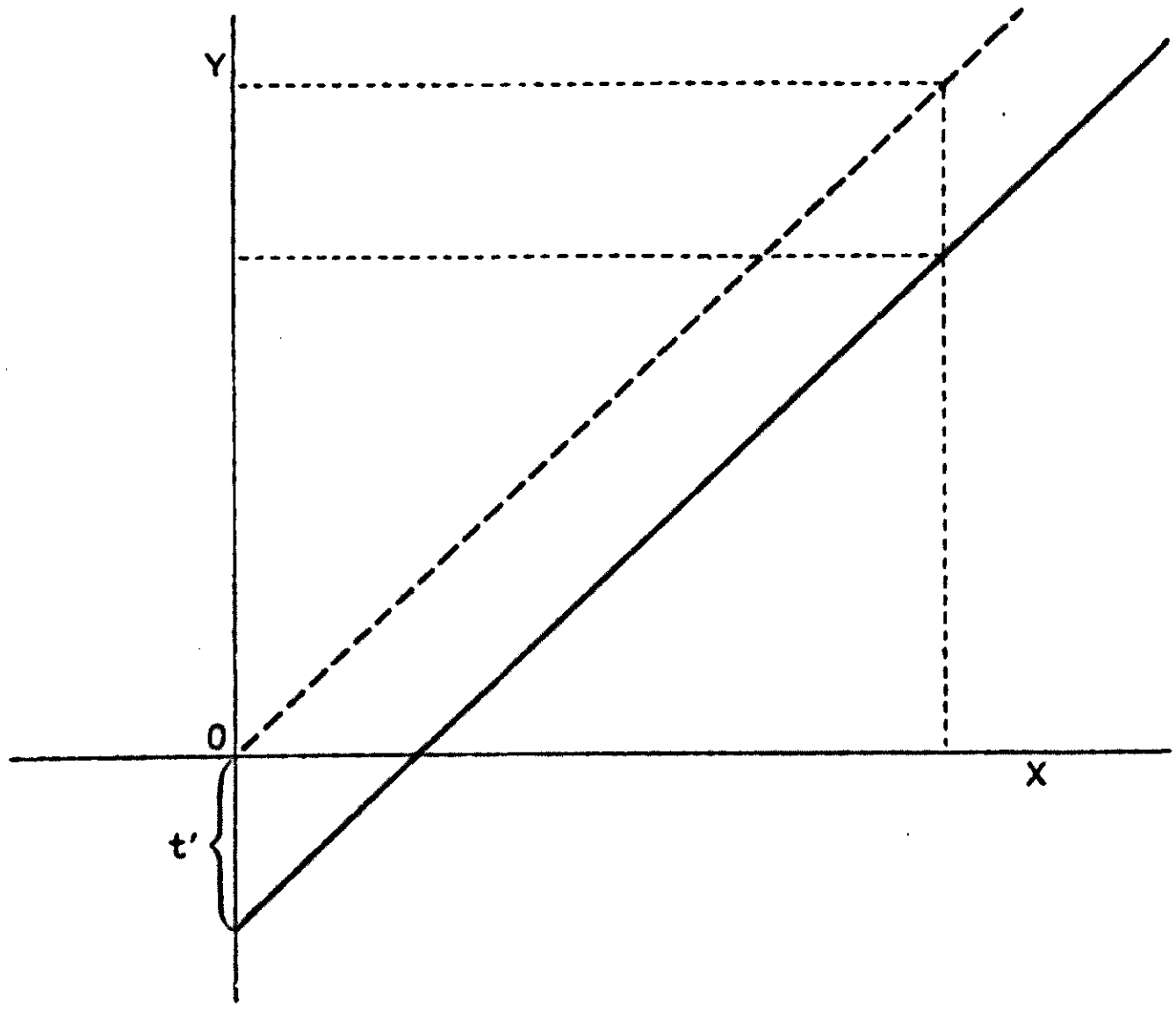

Fig. 1

Verschuift men nu de regressielijn naar boven tot zij door de oorsprong gaat, dan doet het bovengenoemde verschijnsel zich niet meer voor; $\frac{y}{x}$ (en $100\,\frac{y}{x}$) blijven constant langs de geheele lijn, m. a. w. de verteringsdepressie is opgeheven.

Het is dus zaak het stuk te kennen, waarover verschoven moet worden en dit is nu juist de constante term uit de afgeleide regressieformules *veas/os* t. o. v. *eas/os*. Stel dit stuk is t', dan krijgt men dus:

$$c' = 100\,\frac{y + t'}{x}.$$

[1]) KELLNER-FINGERLING, l. c.

Er moet dus bij de y iets opgeteld worden en tot deze conclusie was men blijkens de vorige hoofdstukken reeds lang gekomen, omdat niet y verteerd is, maar meer en wel zóóveel meer als de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit bedraagt.

Stel de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit bedraagt t'' g per 100 g opgenomen organische stof, dan is er in werkelijkheid verteerd $y + t''$, zoodat de verteringscoëfficiënt wordt:

$$c'' = 100 \frac{y + t''}{x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

De verteringsdepressie zal dus verdwijnen, indien $c'' = c'$ wordt; dit zal het geval zijn, wanneer $t'' = t'$.

De constante termen in de regressieformules op blz. 74 stellen dan de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit voor; zij komen goed met elkaar overeen en wisselen slechts van 3.1 tot 3.9.

Behalve voor de plantaardige voedermiddelen uit KELLNER's tabellen werd de regressieformule ook berekend voor de *dierlijke producten* daaruit (tabel 4). Hiervoor werd gevonden:

$$y = 0.853 \; x + 0.43.$$

De constante term is positief, zoodat de uitkomst schijnbaar niet overeenkomt met het voorgaande. Echter bleek, dat de middelbare fout van de constante term 3.84 bedraagt, zoodat de constante term luidt: 0.43 ± 3.84.

Uit deze groote middelbare fout volgt, dat de uitkomst geenszins in strijd is met de uitkomsten, welke uit het hooi, het gras en uit de tabellen van KELLNER werden becijferd, nl. 3.13—3.90.

KELLNER [1]) geeft een lagere waarde aan, nl. gemiddeld 0.4 g stikstof (= 2.5 g eiwit) per 100 g verteerde droge stof, dus nog lager voor 100 g opgenomen organische stof.

Zooals reeds is vermeld kwamen MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER [2]) bij hun proeven met schapen tot hoogere waarden; zij achtten 0.85 g stikstof (= 5.3 g eiwit) per 100 g verteerde organische stof de waarschijnlijkste waarde. Berekent men hieruit de waarde per 100 g opgenomen organische stof, dan vindt men hiervoor $\pm$ 4.0 g, wat vrijwel overeenkomt met de constante factor voor de voedermiddelen uit KELLNER's tabellen.

Indien men nu de ware verteringscoëfficiënten van de eiwitachtige stoffen van de serie onder 3 met een toeslag van 3.46 g eiwit per 100 g opgenomen organische stof berekent en vervolgens de correlatiecoëfficiënt tusschen de eiwitachtige stoffen in het voeder en de ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen, dan vindt men hiervoor inderdaad $r = \pm 0$. Men zou kunnen verwachten, dat een correlatiecoëfficiënt van precies nul zou moeten

---

[1]) KELLNER, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, Siebente Auflage (1916), blz. 34.

[2]) MORGEN, BEGER, WESTHAUSSER, l. c.

worden gevonden; om mathematische redenen kan men echter een kleine afwijking krijgen.

Voorts stelt, volgens de ontwikkelde theorie, de coëfficiënt van x in de regressieformules op blz. 74 de ware verteringscoëfficiënt voor, gedeeld door 100. Immers de formule (1) kan ook aldus geschreven worden:

$$y = \frac{c''}{100} x - t''.$$

Deze ware verteringscoëfficiënt zou dus $\pm$ 93 bedragen en is bij het gras practisch even hoog als bij de voedermiddelen van KELLNER's tabellen. Bij het hooi daarentegen is hij aanmerkelijk lager. De verteerbaarheid van het hooi-eiwit heeft bij het hooien en bewaren dus geleden, zooals trouwens aannemelijk is. Hieruit blijkt dus, dat de ware verteringscoëfficiënten van de eiwitachtige stoffen van alle voeders toch niet precies gelijk zijn.

Wij hebben nog de volgende kwestie onder oogen gezien: Bij de series voederproeven onder a en b werden resp. gras en hooi als uitsluitend voeder verstrekt, doch bij de serie onder c werd een deel der te onderzoeken voedermiddelen als toevoegsel toegediend. Wij moeten ons nu afvragen of de op deze wijze gevonden schijnbare verteringscoëfficiënten wel als de juiste mogen worden beschouwd. M. a. w.: zouden dezelfde schijnbare verteringscoëfficiënten zijn gevonden, indien de voedermiddelen als uitsluitend voeder waren gegeven? Van de beantwoording hiervan hangt het af, of de door KELLNER vermelde gegevens wèl of niet mogen worden gebruikt voor het berekenen van de regressieformule en van het metabolisch faecaal eiwit. Wij veronderstellen nu, dat de voedermiddelen bij gelijktijdige toediening geen invloed op elkaars verteerbaarheid uitoefenen. Verder stellen wij, dat wij voederen A gram organische stof van voeder A met a % eiwitachtige stoffen en f als ware verteringscoëfficiënt, dan is de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit (= C gram per 100 gram opgenomen organische stof) $\frac{AC}{100}$ gram en schijnbaar is er verteerd $\frac{Aaf}{100^2} - \frac{AC}{100}$ gram, zoodat de schijnbare verteringscoëfficiënt bedraagt: $100 \dfrac{\frac{Aaf}{100^2} - \frac{AC}{100}}{\frac{Aa}{100}} = f - \frac{100\,C}{a}$.

Beschouwen wij nu op dezelfde wijze voeder B met b % eiwitachtige stoffen en g als ware verteringscoëfficiënt, dan vinden wij voor de schijnbare verteringscoëfficiënt: $g - \frac{100\,C}{b}$.

Indien nu A en B samen worden gevoederd in hoeveelheden van A^1 en B^1 gram, dan is schijnbaar verteerd:

$$\frac{A^1af}{100^2} + \frac{B^1bg}{100^2} - \frac{(A^1 + B^1)\ C}{100} \text{ gram.}$$

A^1 bevat $\frac{A^1a}{100}$ gram eiwitachtige stoffen en hiervan is schijnbaar verteerd:

$$\frac{A^1a}{100} \times \frac{f - \frac{100\ C}{a}}{100} = \frac{A^1a\,f}{100^2} - \frac{A^1C}{100} \text{ gram.}$$

Trekt men dit van de zooeven berekende som af, dan krijgt men $\frac{B^1bg}{100^2} - \frac{B^1C}{100}$ gram, zoodat de schijnbare verteringscoëfficiënt van B

wordt: $100\ \dfrac{\frac{B^1bg}{100^2} - \frac{B^1C}{100}}{\frac{B^1b}{100}} = g - 100\ \frac{C}{b}$, dus hetzelfde als zooeven.

Aldus wordt dezelfde schijnbare verteringscoëfficiënt gevonden als bij toediening als uitsluitend voeder, zoodat er geen bezwaar is de gegevens uit de tabellen van KELLNER te gebruiken voor het berekenen van de regressieformule, althans indien aan de gemaakte veronderstellingen is voldaan.

Verder werd nagegaan de multiple regressie *veas/os* t. o. v. *eas/os* en *rc/os* (= z) voor bovengenoemde series. Hiervoor werd achtereenvolgens gevonden:

a. $y = 0.946\,x + 0.010\,z - 3.83$ (gras)
b. $y = 0.829\,x - 0.032\,z - 1.90$ (hooi)
c. $y = 0.905\,x - 0.040\,z - 2.58$ (KELLNER's tabellen).

De gevonden coëfficiënten voor de ruwe celstof verschillen zeer weinig van nul, waaruit volgt, dat de constante term in de formules op blz. 74 bij celstofrijk en celstofarm materiaal niet zeer verschillend is. Volgens de ontwikkelde theorie stelt de constante term de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit voor, zoodat wij kunnen zeggen, dat deze hoeveelheid eiwit bij de vertering van celstofarm materiaal ongeveer even groot is als bij celstofrijk materiaal. Nemen wij b.v. voor z eens de waarden 10 en 30, dan vinden wij achtereenvolgens bij berekening uit de 3 formules:

	voor 10	voor 30
a.	$y = 0.946\,x - 3.73$	$y = 0.946\,x - 3.53$
b.	$y = 0.829\,x - 2.20$	$y = 0.829\,x - 2.86$
c.	$y = 0.905\,x - 2.98$	$y = 0.905\,x - 3.78$

De uitkomst van deze berekeningen gaf dus een volkomen be-

vestiging van het resultaat, waartoe wij reeds in Hoofdstuk IX bij het microscopisch onderzoek waren gekomen, nl. dat de celwand practisch geen invloed heeft op de verteerbaarheid van de celinhoud, althans wat de eiwitachtige stoffen betreft.

Aan het voorgaande kunnen nu de volgende beschouwingen worden vastgeknoopt:

Volgens de onderzoekingen van MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER met hamels is de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit vrijwel niet afhankelijk van het ruwe-celstofgehalte van het rantsoen, wat ook volgde uit de door ons afgeleide regressieformules.

AXELSSON [1]) kwam op grond van zijn statistische onderzoekingen tot een overeenkomstig resultaat. Hij vond, dat bij paarden het ruwe-celstofgehalte van het rantsoen geen invloed heeft op de hoeveelheid in de faeces uitgescheiden eiwit, berekend per kg opgenomen droge stof. Bij de herkauwers nam de hoeveelheid eiwit in de faeces een weinig af (0.07 g per % ruwe celstof), doch dit was onbeteekenend, terwijl wij in aanmerking moeten nemen, dat met een stijgend ruwe-celstofgehalte het eiwitgehalte van de rantsoenen daalde; deze daling heeft vermindering van de in de faeces uitgescheiden hoeveelheid eiwit tengevolge. Ook bij de herkauwers mogen we dus op grond hiervan wel aannemen, dat de ruwe celstof in het rantsoen practisch geen invloed heeft op de hoeveelheid in de faeces uitgescheiden eiwit.

Zooals uit de door ons afgeleide regressieformules op blz. 74 blijkt, stijgt de hoeveelheid eiwit in de faeces met het eiwitgehalte van het rantsoen. Ook AXELSSON vond dit langs statistische weg; dit was zoowel bij de paarden en de herkauwers als bij de varkens het geval.

Voor de herkauwers (schapen, runderen en geiten) stelde AXELSSON de volgende vergelijking op:

$$y = 34.0 + 0.073\,x,$$

waarin x = het aantal grammen eiwit per kg droge stof van het voeder en

y = het aantal grammen eiwit in de faeces per kg opgenomen droge stof.

Met de faeces ging dus minstens 34.0 g eiwit per kg opgenomen droge stof verloren. Rekenen we deze constante term om op 100 g opgenomen organische stof, dan vinden we $\pm$ 3.8 g, wat goed overeenkomt met de door ons uit de tabellen van KELLNER berekende constante term. Ook de coëfficiënten van x in onze regressieformules op blz. 74 en die van AXELSSON staan met elkaar in verband; onze coëfficiënt van x moet nl. tezamen met die van AXELSSON het getal 100 geven, wat practisch inderdaad het geval is bij de regressieformules a en c.

---

[1]) AXELSSON, Tierernährung 13 (1941) 397, 413; 14 (1942) 212.

Volgens een andere berekening was AXELSSON dus tot dezelfde uitkomst gekomen als wij; zijn onderzoekingen hadden evenwel niet het verklaren van de verteringsdepressie ten doel.

