

Die Futtermittelanalyse und die Bestimmung der Verdaulichkeit der Futtermittel

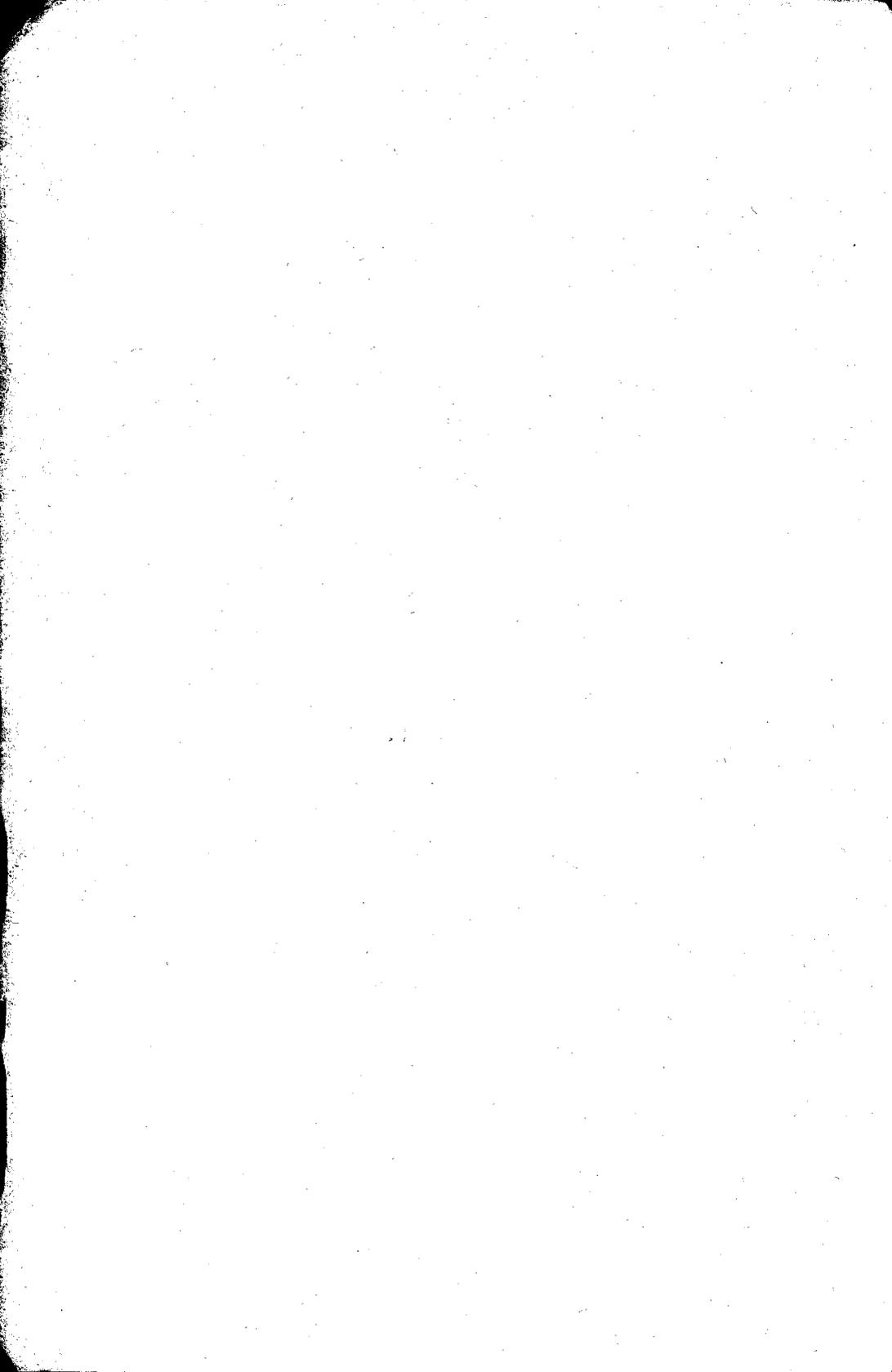
Von

A. C. Andersen

(Chemisches Laboratorium der königlich dänischen
landwirtschaftlichen Versuchsstation, Kopenhagen)