Uit de op blz. 74 afgeleide formules volgt dus, dat een constante hoeveelheid eiwit per 100 g opgenomen organische stof, vermeerderd met een constant percentage van het voedereiwit, in de faeces wordt uitgescheiden; op de hoeveelheid eiwit in de faeces heeft het ruwe-celstofgehalte geen invloed. Zóó is het bij de herkauwers, doch bij de varkens werden andere uitkomsten verkregen. Zooals reeds werd medegedeeld (blz. 58) vonden MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER, dat de hoeveelheid stofwisselingseiwit in de faeces bij de varkens kleiner is dan bij de hamels; de ruwe-celstofvrije rantsoenen gaven bij varkens de laagste uitkomsten, die met veel ruwe celstof en zeer veel zetmeel de hoogste. De hoeveelheid stofwisselingseiwit werd ongeveer gelijk gevonden bij deze twee diersoorten, indien ze op dezelfde wijze ruwe-celstofrijk werden gevoederd. Hierbij moet evenwel worden vermeld, dat het varken van nature niet geschikt is voor dergelijke ruwe-celstofrijke rantsoenen, welke dan ook bij de practische voeding der varkens niet worden toegepast.

Langs statistische weg kwam AXELSSON tot een dergelijk resultaat. Deze onderzoeker vond eveneens, dat bij het varken het ruwe-celstofgehalte van het rantsoen wèl invloed heeft op de hoeveelheid in de faeces uitgescheiden eiwit; deze hoeveelheid steeg met het ruwe-celstofgehalte van het voeder.

Volgens de afgeleide regressieformules echter heeft het ruwe-celstofgehalte van het voeder bij herkauwers practisch geen invloed op de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit. Waarschijnlijk moeten wij het ons zóó voorstellen, dat de ruwe celstof geen invloed meer heeft, zoodra het percentage daarvan in het rantsoen een bepaalde grens overschrijdt. Deze grens zal bij de rantsoenen voor de herkauwers vermoedelijk steeds overschreden worden, waardoor MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER een constante hoeveelheid stofwisselingseiwit in de faeces van hamels vonden, terwijl bij het varken deze grens slechts onder voor deze diersoort abnormale omstandigheden wordt bereikt. Wordt deze grens inderdaad bereikt, wat blijkbaar bij de proeven van MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER het geval was bij varken I, gevoerd met veel stroostof, dan is de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit ongeveer gelijk aan die bij hamels, welke hoeveelheid goed overeenkomt met de door ons uit de tabellen van KELLNER berekende waarde.

Aldus is het ook te verklaren, dat bij de voorgaande berekeningen een constante hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit werd gevonden, waarop de ruwe celstof van het voeder slechts zeer weinig invloed heeft, aangezien het daarvoor gebruikte cijfermateriaal betrekking had op herkauwers.

5. *Het verband tusschen de samenstelling van het voeder en die van de faeces*

Voorts werd nagegaan het verband tusschen de samenstelling van het voeder en de samenstelling van de faeces.

Voor de onder *3* genoemde serie werd berekend het gehalte aan eiwitachtige stoffen in de organische stof van de faeces; deze gehalten zijn ook in de betreffende tabel opgenomen (tabel 2).

Het is opvallend, dat een hooger gehalte aan *eas/os* in het voeder samengaat met een hooger gehalte aan *eas/os* in de faeces, terwijl een hooger gehalte aan *rc/os* in het voeder samengaat met een lager gehalte aan *eas/os* in de faeces. Dit komt tot uiting in diagram 4.

Berekent men de correlatiecoëfficiënt tusschen de *eas/os* in het voeder en de *eas/os* in de faeces, dan vindt men hiervoor $r = +0.828$, dus een tamelijk sterke positieve correlatie. Berekent men de correlatiecoëfficiënt tusschen de *rc/os* van het voeder en de *eas/os* van de faeces, dan vindt men hiervoor $r = -0.808$, dus een tamelijk sterke negatieve correlatie.

Als regressievergelijking werd gevonden:

$$z = 0.440\,(x - 20.05) - 0.373\,(y - 24.80) + 20.79,$$

waarin $x = eas/os$ in het voeder, $y = rc/os$ in het voeder en $z = eas/os$ in de faeces.

Uit de vergelijkingen op blz. 74 volgde ook reeds, dat een hooger eiwitgehalte van het voeder uitscheiding van meer eiwit in de faeces tengevolge heeft; dit bleek eveneens uit de statistische onderzoekingen van AXELSSON.

Tusschen het ruwe-celstofgehalte van het voeder en het eiwitgehalte van de faeces werd evenwel een negatieve correlatie gevonden, terwijl volgens AXELSSON bij herkauwers en paarden het ruwe-celstofgehalte van het rantsoen geen invloed heeft op de hoeveelheid uitgescheiden eiwit. Deze uitkomsten zijn niet met elkaar in strijd; AXELSSON drukte nl. de hoeveelheid in de faeces uitgescheiden eiwit uit in grammen per kg opgenomen droge stof, terwijl door ons het eiwitgehalte van de faeces werd uitgedrukt in procenten van de organische stof van de faeces.

De door ons gevonden negatieve invloed van de ruwe celstof kan nu aldus worden verklaard, dat in het algemeen een hooger ruwe-celstofgehalte van het voeder samengaat met uitscheiding van meer ruwe celstof in de faeces, wat zal leiden tot een sterkere verdunning, dus tot een lager percentage eiwit in de faeces. Bovendien moeten wij in aanmerking nemen, dat een hooger ruwe-celstofgehalte van het voeder in het algemeen samengaat met een lager eiwitgehalte, wat uitscheiding van minder eiwit in de faeces tengevolge heeft.

HOOFDSTUK XIV

DE INVLOED VAN LOOIZUUR OP DE VERTEERBAARHEID VAN HET EIWIT

1. *Literatuur*

In het voorgaande werd veel aandacht geschonken aan de invloed van de celwand op de verteerbaarheid van het eiwit. In de literatuur wordt vermeld, dat ook looizuur de verteerbaarheid van het eiwit verlaagt. Enkele gegevens hierover zullen hier worden vermeld.

MAYER en VAN PESCH [1]) bepaalden in verschillende weideplanten en varens het looizuurgehalte. Zij vermeldden de volgende uitkomsten:

Fransch raaigras	0.1 %	Eikvaren (Polypodium)	2.0 %
Carex hirta	0.6 %	dito , jonge veeren	2.7 %
Scirpus	0.7 %	Boschvaren (Aspidium)	1.1 %
Mos	0.03 %		

Hieruit ziet men, dat er groote verschillen voorkomen; de onderzoekers wezen er op, dat deze verschillen zeer goed van practische beteekenis kunnen zijn. Als een der hoofdoorzaken van de minderwaardigheid van de zoogenaamde zure grassen beschouwen zij het vrij hooge looizuurgehalte. Voorts wezen zij er op, dat wikkenzaden wegens hun looizuurgehalte geheel onbruikbaar als voeder voor melkvee zijn, doch zij vermeldden hiervan geen gehalte.

De onderzoekers trachtten de invloed van het looizuur na te gaan door kunstmatige verteringsproeven, nl. door aan lijnkoek verschillende hoeveelheden looizuur toe te voegen en daarna de verteerbaarheid van het eiwit te bepalen volgens STUTZER (met pepsine-HCl). Er werden evenwel geen aanmerkelijke verschillen gevonden, doch, zooals de onderzoekers zelf opmerkten, beantwoordden de proeven de vraag omtrent de verteerbaarheid in het dierlijk lichaam niet volkomen; volgens hen heeft waarschijnlijk het looizuur een samentrekkende werking op de spijsverteringsklieren en zoodoende een indirecte invloed op de spijsvertering.

Een belangrijk onderzoek is hieromtrent verricht door SPIRO [2]). Hij deed 6 proeven met 4 honden, welke gedurende 6—9 dagen 8—10 g van een tanninepreparaat werd gegeven. Hij kwam tot het resultaat, dat door het tanninepreparaat de stikstof- en koolstofuitscheiding in de urine afnam en in de faeces toenam. Verteringscoëfficiënten voor het eiwit met en zonder looizuur werden niet bepaald.

---

[1]) MAYER en VAN PESCH, Landbk. Tijdschr. (1893) 180.

[2]) SPIRO, Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol., Suppl. (1908) 504.

Ook ENGELS [1]) vermeldde, dat looizuur een nadeelige invloed heeft op de verteerbaarheid van het eiwit; proeven met dieren werden door hem echter niet genomen. Hij onderzocht de in Mei en October geoogste bladeren en twijgen en voorts het rijs van 12 boomsoorten op looizuur en vond hiervoor de volgende, op de droge stof omgerekende gehalten (in %):

		Half Mei geoogst			Half October geoogst		
		Bladeren	Twijgen	Rijs	Bladeren	Twijgen	Rijs
1	Zwarte els . .	1.85	1.45	1.60	2.84	2.65	2.79
2	Hazelaar . . .	1.15	0.85	1.00	2.70	2.54	2.62
3	Eik	2.25	1.30	1.72	3.95	2.00	3.33
4	Beuk	2.00	1.55	1.73	4.22	2.92	3.52
5	Acacia . . .	0.50	0.46	0.48	1.05	2.65	1.28
6	Linde	0.50	0.45	0.47	2.31	0.90	1.62
7	Wilde kastanje	0.55	0.75	0.58	1.00	—	—
8	Populier . . .	0.70	0.60	0.66	1.45	1.35	1.40
9	Wilg	0.75	0.80	0.78	1.65	2.14	1.86
10	Berk	0.95	0.75	0.84	1.26	2.10	1.66
11	Esch	0.85	0.72	0.83	1.40	2.00	1.43
12	Eschdoorn . .	1.85	0.70	1.82	3.05	2.05	2.72

2. *Eigen onderzoekingen*

Uit de vermelde literatuur blijkt niet hoe hoog het percentage looizuur in het voeder is, waarbij een duidelijke vermindering van de verteerbaarheid van het eiwit intreedt. Om hieromtrent eenig oordeel te krijgen, werd een tweetal proeven genomen met een cavia.

Proef 1

De cavia werd gevoederd met 30 g gedroogd gras en 10 mg ascorbinezuur per dag, waaraan in de hoofdperiode 5 % *looizuur* werd toegevoegd. De dagelijks geproduceerde mest werd gedurende voor-, hoofd- en naperiode gewogen als luchtdroge stof, zooals blijkt uit de volgende staat:

Voorperiode		Hoofdperiode		Naperiode	
10/11 Febr.	13.56 g	28/29 Febr.	16.18 g	14/15 Mrt	13.85 g
11/12 „	12.32 „	29 Febr./1 Mrt	15.30 „	15/16 „	13.54 „
12/13 „	12.11 „	1/2 Maart	14.50 „	16/17 „	12.14 „
13/14 „	12.15 „	2/3 „	14.91 „	17/18 „	14.72 „
14/15 „	11.75 „	3/4 „	14.69 „	18/19 „	12.89 „
15/16 „	12.99 „	4/5 „	14.67 „	19/20 „	13.09 „
16/17 „	13.60 „	5/6 „	14.74 „	20/21 „	13.94 „
17/18 „	11.93 „	6/7 „	14.59	21/22 „	13.67 „
18/19 „	14.10 „	7/8 „	14.46 „	22/23 „	13.74 „
19/20 „	11.37 „	8/9 „	15.07 „	23/24 „	13.21 „

[1]) ENGELS, Landw. Versst. 97 (1921) 293.

De volgende tabel bevat de resultaten der analysen en berekeningen:

	Faeces			Voeder
	Voor-periode 10—20 Febr. 1944	Hoofd-periode 28 Febr.—9 Mrt 1944	Naperiode 14—24 Mrt 1944	
Geproduceerde luchtdroge stof in g	125.9	149.1	134.8	
Droge-stofgehalte in luchtdroge stof (%)	92.54	92.11	91.74	94.02
Geproduceerde ds in g	116.5	137.3	123.7	
Gehalte aan eas (%) in luchtdroge stof	13.07	15.56	12.93	12.23
Verteringscoëfficiënt eas	57.9	36.7	52.5	
Asch (%) in luchtdroge stof	18.65	16.92	18.87	12.72
Organische stof (%) in luchtdroge stof	73.89	75.19	72.87	81.30
Verteringscoëfficiënt organische stof .	61.9	56.6(60.2)	59.7	
Gehalte aan werkelijk eiwit (%) in luchtdroge stof	11.1	15.5	10.7	11.4
Verteringscoëfficiënt werkelijk eiwit .	59.1	32.4	57.8	

Hieruit blijkt, dat de verteerbaarheid van de eiwitachtige stoffen door toevoeging van het looizuur sterk was achteruitgegaan; de hoeveelheid geproduceerde faeces was grooter en het eiwitgehalte daarin was hooger. Het verschil tusschen vóór- en naperiode was aan de hooge kant.

De ligninegehalten waren als volgt: gedroogd gras 4.94 %, faeces voorperiode 7.87 %, hoofdperiode 7.94 % en naperiode 7.95 %. Berekent men de verteringscoëfficiënten van de lignine, dan vindt men achtereenvolgens voor voor-, hoofd- en naperiode 33.2, 20.1 en 27.7.

Voor de berekening van de verteringscoëfficiënt van de organische stof in de hoofdperiode doet zich de moeilijkheid voor, dat niet bekend is, wat er met het looizuur in het dierlijk lichaam gebeurt. Voeren wij de berekening op de gewone wijze uit, aannemende, dat het looizuur voor 100 % uit organische stof bestaat, dan vinden wij als verteringscoëfficiënt van de organische stof 56.6. Nemen wij evenwel aan, dat het looizuur geheel onverteerbaar is en berekenen wij dàn de verteringscoëfficiënt van de organische stof van het gedroogd gras, dan vinden wij hiervoor 60.2.

Het *microscopisch* onderzoek van voeder en mest leverde de volgende resultaten op: Het gedroogd gras gaf een zwakke ligninereactie met phloroglucine en zoutzuur, een tamelijk sterke cellulosereactie met joodjoodkalium en zwavelzuur en een tamelijk sterke Berlijnsch-blauwreactie.

De reacties in de faeces van voor-, hoofd- en naperiode vertoonden weinig verschillen, nl. een matige ligninereactie, een tamelijk sterke cellulosereactie en een tamelijk sterke Berlijnsch-blauwreactie van het geheel. In de cellen was deze laatste reactie bij de faeces van voor- en naperiode zwak of zeer zwak; naar schatting was zij in de cellen in de hoofdperiode iets sterker.

Ook bij deze proef bleek dus weer, dat zonder bijvoedering van looizuur geen of zeer weinig eiwit in de cellen achterblijft, dat dus het eiwit in de cellen practisch geheel wordt aangetast. Er waren evenwel aanwijzingen, dat er eenig eiwit in de cellen achterblijft, indien wèl looizuur werd verstrekt.

Proef 2

De cavia werd gevoederd met 40 g gedroogd gras + 10 mg ascorbinezuur. In de hoofdperiode werd daarbij 1 g *tannine* extra gegeven; dit is $2^1/_2$ %, dus half zooveel als bij de eerste proef.

De dagelijksche mestproducties, berekend als luchtdroge stof, zijn in de volgende staat opgenomen:

Voorperiode		Hoofdperiode		Naperiode	
6/ 7 Juni	14.48 g	19/20 Juni	17.40 g	3/ 4 Juli	17.60 g
7/ 8 „	13.82 „	20/21 „	17.34 „	4/ 5 „	14.78 „
8/ 9 „	14.88 „	21/22 „	16.89 „	5/ 6 „	16.28 „
9/10 „	14.87 „	22/23 „	16.31 „	6/ 7 „	15.61 „
10/11 „	16.68 „	23/24 „	16.77 „	7/ 8 „	16.64 „
11/12 „	16.28 „	24/25 „	18.00 „	8/ 9 „	13.75 „
12/13 „	17.27 „	25/26 „	17.06 „	9/10 „	16.06 „
		26/27 „	18.07 „		

De resultaten der analysen en berekeningen blijken uit de volgende tabel:

	Faeces			Voeder
	Voor-periode 6—13 Juni 1944	Hoofd-periode 19—27 Juni 1944	Naperiode 3—10 Juli 1944	
Geproduceerde luchtdroge stof per dag in g	15.47	17.23	15.82	
Droge-stofgehalte in luchtdroge stof (%)	90.03	90.01	89.93	87.75
Geproduceerde ds per dag in g . . .	13.92	15.51	14.23	
Gehalte aan eas (%) in luchtdroge stof	13.61	17.11	13.78	12.40
Verteringscoëfficiënt eas	57.5	40.6	56.0	
Asch (%) in luchtdroge stof	14.80	13.68	15.14	10.40
Organische stof (%) in luchtdroge stof	75.23	76.33	74.79	77.35
Verteringscoëfficiënt organische stof .	62.4	58.8(60.7)	61.8	
Gehalte aan werkelijk eiwit (%) in luchtdroge stof	11.8	15.4	11.8	11.6
Verteringscoëfficiënt werkelijk eiwit .	60.7	42.8	59.8	

Hieruit blijkt weer, dat in de hoofdperiode de hoeveelheid faeces grooter was; het eiwitgehalte hiervan was eveneens hooger; de verteerbaarheid van de eiwitachtige stoffen was door het looizuur sterk achteruitgegaan, doch iets minder sterk dan bij de eerste proef.

De verteringscoëfficiënt van de organische stof in de hoofdperiode is wederom op twee wijzen berekend, nl.: *1e.* op de gewone wijze en *2e.* aannemende, dat het looizuur onveranderd wordt uit-

gescheiden. Als verteringscoëfficiënten worden dan respectievelijk gevonden 58.8 en 60.7.

Het *microscopisch* onderzoek van voeder en faeces leverde de volgende uitkomsten op: Het gedroogd gras gaf een zwakke lignine-reactie, een tamelijk sterke cellulosereactie en een tamelijk sterke Berlijnsch-blauwreactie.

De reacties in de faeces van voor-, hoofd- en naperiode vertoonden slechts weinig verschillen, nl. een matige ligninereactie, een vrij sterke cellulosereactie en een tamelijk sterke Berlijnsch-blauw-reactie van het geheel. In de cellen was de Berlijnsch-blauwreactie bij de faeces van voor- en naperiode zwak of zeer zwak; in de cellen van de faeces van de hoofdperiode was deze reactie naar schatting iets sterker dan in voor- en naperiode.

De resultaten van de eerste tannineproef werden dus door de tweede bevestigd.

Wij kunnen thans de vraag stellen, hoe de verteringsdepressie van het eiwit door het looizuur kan worden verklaard. Hierbij kunnen wij denken aan:

1. verminderde afscheiding van kliersecreten en de daarin voorkomende enzymen;

2. beschadiging van de enzymen door de tannine, b.v. door het aangaan van onwerkzame verbindingen;

3. vorming van onverteerbare verbindingen van tannine met de voedereiwitten;

4. vertraagde resorptie van de ontledingsproducten van de eiwitten.

Teneinde hierin een inzicht te krijgen, werden van het opgenomen voeder en de faeces ook de gehalten aan werkelijk eiwit bepaald, welke eveneens in de betreffende tabellen werden opgenomen (blz. 83 en 84). Indien een vertraagde resorptie van de ontledings-producten van de eiwitten plaats heeft, dan zouden de faeces van de proeven met looizuur meer amiden moeten bevatten dan in de gevallen, waar géén looizuur was gegeven. Uit de analysecijfers blijkt evenwel, dat dit niet het geval is, zoodat naar onze meening de onder *4* genoemde verklaring vervalt. Welke van de drie andere mogelijkheden wèl de juiste verklaring voor het bedoelde verschijnsel is, is uit de beschikbare gegevens niet op te maken.

Het was voor ons verder de vraag of uit de voorgaande looizuur-proeven practische gevolgtrekkingen kunnen worden gemaakt.

Van sommige voedermiddelen is bekend, dat zij looizuur bevatten. Zoo vermeldt POTT [1]), dat wondklaver, Johannisbrood, eikels en kastanjes een looizuurgehalte van beteekenis hebben; MAYER en VAN PESCH maken melding van het voorkomen van looizuur in

[1]) POTT, Die landwirtschaftlichen Futtermittel (1889), blz. 211, 440, 452 en 454.

wikkenzaden. Ook in loof en rijs van verschillende boomsoorten komt looizuur voor, zooals blijkt uit de tabel op blz. 82.

Van deze voedermiddelen, die in de tabellen van KELLNER (tabel 1) voorkomen, werd met de regressieformule *c* op blz. 74 berekend, hoeveel *veas/os* met het gehalte aan *eas/os* overeenkomt; daarna werden de afwijkingen van de regressielijn becijferd. De volgende uitkomsten werden verkregen:

Voedermiddel	eas/os	veas/os bepaald	veas/os berekend	Afwijking
Eikels	6.8	5.5	2.4	+ 3.1
Kastanjes	8.7	5.3	4.1	+ 1.2
Wondklaver	14.4	8.4	9.4	— 1.0
Johannisbrood	7.0	2.4	2.6	— 0.2
Wikkenzaden	31.1	27.4	24.8	+ 2.6
Berkenloof, Augustus	18.2	11.1	12.9	— 1.8
Beukenloof, Augustus en September	17.3	10.5	12.1	— 1.6
Rijs in de winter	6.3	2.9	1.9	+ 1.0
Rijs in het voorjaar	3.8	1.8	— 0.4	+ 2.2
Rijs van populier	8.2	3.1	3.7	— 0.6

Eenige lijn is bij deze afwijkingen niet te bespeuren. Wij moeten hierbij evenwel in aanmerking nemen, dat de gegevens betrekking hebben op voedermiddelen, waarvan wij niet met zekerheid weten, dat zij werkelijk een aanmerkelijke hoeveelheid looizuur hebben bevat. Het is nl. mogelijk, dat het looizuurgehalte van een product aan groote schommelingen onderhevig is, doch hiervan is niets bekend. Van de voedermiddelen in de genoemde publicatie van ENGELS waren de looizuurgehalten wèl bekend, doch de onderzoeker bepaalde de verteringscoëfficiënten met pepsine-zoutzuur, zoodat de uitkomsten voor ons doel niet bruikbaar zijn. In het algemeen geven de aldus verkregen verteringscoëfficiënten iets hoogere uitkomsten dan de dierproef, doch bij looizuurhoudende voedermiddelen kan dit verband wel anders zijn. Ondanks genoemd bezwaar werd ook voor de voedermiddelen uit de publicatie van ENGELS berekend, hoeveel de met pepsine-zoutzuur bepaalde *veas/os* van de regressielijn afweken, waarbij werd gevonden, dat deze in het algemeen onder de regressielijn lagen. Hieruit zou hoogstens een aanwijzing mogen worden gezien, dat, in tegenstelling met de opvatting van MAYER en VAN PESCH, het looizuur wèl een nadeelige invloed op de pepsinevertering uitoefent, doch verder zullen wij met onze conclusie niet mogen gaan.

Vorenstaand onderzoek is voor ruime uitbreiding vatbaar; zoo ware het wenschelijk de proef met herkauwers te herhalen, doch tengevolge van de schaarschte aan tannine door de oorlogsomstandigheden was dat niet mogelijk. Ook de vragen, hoe het staat met het looizuurgehalte van de gebruikelijke voedermiddelen, hoe het gehalte kan worden bepaald, welke de juiste verklaring is voor de

verteringsdepressie en wat er met het looizuur in het dierlijk lichaam gebeurt, moeten onbeantwoord worden gelaten.

Uit het vorenstaande kwam echter duidelijk naar voren, dat er stoffen als celbestanddeelen kunnen voorkomen, welke een verteringsdepressie op de eiwitachtige stoffen uitoefenen.

SAMENVATTING

Het doel van het hiervóór beschreven onderzoek was de factoren na te gaan, die invloed uitoefenen op de verteringscoëfficiënten, terwijl in het bijzonder aandacht werd geschonken aan de invloed van de celwand.

De verteringscoëfficiënten, welke men in de gebruikelijke tabellen vindt, zijn verkregen door dierproeven. Verstaat men onder verteren alle processen, waardoor de in het voedermiddel aanwezige bestanddeelen geschikt worden gemaakt om in de bloedbaan opgenomen te worden, dan worden door de dierproeven geen juiste uitkomsten gevonden; voor het eiwit vindt men te lage, voor de ruwe celstof te hooge uitkomsten. Voor het eiwit maakt men daarom gebruik van de begrippen schijnbare en ware verteringscoëfficiënt. De ware verteringscoëfficiënt wordt uit de schijnbare afgeleid door aan te nemen, dat een bepaalde hoeveelheid eiwit in de faeces afkomstig is van stofwisselingsproducten en deze hoeveelheid bij het verteerde eiwit te rekenen.

In hoofdzaak werd gebruik gemaakt van de verteringscoëfficiënten, voorkomende in de tabellen van KELLNER. De oorzaken, waardoor deze in zoo sterke mate uiteenloopen, kunnen, voor zoover deze voor ons onderzoek van belang waren, gerangschikt worden in drie rubrieken nl. *1e.* die van het proefdier, *2e.* die van het voedermiddel en *3e.* die van het rantsoen. Deze drie rubrieken werden in Hoofdstuk I achtereenvolgens besproken.

Van de 430 plantaardige voedermiddelen, voorkomende in de tabellen van KELLNER, werd berekend het ruwe-celstofgehalte in de organische stof en de verteerbaarheid van de organische stof. Hiervoor werd een puntendiagram (No. 1) opgesteld, terwijl in Hoofdstuk XIII het verband nader werd berekend.

Daar er een vrij nauw verband bleek te bestaan tusschen het ruwe-celstofgehalte en de verteringscoëfficiënten van de organische stof, werd in Hoofdstuk II de bouw en de samenstelling van de celwand, benevens de verteerbaarheid van de voornaamste componenten er van, nl. cellulose, pentosanen, lignine, cutine en kiezelzuur, aan een beschouwing onderworpen. Alle celwandbestanddeelen zijn goed verteerbaar, behalve de incrusteerende stoffen (lignine en cutine) en het kiezelzuur, welke stoffen bovendien een belemmering voor de vertering van de andere celwandbestanddeelen vormen.

In Hoofdstuk III werd er de aandacht op gevestigd, dat in de gebruikelijke voederstofanalyse de lignine niet wordt genoemd, terwijl juist de lignine het meest verbreide celwandbestanddeel is, dat een groote invloed heeft op de verteerbaarheid.

In Hoofdstuk IV werd een o. i. aanvaardbare methode voor de kwantitatieve ligninebepaling gegeven, waarmede in Hoofdstuk V een aantal ligninebepalingen werd uitgevoerd in twee series grasmonsters en een serie van 19 andere voedermiddelen. Uit de analysecijfers van de grasmonsters bleek: *1e.* dat het ligninegehalte in opeenvolgende groeistadia een geleidelijke stijging vertoont, zooals trouwens reeds bekend was; *2e.* dat bij een sterkere stikstofbemesting na een even lange groeiperiode het ligninegehalte iets hooger is en *3e.* dat het ligninegehalte in de tweede snede in het algemeen iets hooger is, dan in de eerste snede. Het onder *2e* genoemde behoeft evenwel niet te verontrusten, omdat bij sterkere stikstofbemesting het groeistadium sneller voortschrijdt.

Bij de 19 voedermiddelen bleek er een sterkere negatieve correlatie te bestaan tusschen het *ligninegehalte* der organische stof en de verteringscoëfficiënt van de organische stof ($r = -0.892$) dan tusschen het *ruwe-celstofgehalte* en de verteringscoëfficiënt van de organische stof ($r = -0.720$).

Aangezien uit het microscopisch onderzoek volgde, dat ook het in de celwanden voorkomende kiezelzuur invloed heeft op de verteerbaarheid der overige celwandbestanddeelen, werden ook kiezelzuurbepalingen van de 19 voedermiddelen uitgevoerd, welke in de tabel op blz. 31 zijn opgenomen.

De aldus verkregen gegevens van de 19 voedermiddelen werden met de reeds genoemde uit KELLNER's tabellen verder verwerkt. Er werd een algemeene regressielijn voor de plantaardige voedermiddelen in KELLNER's tabellen vos/os [1]) t. o. v. rc/os berekend, terwijl daarna van de op lignine onderzochte voedermiddelen werd becijferd hoe ver deze onder of boven de algemeene regressielijn lagen (blz. 69). Nagegaan werd nu in hoeverre deze afwijkingen konden worden verklaard door li/os en si/os. Uit de berekening volgde, dat de standaardafwijking zonder rekening te houden met de lignine en het kiezelzuur bedroeg 19.4, met in rekening brengen van de lignine bedroeg zij 16.2, met het kiezelzuur 18.3 en met beide 15.9. Het gaf dus eenig voordeel, indien naast de rc/os ook nog li/os in rekening werd gebracht.

---

[1]) De gebruikte afkortingen hebben de volgende beteekenis:
rc/os = ruwe celstof in de organische stof.
li/os = lignine in de organische stof.
si/os = kiezelzuur in de organische stof.
vos/os = verteerbare organische stof in de organische stof.
eas/os = eiwitachtige stoffen in de organische stof.
veas/os = verteerbare eiwitachtige stoffen in de organische stof.

Verder werden van de 19 op lignine onderzochte voedermiddelen berekend de regressieformules vos/os t. o. v. rc/os, vos/os t. o. v. li/os en vos/os t. o. v. rc/os en li/os. Zonder correlatie bedroeg de standaardafwijking 26.6, met in rekening brengen van de ruwe celstof 20.0, met in rekening brengen van de lignine 12.34 en met in rekening brengen van beide bedroeg de standaardafwijking 12.33. De aanwijzingen zijn dus wel heel sterk, dat de lignine de beheerschende factor is.

In Hoofdstuk VII werd getracht een andere oorzaak te vinden voor de verschillen in verteerbaarheid, nl. door na te gaan of de in verschillende voedermiddelen voorkomende cellulose verschillen vertoonde ten aanzien van de oplosbaarheid in zwavelzuur, doch de uitkomsten hiervan waren niet bemoedigend. Bovendien werden in enkele voedermiddelen de gehalten aan pentosanen bepaald; in aansluiting op deze analysen werd gewezen op de mogelijkheid, dat het verschil in verteerbaarheid bij varkens tusschen de ruwe celstof in suiker- en in voederbieten een gevolg zou kunnen zijn van het verschil in pentosanengehalte, daar uit de literatuur gebleken was, dat de pentosanen door het varken beter worden verteerd dan de cellulose.

Behalve door chemisch werd de invloed der celwanden ook door microscopisch onderzoek bestudeerd. Hierbij werd onderscheid gemaakt tusschen de verteerbaarheid van de celwand en die van de celinhoud. De proeven werden in hoofdzaak genomen met een cavia (Hoofdstuk IX), waaraan verschillende voedermiddelen werden verstrekt; daarnaast werden de faeces van runderen, paarden en een geit onderzocht.

Uit deze onderzoekingen bleek, dat de verhoute en de verkiezelde deelen meer weerstand aan de inwerking van bacteriën bieden dan de niet verhoute en niet verkiezelde deelen, zooals trouwens reeds bekend was.