Sonderabdruck
aus dem Skandinavischen Archiv für Physiologie
1934. Band LXIX

Berlin und Leipzig 1934
Walter de Gruyter & Co.
vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung - J. Guttentag, Verlagsbuch-
handlung - Georg Reimer - Karl J. Trübner - Veit & Comp.



Herrn Prof. Dr. Vald. Henriques
an seinem 70. Geburtstag gewidmet.

Die Futtermittelanalyse und die Bestimmung der Verdaulichkeit der Futtermittel.¹

Von
A. C. Andersen.

(Chemisches Laboratorium der königlich dänischen landwirtschaftlichen Versuchstation, Kopenhagen.)

Seit Jahrzehnten ist die Formulierung einer Futtermittelanalyse die folgende gewesen:

1. Rohprotein oder Roheiweiß (= Gesamtstickstoff \times 6.25).
2. Rohfett (= alles was aus der entwässerten Substanz mit trockenem Äther ausgezogen werden kann).
3. Stickstofffreie Extraktstoffe (= alles, was nicht Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Asche oder Wasser ist).
4. Rohfaser (= die organische Substanz, die in Säure, Alkali, Wasser, Alkohol und Äther nach einem vereinbarten Verfahren ungelöst bleibt).
5. Asche (= alles, was durch nicht zu starkes Glühen zurückbleibt).
6. Wasser (= Gewichtsverlust beim Trocknen bei 100 bis 105°).

Diese Formulierung ist bekanntlich nicht auf einmal entstanden, sondern hat sich nach und nach entwickelt. Schon anfangs des vorigen Jahrhunderts sind verschiedene Futtermittel auf Grundlage ihres Gehaltes von in Wasser, Säure, Alkali und Alkohol löslichen Bestandteilen verglichen worden, d. h. die Futterstoffe wurden im Prinzip derselben Behandlung unterworfen wie bei unserer Rohfaserbestimmungsmethode, wenn auch die jetzige Form der letzterwähnten Methode erst 1864 von Henneberg vorgeschlagen wurde.

Vom rein chemischen Gesichtspunkte aus ist diese Formulierung natürlich gar nicht befriedigend, denn keine von den erwähnten Gruppen ist als chemisches Individuum oder nur als einigermaßen einheitliche Substanz zu bezeichnen. Sie ist daher auch öfters kritisiert worden,

¹ Der Redaktion am 6. Januar 1934 zugegangen.

und mehrmals wurden Vorschläge zu einer Umgestaltung der Futtermittelanalyse veröffentlicht, z. B. von J. König¹ und E. Schulze², bisher jedoch ohne Erfolg. Wenn auch von chemischen Gesichtspunkten aus schwerwiegende Einwände gegen die gewöhnliche Form der Futtermittelanalyse erhoben werden können, so ist sie doch vom Standpunkte der Fütterungslehre aus immer noch zu verteidigen, weil sie in Verbindung mit den Verdauungskoeffizienten der erwähnten Stoffgruppen als Bestandteile verschiedener Futtermittel sowie mit den Kellnerschen und Nils Hanssonschen Wertigkeitsfaktoren uns wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung des Futterwertes verschiedener Futtermittel geben kann. Die Verdauungskoeffizienten, die durch mühsame Arbeit experimentell gefunden und in leichtzugänglichen Tabellen zusammengestellt sind, sowie auch die Wertigkeitsfaktoren stehen mit der oben erwähnten Form der Futtermittelanalyse in engster Beziehung; wird diese Analysenform verlassen, dann könnte man leicht dazu gelangen, daß weder die von Kellner geschaffene Berechnung vom Stärkewert der Futtermittel, bzw. die von Nils Hansson angegebene im Prinzip gleiche Berechnung vom Futtereinheitswert der Futtermittel, noch die Benutzung des großen Zahlenmaterials, das uns durch die vielen experimentellen Bestimmungen der Verdaulichkeit und Verwertung der verschiedenen Futtermittel jetzt zur Verfügung steht, mehr möglich ist. Damit eine Umgestaltung der bisher benutzten Analysenform Aussicht auf ein günstiges Resultat hätte, müßte die Umgestaltung daher eine solche sein, daß das unter Benutzung der alten Form herbeigeschaffene Zahlenmaterial zur Beurteilung von Verdaulichkeit und Verwertbarkeit der Futtermittel auf die neue Form übertragen werden könnte.