Ten aanzien van het eiwit in de cellen werd met de Berlijnschblauwreactie van ZACHARIAS de waarneming gedaan, dat na het verteringsproces practisch geen eiwit meer in de cellen aanwezig is, onafhankelijk van de bouw van de celwand, zoodat het algemeen ingenomen standpunt, dat de celwand invloed heeft op de verteerbaarheid van de celinhoud in dien zin, dat de celwand het binnendringen van de verteringssappen belemmert, dient te worden verlaten. De verteringsdepressie van het eiwit door ruwe-celstofrijk voeder moet aan andere oorzaken worden toegeschreven.

Naar onze meening is de verteringsdepressie van het eiwit door ruwe-celstofrijk voeder een gevolg hiervan, dat dergelijke rantsoenen aanleiding geven tot de ontwikkeling van een groot aantal bacteriën, voor de bouw waarvan veel eiwit noodig is. Dit eiwit ontleenen zij èn aan het stofwisselingseiwit èn aan het voedereiwit. Doordat de bacteriën een deel van het eiwit van de stofwisselingsproducten

als voedsel gebruiken, heeft er een hernieuwde afscheiding van deze stoffen plaats. Na het afsterven van de bacteriën kan het hierin aanwezige eiwit door de proteolytische fermenten omgezet en door de darmwand geresorbeerd worden, doch het zal ten deele ook weer gebruikt worden voor bacteriëngroei. De genoemde omzettingen kunnen bij herhaling plaats vinden, doch aan het einde van het spijsverteringskanaal zal er geen gelegenheid meer zijn voor ontleding en resorptie, zoodat de dan aanwezige bacteriën met de faeces het lichaam verlaten. Hierover werd in Hoofdstuk XII uitgeweid.

Ondanks de omstandigheid, dat het eiwit in de cellen bijna geheel verteerbaar is en dus in de cellen na het verteringsproces practisch geen eiwit meer wordt gevonden, bevatten de faeces van de landbouwhuisdieren een aanzienlijke hoeveelheid eiwit; als gemiddelde kan men aannemen, dat ongeveer $^1/_6$ deel van de droge stof uit eiwit bestaat. De vraag, in welke vorm dit eiwit in de faeces aanwezig is, werd in Hoofdstuk XI onder oogen gezien en aldus beantwoord, dat het eiwit in de faeces voor het grootste deel daarin voorkomt als bacteriëneiwit.

In het begin van deze samenvatting werd gewezen op de onderscheiding schijnbare en ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen. Voor een serie door DIJKSTRA en BROUWER uit de literatuur verzamelde verteringsproeven met gras werden nu de ware verteringscoëfficiënten berekend, aannemende, dat per 100 g opgenomen droge stof 2.5 g eiwit aan stofwisselingsproducten in de faeces terechtkomen. Vervolgens werden berekend de correlatiecoëfficiënten tusschen eas/os in het voeder en de schijnbare, resp. ware verteringscoëfficiënten van de eiwitachtige stoffen; hiervoor werd gevonden $r = +0.851$, resp. $+0.454$. Eveneens werden de correlatiecoëfficiënten berekend tusschen rc/os en de schijnbare, resp. ware verteringscoëfficiënt. Hiervoor werd gevonden $r = -0.687$, resp. -0.341. Tevens werden de betreffende regressieformules berekend (blz. 72). De uitkomsten waren in overeenstemming met de waarnemingen bij het microscopisch onderzoek, nl. dat de ware verteerbaarheid van het eiwit bijna niet met het eiwitgehalte van het voeder variëert en dat de celwand bijna geen invloed heeft op de ware verteringscoëfficiënt.

Er zijn vele pogingen gedaan de hoeveelheid stofwisselingseiwit in de faeces langs chemische weg te bepalen, doch deze leverden geen overeenstemmende resultaten op. Het hierboven gebruikte cijfer 2.5 g staat dan ook geenszins vast. Door ons werd nu getracht door berekening te komen tot vaststelling van de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit, nl. door middel van regressievergelijkingen veas/os t. o. v. eas/os, welke werden berekend voor *a.* een serie van 161 grasmonsters, *b.* een serie van 142 hooimonsters en *c.* de plantaardige voedermiddelen uit de tabellen van KELLNER; van al deze monsters en voedermiddelen waren de verteringscoëfficiënten

bekend. Hierbij werd uitgegaan van de volgende veronderstellingen: *1.* dat de verteringsdepressie van het eiwit tot zekere grenzen veroorzaakt wordt door het deponeeren van in bacteriën omgezet stofwisselings- en voedereiwit in de faeces en *2.* dat de hoeveelheid hiervan onafhankelijk is van het feit of eiwitachtige stoffen dan wel andere organische stoffen worden opgenomen. Men kan dan de hoeveelheid van deze producten berekenen door na te gaan hoeveel men bij veas/os op moet tellen, opdat de depressie verdwijnt. Dit kan direct blijken uit de drie regressieformules op blz. 74.

In deze formules stelt volgens de ontwikkelde theorie de constante term voor de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit per 100 g opgenomen organische stof, dus achtereenvolgens 3.46, 3.13 en 3.90 g. KELLNER kwam met een chemische methode tot ± 2.5 g per 100 g verteerde droge stof, dus nog lager voor 100 g opgenomen organische stof. MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER kwamen eveneens met een chemische methode tot hoogere waarden, nl. ± 5.3 g eiwit per 100 g verteerde organische stof, waaruit ± 4.0 g per 100 g opgenomen organische stof kan worden berekend, welke waarde goed overeenstemt met de door ons berekende constante term uit KELLNER's tabellen. MORRIS en WRIGHT vermelden 2.5 g per 100 g opgenomen droge stof, dus ongeveer 2.8 g per 100 g organische stof. Er zij hier er op gewezen, dat feitelijk onder metabolisch faecaal eiwit alleen het stofwisselingseiwit moet worden verstaan, dat met de faeces wordt uitgescheiden. Behalve stofwisselingseiwit komt echter o. i. ook een deel van het door de proteolytische fermenten omgezette voedereiwit als bacteriëneiwit in de faeces terecht; hoewel dit in het algemeen niet juist is, hebben wij voor de som van beide de benaming metabolisch faecaal eiwit gebruikt.

Eveneens werden voor de genoemde series berekend de multiple regressies veas/os t. o. v. eas/os en rc/os (blz. 77). De gevonden coëfficiënten voor de ruwe celstof waren zeer klein, waaruit volgt, dat de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit bij ruwe-celstofarm en ruwe-celstofrijk voeder ongeveer gelijk is. Het spreekt vanzelf, dat een zelfde hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit grootere invloed heeft op de schijnbare verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen bij een eiwitarm dan bij een eiwitrijk rantsoen, terwijl wij in aanmerking moeten nemen, dat een hoog ruwe-celstofgehalte doorgaans samengaat met een laag eiwitgehalte. Volgens deze formules heeft de ruwe celstof dus practisch geen invloed op de verteerbaarheid van het eiwit, waarmede dus het resultaat van het microscopisch onderzoek volkomen werd bevestigd. Het algemeen ingenomen standpunt, dat de celwand een beletsel vormt voor de vertering van het inwendige van de cel, dient derhalve te worden verlaten.

Volgens de ontwikkelde theorie wordt dus per 100 g opgenomen organische stof een constante hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit

uitgescheiden, althans bij herkauwers. Bij varkens was volgens de onderzoekingen van MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit kleiner dan bij schapen, nl. ± 2.5 g eiwit per 100 g verteerde organische stof bij rantsoenen, waarvoor het varken van nature geschikt is. Werd evenwel het varken gevoerd met een rantsoen, gelijk aan dat van een schaap, nl. ruwe-celstofrijk, dan werd ook de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit gelijk, nl. ± 5.3 g eiwit per 100 g verteerde organische stof. De meest aannemelijke verklaring hiervoor is, dat bij stijging van het ruwe-celstofgehalte van het voeder bij het varken een sterkere afscheiding van bacteriënmassa plaats heeft, welke dan even groot wordt als die bij het schaap. Dit is meer aanvaardbaar dan de veronderstelling, dat door een sterkere prikkeling tengevolge van de harde hoedanigheid een ruwe-celstofrijk product bij het varken zou leiden tot een versterkte afscheiding van stofwisselingsproducten, welke dan bij deze van schapen sterk verschillende diersoort zou leiden tot een even sterke afscheiding als bij schapen; dit is weliswaar mogelijk, doch niet waarschijnlijk. Naar onze meening kan er dus wel een versterkte afscheiding van stofwisselingsproducten tot een zekere grens plaats hebben, doch hierbij is de bacteriëngroei primair en niet de harde hoedanigheid van de ruwe-celstofrijke rantsoenen.

AXELSSON, wiens statistische onderzoekingen meermalen in de vorige hoofdstukken werden genoemd, vond eveneens sterke aanwijzingen, dat de celwand geen invloed heeft op de vertering van de celinhoud. Hij kwam voorts tot de uitkomst, dat bij paarden en herkauwers het ruwe-celstofgehalte van het rantsoen geen invloed heeft op de hoeveelheid eiwit in de faeces, berekend per kg opgenomen droge stof, terwijl dat bij varkens wèl het geval was. Wij zien hier dus overeenstemming met de resultaten van MORGEN, BEGER en WESTHAUSSER t. a. v. de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit. Zooals gezegd vonden deze onderzoekers dezelfde hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit bij het varken en het schaap, indien aan deze twee diersoorten hetzelfde ruwe-celstofrijke rantsoen werd verstrekt. Vermoedelijk moeten wij ons een en ander zóó voorstellen, dat het ruwe-celstofgehalte van het rantsoen geen invloed meer heeft op de hoeveelheid metabolisch faecaal eiwit, indien het ruwe-celstofgehalte een bepaalde grens overschrijdt, wat waarschijnlijk bij de rantsoenen voor de herkauwers steeds het geval is.

Verder werd bij de grasmonsters nog een verband afgeleid tusschen het eiwit- en ruwe-celstofgehalte van het voeder en het eiwitgehalte van de faeces. Er werd een vrij sterke positieve correlatie gevonden tusschen eas/os van het voeder en eas/os van de faeces ($r = +0.828$) en een vrij sterke negatieve correlatie tusschen rc/os van het voeder en eas/os van de faeces ($r = -0.808$).

Ten slotte werd een voederproef genomen, teneinde de invloed van looizuur op de verteerbaarheid van het eiwit na te gaan. Aan

een cavia werd gedroogd gras verstrekt, waaraan 5 %, resp. $2^1/_2$ % looizuur was toegevoegd. Bij toevoeging van 5 % looizuur daalde de verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen van 57.9 tot 36.7 en bij toevoeging van $2^1/_2$ % looizuur van 57.5 tot 40.6. Bij het microscopisch onderzoek waren er aanwijzingen, dat er eenig eiwit in de cellen achterbleef, indien wèl looizuur werd verstrekt; zonder looizuur was dit niet het geval.

TABEL 1

PLANTAARDIGE VOEDERMIDDELEN UIT DE TABELLEN VAN KELLNER

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
	I. Groenvoeder				
	a. Grassen				
1	Gerst, tijdens het schieten .	14.4	10.3	32.2	66.7
2	„ , in en na de bloei . .	7.5	5.1	33.7	69.0
3	Gras, kort vóór de bloei . .	13.1	8.7	26.2	67.3
4	„ , vetweide.	23.0	17.3	20.4	76.0
5	„ , weide	19.4	13.9	22.2	71.1
6	„ , van goede vloeiweiden .	20.0	13.7	28.0	70.3
7	Zoete grassen, in de bloei .	11.1	7.2	33.0	64.2
8	Haver, tijdens het schieten .	15.8	11.6	26.0	65.8
9	„ , in de bloei	8.9	6.5	39.7	61.7
10	„ , rijp	7.8	5.5	42.7	57.6
11	Gierst	11.0	5.9	34.7	57.6
12	Kropaar, vóór en in het begin van de bloei.	12.4	8.1	25.9	67.6
13	Kropaar, in de bloei	10.0	6.0	29.3	63.1
14	Mais, Amerikaansche	8.9	4.5	31.8	58.0
15	„ , Duitsche (melkrijp) . .	8.6	5.6	23.2	67.4
16	Trosgierst	12.6	7.3	36.8	60.3
17	Raaigras, in de bloei, Engelsch	13.1	8.1	32.0	60.8
18	„ „ „ „ , Fransch	11.9	7.3	35.3	63.6
19	„ „ „ „ , Italiaansch	15.3	9.5	27.9	62.6
20	Rogge, voeder—	13.8	9.7	34.6	66.8
21	Sorgho, suiker—	11.3	6.5	33.5	56.8
22	Timothee, in de bloei . . .	10.0	5.2	29.8	58.2
	b. Klavers en peulvruchten				
23	Roode klaver, zeer jong, weideklaver	28.3	22.4	20.4	78.3
24	Roode klaver, in de knop. .	22.8	16.6	26.2	73.1
25	Roode klaver, beginvande bloei	19.5	14.4	29.9	70.7
26	Roode klaver, volle bloei. .	17.5	11.3	30.4	61.3
27	Bastaardklaver, begin van de bloei	22.8	14.8	34.0	63.6
28	Bastaardklaver, volle bloei. .	16.8	9.6	37.1	59.9
29	Incarnaatklaver, in de bloei	16.9	12.7	37.3	68.1
30	Witte klaver, begin van de bloei	26.8	17.1	26.2	64.6
31	Lucerne, zeer jong	32.9	25.3	25.9	67.1
32	„ , vóór de bloei . . .	20.7	14.7	31.3	59.0
33	„ , volle bloei	17.9	12.4	35.8	56.4
34	Esparcette, begin van de bloei	20.5	14.8	31.3	66.5
35	„ , volle bloei . . .	18.6	12.2	36.7	56.4
36	Serradella, begin van de bloei	21.7	16.7	26.7	64.2
37	„ , volle bloei . . .	19.6	12.9	31.3	55.8
38	Reuzenhoningklaver (Bokhara—), in de bloei .	22.8	14.4	31.7	60.0
39	Hopklaver, begin van de bloei	19.0	13.0	31.0	62.5

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
40	Zandlucerne, begin van de bloei	18.6	12.6	33.3	62.8
41	Wondklaver	14.4	8.4	30.5	60.5
42	Paardeboonen, begin van de bloei	24.6	17.7	25.4	65.4
43	Erwten, begin van de bloei	28.4	20.6	31.9	61.7
44	Voederwikken, begin van de bloei	27.4	21.5	30.4	69.6
45	Voederwikken, in de bloei .	20.0	13.8	31.9	60.6
46	Lupinen, begin van de bloei	25.9	19.6	26.8	68.8
47	„ , einde van de bloei	20.1	13.2	33.3	62.3
48	Zoete lupinen	25.4	19.4	24.6	67.9
49	Zandwikken	22.4	15.9	37.8	60.3
50	„ , in de bloei . .	27.5	19.0	34.0	60.1
51	Boschlatherus, vóór de bloei	32.3	24.1	30.4	63.3
52	„ , einde van de bloei	24.3	14.9	30.6	56.7
53	Wiklinzen, in de bloei . . .	26.9	20.0	23.4	63.5
54	Landsberger mengsel	22.2	16.2	28.1	68.1
55	Winterwikken-rogge-mengsel.	16.8	11.4	34.2	65.8
	c. Andere voederplanten				
56	Boekweit, in de bloei. . . .	16.4	10.5	28.3	63.2
57	Heidekruid	7.4	3.0	48.2	39.3
58	Koolzaad, winter—, in de bloei	21.9	15.6	27.3	64.8
59	Mosterd, gele	21.5	14.1	21.5	63.0
60	Spurrie, in de bloei	13.6	8.5	26.6	64.4
61	Gaspeldoorn	10.9	4.5	29.5	47.8
62	Smeerwortel (Symphytum) .	26.3	15.8	17.9	65.3
63	Waterpest	22.9	14.6	20.8	62.5
	d. Bladeren en loof				
64	Blad- of koekool	17.8	14.0	14.7	86.8
65	Mergkool	17.9	14.5	19.7	81.2
66	Mergkool („Dickstrunk") . .	24.7	23.5	24.7	80.3
67	Aardappelloof, Juli—Aug. . .	26.7	14.8	22.2	54.1
68	„ , kort vóór de oogst	12.6	5.5	31.2	48.2
69	Koolrabibladeren	23.5	16.0	13.4	73.1
70	Koolraapbladeren	23.2	15.8	15.8	70.6
71	Bladeren van gele wortelen .	24.5	15.8	18.0	63.3
72	Bladeren van voederbieten .	26.7	17.8	17.8	68.9
73	Topinamboerloof	12.5	7.3	19.8	65.2
74	Sluitkool	19.3	13.6	20.4	72.7
75	Suikerbietenbladeren en -koppen	19.7	14.5	13.7	82.1
76	Berkenloof, Augustus	18.2	11.1	15.9	62.9
77	Beukenloof, Aug.—Sept. . .	17.3	10.5	24.6	59.4
78	Loof en ranken van hop . .	15.7	10.0	30.8	56.8
79	Rijs, in de winter	6.3	2.9	36.3	40.6
80	„ in het voorjaar	3.8	1.8	41.2	39.5
81	„ van populieren, Juli . .	8.2	3.1	41.4	39.6
	II. Kuilvoer en „bruinhooi"				
	a. Kuilvoer uit kuilen				
82	Esparcette	21.9	14.8	38.1	56.8
83	Voederrogge	13.1	7.4	36.1	66.4

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
84	Gras	11.5	8.0	37.4	59.2
85	Groene haver	8.7	5.0	38.8	57.1
86	Groene mais	9.4	4.7	33.3	62.0
87	Aardappelloof	16.5	6.2	22.7	47.6
88	Klavergras	19.3	12.5	34.1	63.1
89	Lupinen	19.9	13.0	36.6	64.0
90	Lucerne.	24.8	16.8	33.6	57.7
91	Roode klaver	23.2	15.3	34.2	64.2
92	Voederbietenbladeren	17.2	11.5	19.0	55.7
93	Suikerbietenbladeren en -koppen.	15.4	9.6	21.8	73.7
	b. Silovoeder				
94	Boekweit	8.7	5.5	28.4	60.0
95	Gras	13.3	4.8	31.7	55.0
96	Mais	11.0	8.1	25.4	75.1
97	Voederrogge	13.2	10.6	34.4	68.8
98	Roode klaver	20.1	14.1	30.7	60.3
99	Klavergras	20.1	12.6	32.6	61.1
100	Lucerne.	16.4	12.1	42.8	51.8
101	Serradella	22.4	14.0	30.7	63.2
102	Wikken-haver-mengsel . . .	22.1	12.7	32.4	56.4
103	Suikerbietenbladeren	15.9	10.1	21.7	75.1
	c. „Bruinhooi"				
104	Esparcette	20.9	13.8	37.5	56.2
105	Lucerne.	18.1	12.6	30.1	54.5
106	Mais	9.0	4.3	34.4	60.4
107	Roode klaver	17.9	11.6	30.8	60.6
108	Gras	13.3	8.6	30.6	65.1
	III. Hooi				
	a. Weidehooi en grassen				
109	Grashooi, slechte kwaliteit .	9.3	4.2	41.5	48.1
110	„ , minder goede kwal.	11.5	5.7	36.4	51.8
111	„ , goede kwaliteit . .	12.2	6.8	33.1	59.2
112	„ , zeer goede kwal. .	15.0	9.5	28.1	64.6
113	„ , uitstekende kwal. .	17.7	12.1	25.3	70.1
114	Nagras van goede, niet bevloeide grond	15.0	9.0	29.3	63.7
115	Nagras van vochtige, bevloeide grond.	16.0	9.6	25.5	63.3
116	Alpenhooi.	15.3	10.4	29.8	66.2
117	Hooi van veengrond	11.3	6.2	32.3	61.1
118	Nagras van veengrond . . .	14.7	9.0	30.0	62.0
119	Hooi van bevloeide grond. .	22.2	14.7	33.3	59.8
120	Boschhooi.	10.9	6.3	32.5	61.1
121	Hooi van zoute grond . . .	10.0	5.3	35.1	57.7
122	Hooi van zure grassen . . .	9.4	4.7	41.4	51.3
123	Haver, in de bloei	9.1	6.8	36.5	63.2
124	Hooi van trosgierst.	13.3	7.5	36.3	59.3
125	Raaigras, in de bloei, Engelsch	12.9	6.4	38.1	52.0
126	„ „ „ „ , Fransch	14.8	7.4	38.7	52.0
127	„ „ „ „ , Italiaansch	14.4	9.1	29.4	64.2
128	Rogge, tijdens het schieten .	12.9	9.1	35.4	66.2
129	Zoete grassen	11.9	6.6	36.0	59.2

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
130	Timotheehooi	10.6	5.0	35.4	56.6
	b. Klavers en peulvruchten				
131	Roode klaverhooi, slechte kwaliteit	13.9	7.1	36.2	53.7
132	Roode klaverhooi, minder goede kwaliteit.	15.6	8.9	33.0	57.4
133	Roode klaverhooi, goede kwaliteit	17.4	11.0	31.0	61.5
134	Roode klaverhooi, uitstekende kwaliteit	20.0	14.0	29.0	66.0
135	Roode klaverhooi, sterk beregend	15.5	6.6	43.0	48.4
136	Lucerne, vóór de bloei . . .	21.1	15.8	35.2	59.5
137	„ , in de bloei	18.8	12.8	39.1	55.9
138	Esparcette, vóór de bloei . .	22.8	16.1	36.9	72.5
139	„ , in de bloei . . .	17.3	12.6	36.7	63.4
140	Hopklaver	20.1	15.4	32.0	62.0
141	Rolklaver	16.8	9.2	27.4	58.9
142	Incarnaatklaver	15.8	10.9	34.4	58.7
143	Zandlucerne	19.7	15.2	39.0	59.6
144	Zweedsche klaver, in de bloei	17.7	10.8	33.4	60.5
145	Serradella	19.7	14.8	33.2	61.0
146	Reuzenhoningklaver (Bokhara—) jong.	22.0	11.2	39.9	55.0
147	Witte klaver	19.3	11.0	29.9	61.3
148	Wondklaver	13.1	7.8	37.3	57.8
149	Erwten, begin van de bloei .	28.4	21.8	30.4	64.9
150	„ , in de bloei	18.7	12.3	33.0	57.8
151	Voederwikken, begin van de bloei	26.8	20.4	31.6	64.3
152	Voederwikken, in de bloei .	18.9	12.5	34.0	57.9
153	Heggewikke („Hainwicke"), Vicia dumetorum	26.9	18.8	24.9	67.0
154	Lupinen, gele, in de bloei. .	23.4	17.4	33.6	68.5
155	„ , „ , de helft nog bloeiend	19.2	12.8	36.5	62.8
156	Zandwikken, in de bloei . .	28.5	23.9	32.2	74.0
157	Sojaboonenhooi	22.1	15.3	37.9	60.8
158	Vogelwikke, in de bloei . .	21.8	15.3	31.9	64.9
159	Boschlatherus, in de bloei .	27.0	19.4	32.6	62.1
160	Landsberger mengsel	21.9	16.5	28.1	68.4
161	Wikken-havermengsel, wikken bloeiend	15.4	8.6	32.1	58.1
162	Heggewikke (Vicia sepium), in de bloei	24.6	18.7	35.3	64.2
	c. Andere voederplanten				
163	Spurrie	15.7	10.0	28.3	63.8
164	Boekweit	13.2	7.8	39.4	58.7
165	Koolzaad	20.9	14.6	27.3	64.7
166	Mosterd, geel, begin v. d. bloei	14.3	8.1	34.1	57.0
167	Gaspeldoorn	11.0	4.4	51.3	47.1
168	Smeerwortel (Symphytum) .	29.6	17.1	16.4	65.1
	d. Loof en bladeren				
169	Brandnetelbladeren	24.5	17.2	14.2	72.0

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
170	Loof en stengels van hop . .	15.7	10.2	31.2	57.5
171	Aardappelloof	12.0	4.8	33.2	49.0
172	Loofbladeren, einde Juli . .	13.6	8.1	18.4	60.3
173	Loof van populieren, Oct. . .	14.1	7.8	22.7	58.4
174	Loof van de wijnstok, herfst	14.6	8.6	10.3	62.3
175	Loofhout van de wijnstok, éénjarig	5.4	0.8	46.9	30.3
176	Rijs, acacia, in de winter . .	11.7	6.5	37.5	38.1
177	Rijs, met bladeren, populier, Juli	4.9	0.7	46.9	11.7
178	Rijs, met bladeren, populier, Juli	8.1	3.1	41.4	39.7
179	Zaagsel van sparrenhout . .	0.4	0.0	75.2	17.7
180	Topinamboerloof	16.5	9.8	18.4	60.1
181	Iepenloof	20.6	15.0	11.1	74.9
182	Suikerbietenbladeren en -koppen, gedroogd	16.3	7.9	19.9	74.7
183	Suikerbietenbladeren en -koppen, gewasschen en gedroogd	11.8	7.4	12.2	69.3
	IV. Stroosoorten				
	a. Graanstroo				
184	Spelt, winter—	3.4	1.0	55.1	43.8
185	Gerst, zomer—	4.4	1.1	49.2	51.9
186	Gerst, zomer—, met klaver doorgroeid	8.1	4.0	41.8	54.5
187	Gerst, winter—	4.0	0.9	52.4	43.4
188	Haver	4.8	1.6	48.4	49.0
189	Gierst	6.1	2.0	44.7	53.5
190	Mais	6.2	2.1	48.9	53.5
191	Rijst	7.2	3.3	46.1	44.8
192	Zomergraanstroo, gemiddelde kwaliteit	4.5	1.5	47.8	50.5
193	Zomergraanstroo, zeer goed .	8.2	3.3	46.0	52.4
194	Rogge, winter—	3.8	0.7	53.9	44.0
195	Tarwe	3.7	0.2	50.4	42.4
196	Wintergraanstroo, gemiddelde kwaliteit	3.7	0.2	52.2	44.1
197	Wintergraanstroo, zeer goed	6.0	1.0	47.7	48.3
	b. Peulvruchtenstroo				
198	Paardeboonen	10.6	5.2	47.2	53.1
199	Erwten	11.3	5.4	44.5	46.6
200	Zandwikken	8.7	4.4	50.8	46.8
201	Voederwikken	11.1	5.0	50.3	45.1
202	Peulvruchtenstroo, gemiddelde kwaliteit . . .	10.1	4.8	47.8	47.6
203	Peulvruchtenstroo, zeer goed	12.9	6.3	43.7	50.7
204	Linzen	18.0	8.8	43.5	49.3
205	Lupinen	8.1	3.1	51.7	54.8
206	Roode klaver	11.6	5.1	57.0	41.0
207	Zandwikken	8.4	3.5	50.0	43.7
208	Sojaboonen	10.0	5.0	35.4	54.3
209	Boschlatherus	16.2	10.8	45.8	43.9

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
	c. Stroo van andere planten				
210	Boekweit	6.1	2.8	48.5	35.4
211	Maanzaad	8.1	3.7	45.0	35.9
212	Koolzaad	3.1	1.2	47.1	44.8
	V. Kaf en doppen				
	a. Granen				
213	Kafferkoren	4.5	1.7	29.9	55.9
214	Spelt	4.5	1.4	51.7	45.7
215	Gerst	4.0	1.1	41.1	45.4
216	Haver	6.6	2.5	35.3	47.8
217	Gierst	6.3	2.2	53.1	40.5
218	Maiskolven, zonder korrel. .	4.1	1.9	46.0	51.7
219	Rijstdoppen	4.9	0.5	50.5	17.2
220	Rogge	4.5	1.4	56.5	44.6
221	Tarwe	6.4	1.9	41.1	44.9
	b. Peulvruchten				
222	Boonen	13.6	6.6	42.6	53.0
223	Erwten	12.2	6.1	44.2	51.8
224	Grondnotendoppen	8.2	3.0	67.4	16.6
225	Linzen	23.5	12.9	25.0	55.0
226	Lupinen	8.6	3.3	38.0	53.7
227	Sojaboonen	7.9	3.5	37.7	62.1
228	Wikken	13.6	6.6	42.1	51.1
	c. Andere planten				
229	Katoenzaadschillen	4.1	0.2	48.0	44.9
230	Boekweit	5.4	2.5	51.4	16.5
231	Cacaodoppen	17.3	0.7	19.1	38.0
232	Lijnzaad	4.2	1.7	49.3	34.3
233	Dederzaad.	3.3	1.2	55.4	33.2
234	Koolzaad	4.6	2.0	48.6	44.3
235	Raapzaad	4.5	1.9	49.0	44.3
	VI. Wortels en knollen				
236	Aardappelen, gemiddelde kwaliteit	8.8	4.6	2.9	85.8
237	Aardappelen, hoog vochtgehalte	9.9	5.6	3.7	84.6
238	Aardappelen, laag vochtgehalte	8.4	4.4	3.2	85.5
239	Aardappelen, zeer laag vochtgehalte	8.1	4.2	2.9	85.8
240	Aardappelen, bevroren . . .	4.3	2.4	2.1	87.1
241	Aardappelen, ingekuild . . .	8.8	4.4	2.8	80.1
242	Aardappelen, bevroren en gestoomd	4.6	2.5	2.5	86.8
243	Aardappelen, bevroren en ingekuild	5.6	3.0	3.0	81.1
244	Aardappelen, gedroogd . . .	8.8	5.7	2.7	89.3
245	Aardappelen, geperst	3.5	0.0	3.3	89.5
246	Koolrabi	20.9	10.9	12.7	75.5
247	Koolraap	13.3	10.6	11.5	85.8
248	Koolraap, ingekuild	13.5	9.0	16.5	78.2
249	Gele wortelen	10.0	6.7	10.8	87.5
250	Pastinaak	7.0	5.7	8.9	90.5

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
251	Voederbieten, groote	14.3	9.9	10.9	83.5
252	„ , kleine	8.7	6.3	6.3	88.9
253	„ , gemiddelde grootte	11.0	7.3	8.3	86.2
254	Stoppelknollen	11.5	7.7	10.3	82.1
255	Topinamboer	7.8	5.2	3.6	88.1
256	Knollen	14.3	9.5	13.1	78.6
257	Suikerbieten	5.4	3.7	6.2	89.3
258	Gemalen gedroogde suikerbieten	6.1	1.7	4.7	87.1
	VII. Vruchten en zaden				
	a. Granen				
259	Kafferkoren	11.1	8.9	2.2	83.5
260	Spelt	13.0	9.8	18.5	69.2
261	Spelt, ontdopt	16.5	13.2	3.1	88.0
262	Durrha (Sorgh. vulg.) . . .	10.4	8.3	4.2	78.8
263	Gerst, gemiddelde kwaliteit .	11.3	7.9	4.7	86.8
264	„ , goed gevulde korrel .	10.4	7.6	3.2	90.9
265	„ , slecht gevulde korrel	12.3	8.6	7.8	81.1
266	„ , voeder—	14.4	10.6	6.0	82.7
267	Haver, gemiddelde kwaliteit .	12.3	9.6	11.1	71.1
268	„ , goed gevulde korrel.	9.8	7.4	9.7	74.6
269	„ , slecht gevulde korrel.	15.3	12.3	18.0	66.7
270	Gierst	12.7	9.6	9.7	71.2
271	Mais, gemiddelde kwaliteit .	11.6	8.3	2.6	91.0
272	Mais, Amerikaansche paardetand	11.7	8.4	2.6	90.6
273	Mais, Amerikaansche flintcorn	11.9	8.5	2.0	91.0
274	Mais, Amerikaansche sweetcorn	13.5	10.0	3.4	89.4
275	Kafferkoren (Sorgh. vulg.) .	11.2	5.5	3.0	80.1
276	Rijst, gepeld en gepolijst . .	7.7	6.7	1.7	95.3
277	Rogge, gemiddelde kwaliteit.	13.6	11.3	2.2	89.4
278	„ , goed gevulde korrel .	10.8	9.1	1.9	89.9
279	„ , slecht gevulde korrel	17.4	15.3	4.5	86.9
280	Tarwe, gemiddelde kwaliteit.	14.3	12.0	2.2	89.3
281	„ , goed gevulde korrel .	12.7	10.1	1.9	89.3
282	„ , slecht gevulde korrel	17.1	15.0	4.5	87.2
283	„ , zomer—	15.6	13.5	2.1	89.4
	b. Peulvruchten				
284	Paardeboonen	30.8	26.8	8.6	86.7
285	Zandwikken	27.3	23.2	7.0	87.8
286	Erwten	27.0	23.3	6.5	87.5
287	Linzen	30.7	26.4	4.1	88.4
288	Lupinen, gele	46.6	41.8	17.2	88.6
289	„ , blauwe	35.5	31 6	13.5	87.6
290	„ , witte	35.4	31.4	14.7	87.6
291	„ , gele, ontbitterd, versch	47.7	44.9	24.1	91.0
292	Lupinen, gele, ontbitterd, luchtdroog	47.8	44.9	23.8	91.0
293	Lupinen, blauwe, ontbitterd, versch	35.7	32.5	14.4	86.2

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
294	Lupinen, blauwe, ontbitterd, luchtdroog	35.6	32.4	14.4	86.2
295	Zoete lupinen	48.6	44.7	13.4	85.8
296	Zandwikken	28.5	25.2	8.8	89.0
297	Serradella	25.8	19.4	24.8	61.5
298	Sojaboonen	38.9	34.6	5.2	79.5
299	Wikken	31.1	27.4	7.2	88.7
	c. Oliezaden				
300	Katoenzaad	24.8	16.9	22.7	71.5
301	Beukenoten	15.7	12.6	21.8	69.7
302	Hennepzaad	20.9	15.8	17.3	79.2
303	Dederzaad	28.2	22.5	10.5	79.0
304	Lijnzaad	27.2	21.8	6.2	83.3
305	Maanzaad	23.2	17.3	6.4	85.7
306	Palmpitten	9.4	8.9	6.5	89.6
307	Koolzaad	22.1	18.0	6.7	84.3
308	Sesamzaad	23.0	20.7	7.1	82.0
309	Zonnebloempitten	15.9	14.4	31.5	70.9
310	Olijfpitten, gemalen	2.6	0.4	63.3	10.1
	d. Andere zaden en vruchten				
311	Boekweit	13.6	10.2	17.3	67.6
312	Eikels, versch, ongeschild . .	6.8	5.5	13.9	84.6
313	„ , halfdroog, ongeschild	6.8	5.5	14.0	84.6
314	„ , gedroogd, ongeschild .	6.9	5.5	14.0	84.8
315	„ , versch, geschild . . .	7.8	6.2	7.1	88.7
316	„ , gedroogd, geschild . .	7.9	6.3	7.2	90.1
317	Johannisbrood	7.0	2.4	7.8	79.9
318	Pompoen	9.9	7.7	18.7	83.5
319	Paardekastanje, ongeschild, versch	8.7	5.3	5.1	70.9
320	Paardekastanje, ongeschild, droog	8.8	5.2	5.1	70.9
321	Paardekastanje, geschild, versch	8.2	4.8	3.4	91.0
322	Paardekastanje, geschild, droog	8.2	4.9	3.3	88.1
323	Voederbietenzaad	15.0	9.1	41.9	50.3
324	Suikerbietenzaad	14.7	8.9	48.7	47.6
	VIII. Bijproducten van fabrieken				
	a. Bijproducten der maalderij en pellerij				
325	Boekweitvoermeel, zeer grof, zeer veel doppen	9.8	5.9	46.1	44.5
326	Boekweitvoermeel, fijner, veel doppen	18.8	14.1	14.0	71.0
327	Boekweitvoermeel, grof, weinig doppen	38.2	29.3	5.8	76.5
328	Boekweitvoermeel, fijn, zeer weinig doppen	10.3	8.1	1.0	83.8
329	Speltvoermeel	18.4	14.4	12.2	75.9
330	Erwtenschillen	8.6	6.0	52.5	90.2
331	Erwtenvoermeel	19.8	14.9	23.7	85.4

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
332	Erwtenvoermeel (weinig schillen)	28.1	25.3	8.4	90.9
333	Grondnotenbliezen	25.9	19.4	23.2	69.3
334	Gerstevoermeel	12.2	9.2	10.1	79.1
335	Gerstepelmeel	15.0	11.6	3.6	86.9
336	Gerstevoermeel	17.4	13.8	15.8	74.0
337	Haverdoppen	2.4	0.0	40.2	34.0
338	Havervoermeel	14.0	10.5	17.9	69.7
339	Havermoutafval	19.1	14.9	8.8	75.1
340	Havervoermeel (veel doppen)	9.0	4.5	25.5	60.0
341	Gierstdoppen	4.9	1.0	58.2	7.2
342	Gierstevoermeel, dopvrij	19.7	15.8	10.1	77.3
343	„ , met doppen	11.6	8.1	41.6	36.3
344	Homco (maisvoermeel)	11.2	5.6	7.1	76.6
345	Rijstvoedermeel	15.5	8.8	10.4	71.5
346	Roggevoermeel	17.2	13.0	4.3	91.2
347	Roggezemelen	20.1	15.1	6.3	71.7
348	Roggezemelen, met meer bloem	20.2	14.8	6.1	73.2
349	Rogge-afval van de spits- en schilmachine	20.1	16.9	13.2	62.2
350	Tarwevoermeel	16.9	14.5	5.1	84.7
351	Tarwezemelen, fijn	18.8	15.7	9.7	71.9
352	„ „ grof	17.7	14.0	12.6	66.7
	b. Bijproducten der zetmeelbereiding				
353	Aardappelvezels, versch	4.4	0.0	11.0	72.8
354	„ , gedroogd	4.2	0.0	10.9	72.9
355	Gluten, gedroogd	86.7	82.4	0.5	91.1
356	Maisglutenvoer, versch	14.6	11.8	11.4	84.6
357	„ , gedroogd	16.4	14.0	5.0	88.0
358	Maisgluten	30.3	26.3	8.1	80.4
359	Rijstgluten, versch	30.9	25.5	1.4	87.0
360	„ , gedroogd	31.0	25.4	1.3	86.9
361	Tarwezemelen	16.1	12.1	15.3	76.2
362	Tarwezemelen („Weizentreber") versch	13.3	10.7	10.7	79.3
363	Tarwezemelen („Weizentreber") gedroogd	10.1	7.8	0.9	86.0
	c. Bijproducten der suikerbereiding				
364	Suikerbietenpulp, versch	9.0	4.5	20.9	79.1
365	„ , geperst	9.1	4.9	21.0	79.7
366	„ , ingekuild	9.3	4.7	21.5	67.3
367	„ , gedroogd	9.6	4.8	20.8	79.2
368	Melassepulp	10.4	5.5	16.5	77.5
369	Suikerbieten, gesneden	8.1	4.9	13.5	88.4
370	Voedersuiker	2.6	1.1	1.2	96.5
	d. Bijproducten der alcohol- en bierbereiding				
371	Bostel van gerst, versch	22.7	16.4	22.7	61.3
372	„ „ „ , gedroogd	24.5	17.5	18.5	63.0
373	„ „ „ , mais, enz., gedroogd	28.9	21.9	14.5	64.8

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
374	Spoeling, gedroogd	21.8	15.4	16.3	63.6
375	Graanspoeling	27.4	17.5	15.6	72.1
376	Hop, uitgeloogd	18.5	5.7	25.4	38.3
377	Gedroogde gist	65.3	59.3	0.6	91.8
378	Aardappelspoeling, versch . .	24.0	12.0	12.0	58.0
379	„ , gedroogd.	31.0	15.6	12.1	46.5
380	Maisspoeling, versch	24.4	15.9	9.8	69.5
381	„ , gedroogd, licht	32.0	20.4	11.4	70.4
382	„ ,gedroogd,donker	31.9	19.1	10.2	66.1
383	Mout, groen.	12.9	10.3	9.5	82.6
384	„ , droog	10.5	8.4	10.0	82.2
385	Moutkiemen	28.7	23.0	15.3	72.3
386	Roggespoeling, versch . . .	23.0	14.9	9.5	74.3
387	„ , gedroogd . .	18.6	10.9	18.3	52.2
388	Appeldraf, versch	4.7	2.1	23.3	52.8
389	„ , gedroogd	4.6	1.8	23.6	52.9
390	Wijndraf, versch	12.6	1.8	34.7	25.5
391	„ , gedroogd.	12.8	1.9	34.3	25.2
	e. Bijproducten der oliebereiding				
392	Katoenzaadkoek, van ongeschild zaad	29.8	22.0	30.4	50.5
393	Katoenzaadkoek, van geschild zaad	54.4	46.7	8.2	76.9
394	Beukenotenkoek, van ongeschild zaad	23.3	17.3	26.8	51.1
395	Beukenotenkoek, van geschild zaad	44.0	38.8	9.3	78.2
396	Grondnotenschroot	63.2	60.5	6.0	88.9
397	Grondnotenkoek	61.4	56.5	6.3	83.7
398	Hennepzaadkoek	39.8	29.9	25.3	56.0
399	Hennepschroot.	45.3	34.0	25.9	52.5
400	Cacaokoek.	23.0	1.0	18.9	37.9
401	Koek van de noten van Aleuritis triloba	54.9	48.4	5.0	87.0
402	Kapokzaadkoek	32.8	24.3	35.2	50.2
403	Cocoskoek.	25.7	20.0	17.6	79.6
404	Pompoenzaadkoek	42.8	35.5	16.7	80.2
405	Dederzaadkoek.	39.8	31.8	13.5	76.4
406	Lijnkoek	40.6	34.9	10.5	80.5
407	Lijnzaadschroot	45.1	38.8	11.0	79.9
408	Madiakoek	38.9	27.3	23.5	58.3
409	Maiskiemkoek	25.3	19.8	11.0	82.3
410	Amandelkoek	47.8	43.0	10.8	82.7
411	Maanzaadkoek	46.1	36.4	14.5	73.3
412	Negerzaadkoek	41.2	35.8	23.1	76.5
413	Olijfkoek	10.9	0.7	36.2	30.8
414	Palmpittenkoek	20.5	15.6	27.6	70.1
415	Palmpittenschroot	22.1	16.3	30.0	77.5
416	Raapkoek	40.2	33.3	13.5	71.3
417	Raapzaadschroot	42.4	35.2	14.3	70.9
418	Resten van Carum ajowan . .	18.7	9.4	13.1	63.7
419	„ „ anijs	22.1	12.0	20.2	57.8
420	„ „ venkel	21.5	8.2	26.1	60.0

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os	rc/os	vos/os
421	Resten van koriander	14.5	8.0	33.9	49.3
422	„ „ karwij	25.2	15.1	22.1	78.5
423	„ „ selderijzaad . . .	20.7	8.3	16.4	58.2
424	„ „ jeneverbessen . .	5.2	3.1	34.2	58.8
425	Sesamkoek	49.9	45.9	8.5	85.2
426	Sesamschroot	57.5	54.7	9.6	85.5
427	Sojakoek	52.6	47.4	8.5	90.3
428	Sojaschroot	55.1	50.7	8.9	94.8
429	Zonnebloempittenkoek . . .	43.2	39.7	16.6	74.7
430	Walnotenkoek	42.9	38.7	8.2	83.8

TABEL 2

GRAS

	No.	eas/os	rc/os	schijn-bare vc eas	ware vc eas	veas/os	eas/os in faeces
WATSON c.s., Journ. agr. Sc. 26 (1936) 154. Schapen.	1	9.0	31.0	54.3	84.4	4.9	11.9
	2	9.3	36.4	58.7	87.8	5.5	11.4
	3	9.7	28.5	63.4	91.2	6.1	12.3
	4	11.8	27.9	68.9	92.7	8.1	17.3
	5	11.7	33.5	63.1	86.7	7.4	13.9
	6	11.7	27.6	66.2	89.3	7.7	16.1
	7	14.7	28.8	70.6	89.1	10.4	14.7
	8	17.3	28.2	71.8	87.8	12.4	20.0
	9	18.6	25.6	75.8	90.9	14.1	18.8
	10	18.7	28.0	74.0	88.8	13.8	21.6
	11	20.3	25.4	77.6	91.8	15.8	19.8
	12	20.0	24.9	77.2	91.2	15.4	19.6
	13	24.0	20.6	80.6	92.7	19.3	24.2
	14	23.3	23.5	81.0	93.0	18.9	22.8
	15	29.1	23.2	82.4	92.2	24.0	23.8
	16	13.6	26.8	71.0	91.2	9.7	14.6
	17	15.4	31.5	66.9	85.6	10.3	16.9
WOODMAN c.s., Journ. agr. Sc. 16 (1926) 205; 17 (1927) 209. Schapen.	18	23.4	13.6	79.3	91.1	18.6	28.9
	19	29.4	15.0	85.4	94.9	25.1	26.2
	20	27.0	18.6	81.1	91.3	21.9	26.4
	21	26.9	18.3	78.4	88.6	21.1	25.7
	22	26.8	18.3	77.1	87.4	20.7	23.5
	23	23.3	19.4	76.6	88.4	17.8	21.5
	24	25.8	18.7	78.9	89.6	20.4	22.3
	25	29.3	18.1	83.4	92.8	24.4	24.1
	26	30.8	15.7	84.0	93.0	25.9	25.4
	27	31.7	14.9	81.3	90.3	25.8	25.3
	28	30.1	17.2	82.7	91.9	24.9	27.7
	29	27.5	18.0	81.8	91.9	22.5	27.5
	30	23.7	19.4	80.8	92.3	19.1	27.2
	31	25.3	21.1	82.0	92.8	20.7	24.7
	32	25.6	20.5	81.5	92.1	20.9	24.0

	No.	eas/os	rc/os	schijn-bare vc eas	ware vc eas	veas/os	eas/os in faeces
	33	28.0	20.8	83.2	93.0	23.3	22.6
	34	28.2	21.5	84.1	93.9	23.7	22.4
	35	27.4	21.8	83.4	93.4	22.9	20.7
	36	29.8	21.9	83.5	92.8	24.9	21.9
WATSON c.s., Journ. agr. Sc. 22 (1932) 257. Schapen.	37	16.4	25.3	72.0	88.8	11.8	20.6
	38	16.3	26.1	71.4	88.4	11.6	19.4
	39	20.3	28.1	76.9	90.8	15.6	23.5
	40	14.0	36.6	70.0	89.8	9.8	18.5
	41	20.6	28.2	78.5	92.1	16.2	19.7
	42	17.2	29.7	70.7	86.9	12.2	19.9
	43	18.9	27.1	74.2	89.7	14.0	21.4
	44	18.0	26.6	73.5	89.3	13.2	19.5
	45	26.0	24.3	80.2	91.3	20.9	29.7
	46	18.5	25.7	75.0	90.6	13.9	24.7
WOODMAN c.s., Journ. agr. Sc. 21 (1931) 267; 22 (1932) 852. Schapen.	47	24.6	14.4	79.4	90.4	19.5	29.3
	48	21.1	18.8	74.7	87.9	15.8	25.6
	49	20.0	20.8	73.8	87.5	14.8	22.2
	50	20.9	20.5	73.9	87.0	15.4	19.2
	51	20.8	20.2	74.2	87.4	15.4	19.5
	52	26.0	19.6	82.1	92.7	21.3	28.3
	53	18.9	25.7	76.0	90.5	14.4	23.3
	54	18.9	26.7	75.3	89.8	14.2	21.0
	55	19.1	23.0	75.9	90.3	14.5	19.7
	56	20.0	23.7	77.7	91.4	15.5	22.8
	57	21.4	22.3	79.5	92.3	17.0	21.2
	58	27.1	20.4	76.3	86.4	20.7	31.4
	59	16.9	25.4	66.6	82.7	11.3	23.3
	60	17.8	26.0	68.3	83.6	12.2	21.5
	61	18.1	23.6	72.8	87.8	13.2	21.0
	62	20.8	25.6	74.4	87.6	15.5	21.6
	63	21.6	21.3	75.9	88.5	16.4	24.6
WATSON c.s., Journ. agr. Sc. 27 (1937) 224. Schapen.	64	16.5	24.9	81.0	98.0	13.4	16.7
	65	14.4	27.0	68.1	87.0	9.8	17.8
	66	10.4	28.9	65.2	91.0	6.8	12.7
	67	8.8	25.9	56.7	87.2	5.0	16.0
	68	7.0	32.0	36.4	75.5	2.5	12.5
WOODMAN c.s., Journ. agr. Sc. 18 (1928) 266; 19 (1929) 236. Schapen.	69	28.1	15.5	81.7	91.5	23.0	28.8
	70	23.8	17.0	79.3	90.9	18.9	26.3
	71	24.4	18.1	78.8	90.9	19.2	24.3
	72	27.1	18.6	79.2	89.4	21.5	25.5
	73	25.1	18.9	79.5	90.5	20.0	23.5
	74	26.8	18.4	80.7	91.0	21.6	25.1
	75	25.0	16.8	80.5	91.5	20.1	27.4
	76	21.5	18.7	78.1	90.9	16.8	25.1
	77	21.1	20.6	78.4	91.4	16.5	22.4
	78	22.8	19.7	79.4	91.5	18.1	22.0
	79	25.2	20.3	80.2	91.2	20.2	22.8
	80	23.2	17.9	78.8	90.6	18.3	21.9

	No.	eas/os	rc/os	schijn-bare vc eas	ware vc eas	veas/os	eas/os in faeces
ISAACHSEN c. s., 32. Beretn. (1932). Schapen.	81	17.2	24.2	75.0	90.5	12.9	22.6
	82	16.3	30.2	76.0	92.7	12.4	16.2
	83	15.4	27.8	73.0	90.5	11.2	15.6
	84	18.9	26.2	75.0	89.5	14.2	16.2
	85	18.2	27.3	74.0	89.0	13.5	15.7
	86	16.6	25.7	73.0	89.3	12.1	15.5
	87	13.9	25.5	70.0	89.5	9.7	14.0
	88	13.9	26.5	67.0	86.4	9.3	12.4
	89	11.0	31.3	62.0	86.3	6.8	11.7
	90	10.5	31.5	59.0	84.5	6.2	10.2
	91	17.7	27.7	76.0	91.2	13.5	21.0
	92	13.1	34.0	70.0	90.5	9.2	13.9
	93	9.9	36.6	62.0	88.6	6.1	9.3
	94	7.2	37.7	51.0	87.2	3.7	7.6
	95	8.6	35.8	50.0	80.9	4.3	11.0
NEWLANDER c.s., Vermont Agr. Exp. St. Bull. 348 (1932). Runderen.	96	24.5	22.3	76.4	87.7	18.7	22.7
	97	27.2	21.6	79.7	90.0	21.7	23.3
	98	26.2	20.7	77.3	87.8	20.3	21.9
	99	24.7	23.0	74.5	85.8	18.4	23.2
	100	25.2	21.5	77.2	88.2	19.5	25.8
	101	24.2	20.8	74.8	86.3	18.1	25.1
	102	26.3	22.1	76.0	86.6	20.0	24.9
	103	26.7	21.3	75.9	86.5	20.3	25.9
GRANDJEAN, Schw. lw. Monatshefte 15 (1937). Heft 7—8. Schapen.	104	25.5	20.6	78.5	89.9	20.0	30.4
	105	27.1	19.3	81.8	92.4	22.2	26.8
	106	27.0	20.4	82.0	92.7	22.1	25.0
	107	22.8	23.3	79.1	91.4	18.0	24.7
	108	25.5	21.0	80.2	91.5	20.5	24.8
	109	23.7	24.8	83.1	95.6	19.7	24.7
	110	26.5	21.0	83.4	94.4	22.1	25.9
	111	26.1	19.4	83.2	93.9	21.7	27.2
	112	18.6	22.5	80.8	95.6	15.0	25.4
	113	21.7	22.5	79.8	92.4	17.3	27.2
	114	18.9	23.6	78.9	93.3	14.9	22.0
	115	19.2	26.2	78.8	93.1	15.1	17.9
	116	17.3	22.9	82.2	97.9	14.2	19.6
	117	23.1	28.5	81.4	93.8	18.8	20.1
	118	20.3	26.7	76.7	90.4	15.6	14.4
	119	19.2	27.1	77.1	91.6	14.8	16.2
	120	18.7	24.5	81.6	96.5	15.3	13.4
	121	24.1	24.1	83.6	95.2	20.1	20.5
	122	22.7	25.0	79.6	92.1	18.1	21.9
	123	25.4	23.3	80.4	92.1	20.4	18.6
	124	20.9	22.0	84.4	98.2	17.6	23.4
	125	19.4	27.2	80.8	95.2	15.7	22.4
	126	13.1	30.8	72.2	92.9	9.5	16.7
	127	17.9	31.9	75.5	91.4	13.5	18.1
	128	18.4	29.2	76.8	92.0	14.1	20.2
	129	21.6	29.6	78.6	91.6	17.0	20.2
	130	18.0	31.0	76.9	92.3	13.8	17.4

	No.	eas/os	rc/os	schijn-bare vc eas	ware vc eas	veas/os	eas/os in faeces
	131	22.1	29.1	80.5	93.5	17.8	19.7
	132	23.6	29.5	82.4	94.5	19.4	22.7
	133	21.3	29.0	78.1	91.8	16.6	22.7
	134	21.2	29.6	77.1	90.8	16.3	23.8
	135	23.3	26.4	82.1	94.2	19.1	24.6
	136	26.6	17.1	83.0	93.7	22.1	27.8
	137	18.6	22.3	76.5	91.6	14.2	26.5
	138	13.3	30.3	67.6	88.4	9.0	17.1
	139	15.8	26.8	70.0	87.6	11.1	16.2
	140	21.6	21.2	79.8	92.8	17.2	21.7
	141	19.8	21.8	75.1	89.5	14.9	23.3
	142	17.3	24.4	68.7	84.9	11.9	21.1
	143	18.5	23.4	75.4	90.4	13.9	22.8
	144	18.5	25.3	73.0	88.7	13.5	21.9
	145	17.6	24.4	69.4	85.7	12.2	22.3
	146	18.1	24.2	75.5	91.7	13.7	20.5
	147	18.2	24.3	70.6	87.2	12.8	22.5
	148	18.6	22.6	70.6	86.0	13.1	24.6
DIJKSTRA, BROUWER, Versl. lbk. O. 45 (1939) 1. Voorjaarsgras. Schapen.	149	19.6	27.4	75.8	90.3	14.8	21.4
	150	16.1	27.9	71.5	89.0	11.5	19.7
	151	14.1	28.8	68.7	88.5	9.7	18.6
	152	13.2	29.2	67.7	88.9	8.9	17.1
	153	11.9	31.2	64.8	88.2	7.7	15.7
	154	11.6	33.2	61.5	85.5	7.1	13.9
	155	11.4	34.1	61.7	86.0	7.0	12.6
	156	11.0	34.0	57.6	82.9	6.4	12.1
	157	19.8	30.3	75.8	90.1	15.0	18.0
	158	17.2	31.7	73.3	89.7	12.6	15.4
	159	15.3	33.0	69.6	88.0	10.7	14.2
	160	14.1	34.8	66.3	86.3	9.3	13.2
	161	13.3	36.0	65.2	86.4	8.7	11.9

TABEL 3

HOOI

	No.	eas/os	rc/os	veas/os
WATSON, FERGUSON, Journ. min. of agric. 44 (1937) 247. Schapen.	1	10.9	37.2	4.5
	2	13.0	39.5	6.5
	3	11.3	35.4	5.7
	4	6.4	34.9	2.4
	5	9.2	38.5	3.5
	6	9.2	39.0	3.8
	7	8.8	37.0	3.4
	8	10.6	32.8	5.2
	9	9.7	33.7	5.0
	10	5.9	43.4	0.5
	11	11.7	33.4	6.0

	No.	eas/os	rc/os	veas/os
	12	10.0	35.0	5.4
	13	5.1	36.7	0.2
	14	10.7	36.6	5.2
	15	14.1	34.1	8.2
	16	9.9	38.7	4.9
	17	8.2	37.5	3.3
	18	8.5	34.3	3.6
	19	9.8	33.5	3.7
	20	11.2	37.9	5.7
	21	6.9	38.2	2.1
	22	11.5	36.7	6.2
WATSON, HORTON, Journ. agr. Sc. 26 (1936) 142.	23	7.2	43.9	3.6
Schapen.	24	7.0	32.6	2.5
	25	7.3	43.7	3.5
	26	7.4	42.7	3.3
	27	7.7	40.4	3.0
	28	7.7	32.8	3.6
	29	8.2	32.3	3.5
	30	8.4	38.9	4.2
	31	8.7	31.7	4.5
	32	9.0	32.6	4.5
	33	11.4	38.2	5.6
	34	13.2	26.0	8.8
	35	14.1	29.2	6.8
	36	15.0	29.2	9.4
	37	15.8	31.5	10.1
DIETRICH, KÖNIG, Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel (1891).	38	11.6	39.4	5.6
Schapen.	39	11.6	37.0	6.4
	40	10.3	30.5	6.0
	41	13.2	35.5	7.4
	42	11.2	35.6	6.3
	43	11.7	36.3	4.9
	44	14.8	26.9	10.1
	45	12.0	33.4	6.5
	46	11.4	29.0	6.4
	47	14.0	34.4	9.4
	48	21.5	26.9	14.6
	49	10.6	33.8	5.8
	50	12.6	35.6	8.3
	51	16.1	24.3	10.4
	52	9.5	37.9	5.0
	53	11.1	32.6	7.4
	54	20.8	27.1	15.3
	55	12.1	37.9	8.7
	56	9.1	41.2	5.1
	57	8.3	35.7	4.6
	58	8.2	36.5	4.5
	59	7.7	37.2	3.8
	60	12.8	31.6	7.4
	61	13.2	35.1	8.1
	62	13.9	30.2	8.9
	63	11.7	35.3	6.4

	No.	eas/os	rc/os	veas/os
	64	11.8	34.7	6.7
	65	12.1	35.3	7.1
	66	11.8	29.1	8.0
	67	15.6	27.6	10.8
	68	11.2	30.9	6.4
	69	14.6	28.2	8.4
	70	15.9	28.1	10.2
	71	11.1	32.8	5.9
	72	11.0	26.8	5.9
	73	10.5	29.4	6.0
	74	11.7	38.9	7.2
	75	10.7	34.9	5.8
Zwitserland (Prof. CRASEMANN). Schapen.	76	12.2	29.3	7.0
	77	10.8	35.6	5.8
	78	8.9	33.8	4.2
	79	14.3	27.6	9.3
	80	14.6	28.6	7.4
	81	12.9	36.2	8.3
	82	13.0	36.8	8.5
	83	12.7	35.4	8.2
	84	13.3	34.7	8.8
	85	10.8	34.8	6.5
	86	11.9	33.8	7.7
	87	11.9	32.6	7.7
	88	10.5	33.7	6.7
	89	10.0	32.1	6.1
	90	12.7	32.0	8.6
	91	13.3	32.9	8.7
	92	12.8	33.3	8.4
	93	14.6	38.9	9.6
	94	14.7	39.2	9.8
	95	16.3	37.1	11.4
	96	14.9	34.8	10.2
	97	13.7	40.6	8.9
	98	13.2	41.8	8.1
	99	13.8	40.7	9.0
	100	15.0	39.6	8.4
	101	15.5	33.6	9.8
	102	16.0	34.1	10.6
	103	20.2	32.0	14.0
	104	19.0	34.7	13.2
	105	18.2	34.7	12.8
	106	16.9	41.2	10.9
	107	17.0	42.8	11.0
	108	17.3	42.7	11.3
	109	18.3	39.1	12.2
	110	17.6	40.3	11.0
	111	17.7	39.0	10.7
	112	19.1	43.0	10.7
	113	18.0	41.5	11.1
	114	19.1	38.5	12.1
	115	10.8	44.4	5.8
	116	10.1	45.2	4.6

	No.	eas/os	rc/os	veas/os
	117	10.2	43.8	5.5
	118	10.6	38.7	6.2
	119	8.8	38.8	4.8
	120	9.4	34.5	5.6
	121	9.8	32.9	5.4
	122	11.7	32.1	7.1
	123	10.1	34.3	6.0
DIETRICH, KÖNIG, Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel, (1891). Runderen.	124	17.1	30.7	10.9
	125	14.3	39.5	9.2
	126	11.2	36.2	6.9
	127	12.3	28.2	6.9
	128	8.8	37.0	4.0
	129	13.3	28.4	8.0
	130	12.1	30.8	7.5
	131	12.3	31.6	6.8
	132	10.0	32.2	5.7
	133	10.5	34.0	5.1
BROUWER, DIJKSTRA, Versl. lbk. O. 44 (1938) 529. Runderen.	134	8.6	38.0	4.1
	135	13.9	35.0	7.6
	136	10.5	38.0	5.5
	137	11.3	37.8	5.4
	138	11.0	40.4	5.4
	139	13.0	35.2	6.8
	140	10.4	34.9	5.0
	141	9.9	39.2	4.6
	142	11.2	34.8	6.0

TABEL 4

DIERLIJKE VOEDERMIDDELEN UIT TABELLEN VAN KELLNER

No.	Voedermiddel	eas/os	veas/os
1	Bloedmeel	97.1	83.6
2	Vetkanen	69.7	66.2
3	Vischmeel, vetarm	96.2	86.6
4	„ , vetrijk	80.7	72.7
5	Haringmeel	78.9	69.4
6	Kabeljauwmeel	97.3	87.6
7	Witvischmeel	92.6	83.4
8	Vleeschmeel	84.6	78.6
9	Diermeel	70.8	55.9
10	Koemelk	30.4	28.7
11	„ , afgeroomd	42.6	40.4
12	„ , gecentrifugeerd	44.9	42.7
13	„ , karnemelk	44.0	41.8
14	Meikevers, versch	70.8	48.8
15	„ , gedroogd	70.9	48.9
16	Wei, zoet	14.9	13.4
17	„ , zuur	16.4	14.8
18	Walvischmeel, weinig beenderen	71.3	53.4
19	„ , veel „	70.0	52.5

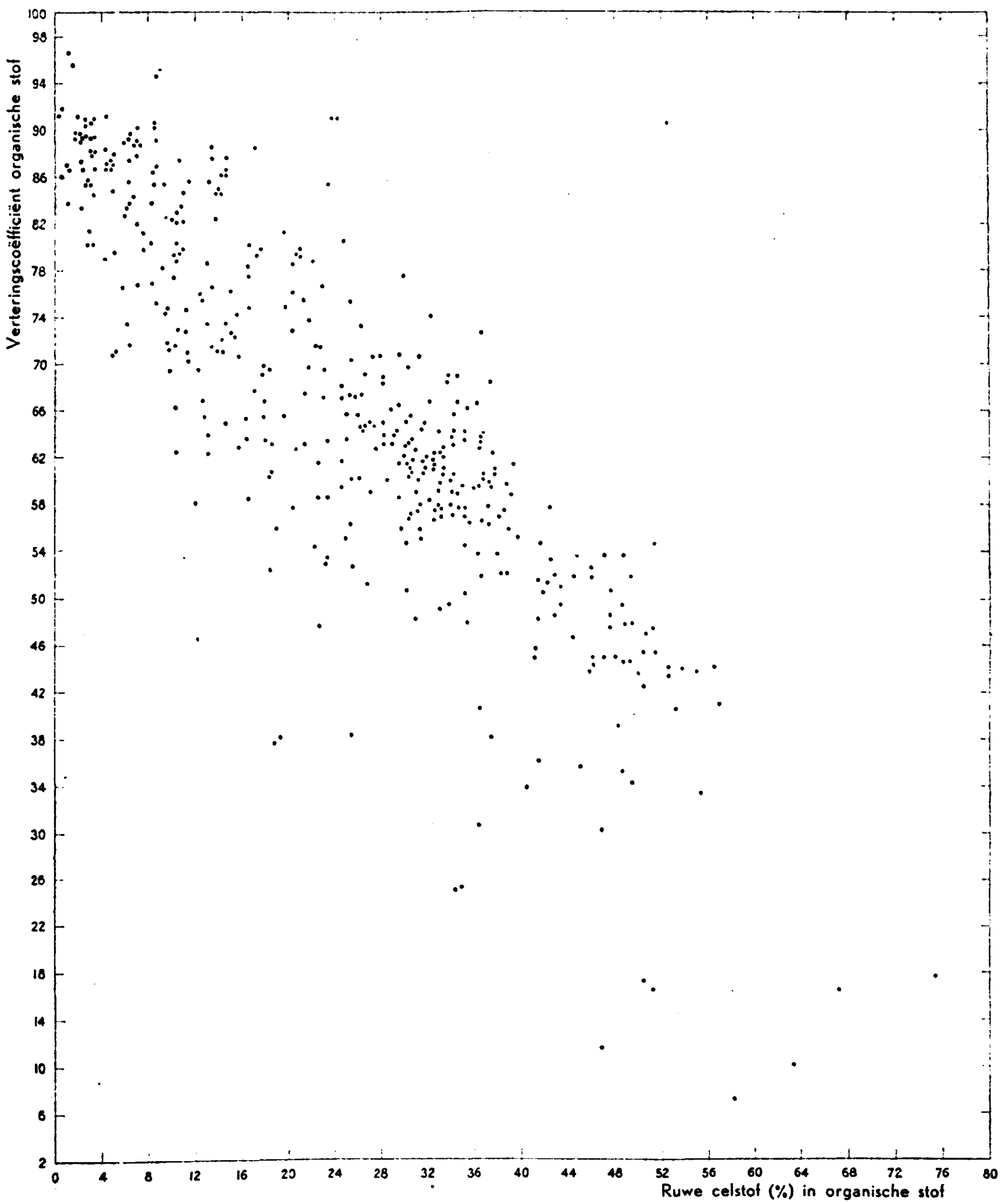

Diagram 1.

Correlatie tusschen ruwe celstof in de organische stof en de verteringscoëfficiënt van de organische stof.

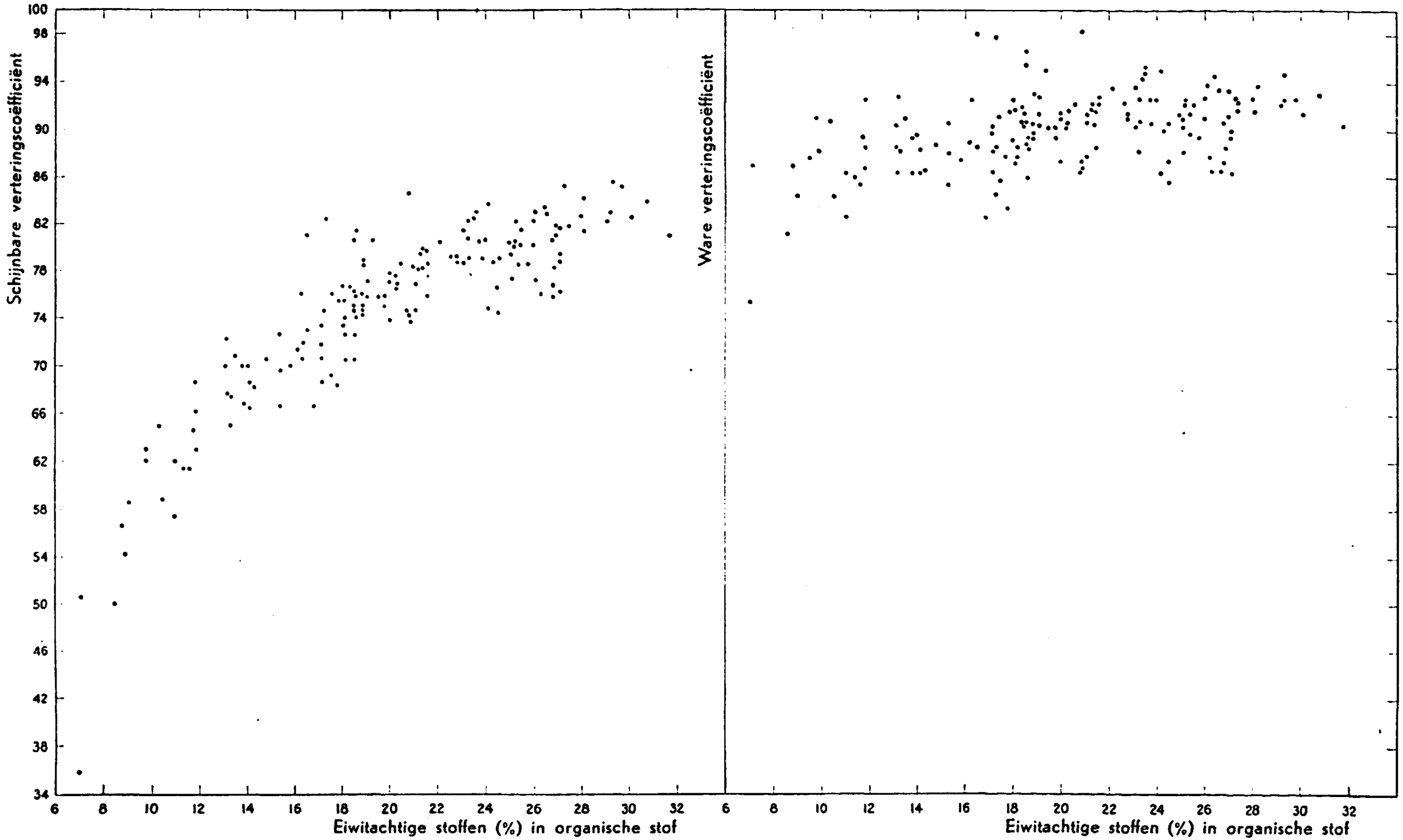

Diagram 2.

Correlatie tusschen eiwitachtige stoffen in de organische stof en de schijnbare verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen.

Correlatie tusschen eiwitachtige stoffen in de organische stof en de ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen.

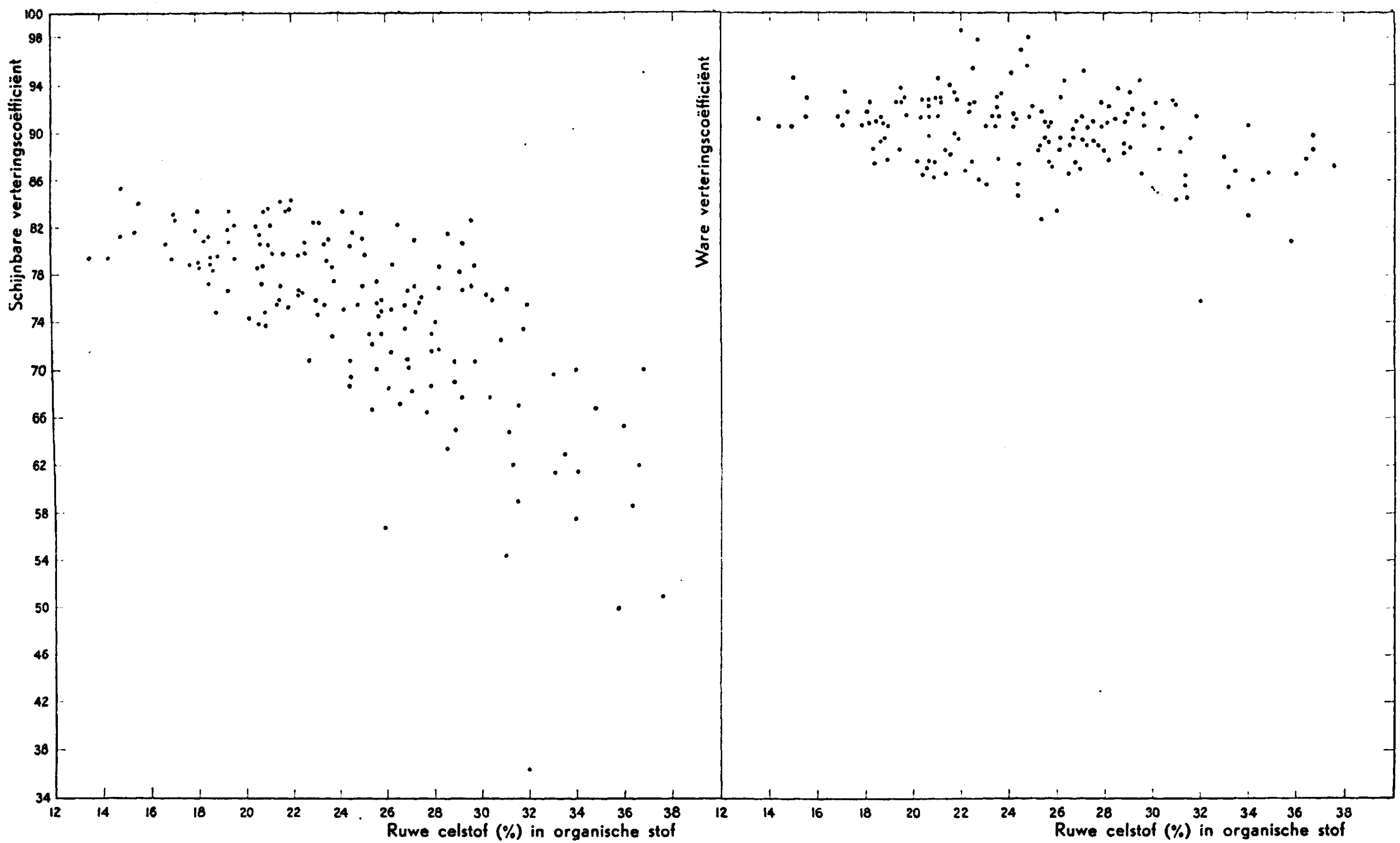

Diagram 3.

Correlatie tusschen ruwe celstof in de organische stof en de schijnbare verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen.

Correlatie tusschen ruwe celstof in de organische stof en de ware verteringscoëfficiënt van de eiwitachtige stoffen.

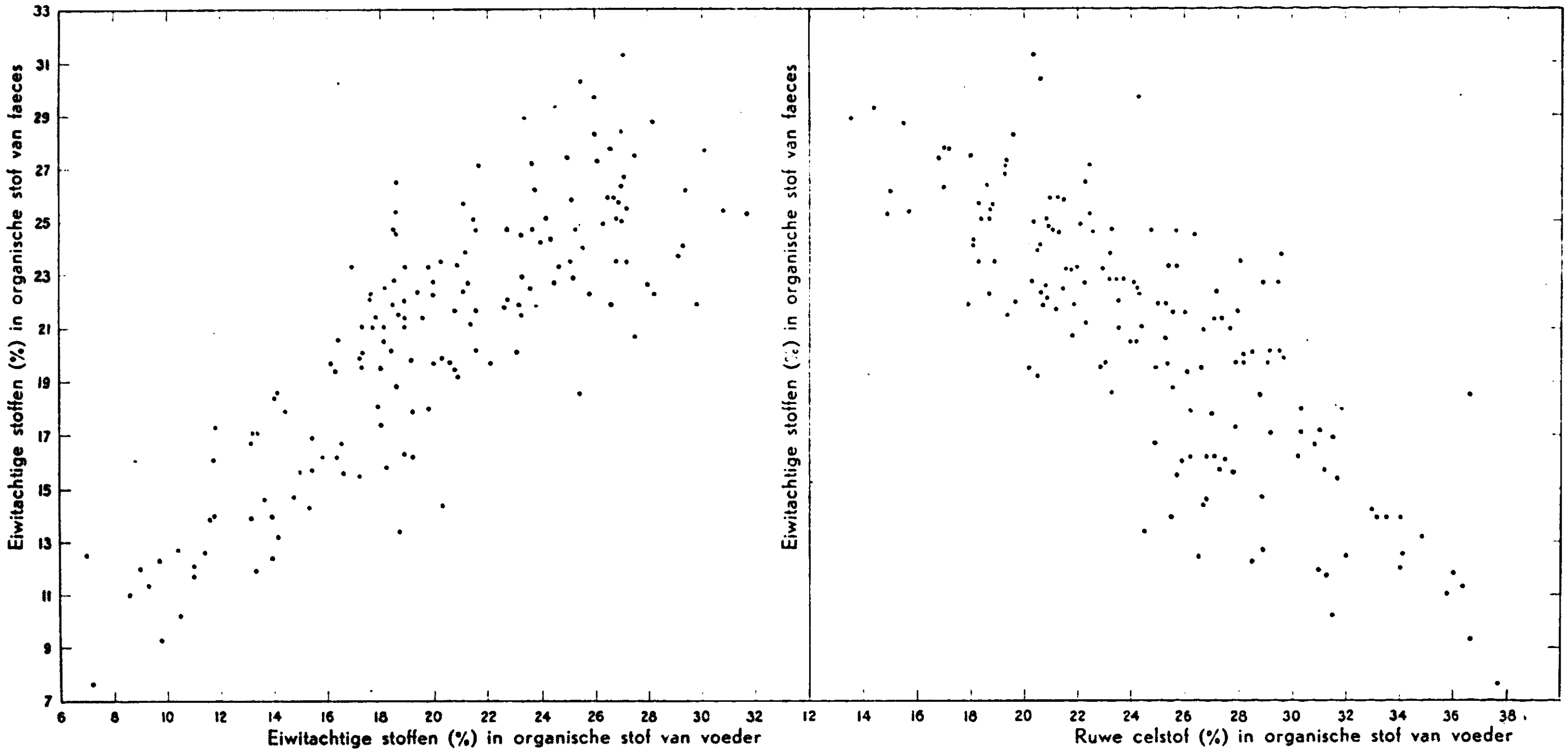

Diagram 4.

Correlatie tusschen eiwitachtige stoffen in de organische stof van voeder en eiwitachtige stoffen in de organische stof van faeces.

Correlatie tusschen ruwe celstof in de organische stof van voeder en eiwitachtige stoffen in de organische stof van faeces.