Von diesem Gesichtspunkte aus sollen hier einige Betrachtungen über die Genauigkeit, die dem Verdauungskoeffizienten bei Versuchen mit Wiederkäuern, und zwar mit Kühen bezumessen ist, angestellt werden, ehe es versucht wird, eine etwas abgeänderte Form der Futtermittelanalyse aufzustellen, die die eben erwähnte Forderung erfüllt.

Die Genauigkeit, mit welcher Verdauungskoeffizienten bestimmt werden können, wird von vielen Faktoren beeinflusst. Erstens können verschiedene Tiere derselben Gattung etwas verschieden verdauen, dann kann die Verdauung von der Größe des Futters beeinflusst werden; außerdem wird die Feststellung der Größe der durchschnittlichen täglichen Kotmenge — die bei Verdaulichkeitsbestimmungen notwendig ist — fast immer fehlerhaft sein, wenn auch der Fehler durch hinreichend lange Versuchsperioden sich vermindern läßt. Zweitens kommen in

¹ J. König, *Die landwirtschaftl. Versuchsstationen*. 1897. Bd. XLVIII. S. 81.

² E. Schulze, *Ebenda*. 1898. Bd. XLIX. S. 419.

Betracht die Schwierigkeiten, die mit der Entnahme von kleinen, für die chemische Analyse bestimmten Durchschnittsproben der großen Futter- und Kotmengen verbunden sind, die während eines Versuches mit größeren Versuchstieren, wie z. B. Kühen, verwendet, bzw. ausgeschieden werden, und drittens kommt hierzu noch die Unsicherheit (d. h. die unvermeidlichen zufälligen Fehler) der eigentlichen chemischen Analysen von Futter- und Kotproben. Viertens muß daran erinnert werden, daß die meisten Futtermittel, deren Verdaulichkeit zu bestimmen ist, nicht als einziges Futter den Tieren verabreicht werden können, sondern neben einem Grundfutter verfüttert werden müssen, dessen Verdaulichkeit für sich zu bestimmen ist; die Schwankungen in der Verdaulichkeit des Grundfutters werden aber dann mit ihrer vollen Größe auf die als Differenz bestimmte Verdaulichkeit des zu untersuchenden Versuchsfutters übertragen. Alle diese Faktoren für sich oder in ihrem Zusammenwirken erschöpfend zu behandeln ist natürlich nicht möglich; im folgenden werden nur einige von den erwähnten Faktoren beispielsweise besprochen auf Grundlage verschiedener im Laufe der Jahre gemachten Erfahrungen, um die vorgeschlagene Abänderung der Analysenform besser zu begründen.

Die chemische Analyse der Futtermittel und des Kotes wird gewöhnlich, wie schon oben besprochen, formuliert. Rationell ist hier eigentlich nur die Stickstoffbestimmung; die übrigen Bestimmungen sind alle mehr oder weniger konventionell.

Was die Stickstoffbestimmungen betrifft, werden sie immer nach dem Kjeldahl-Verfahren ausgeführt, und es ist gar nicht schwierig, die Arbeitsmethode derartig zu gestalten, daß Doppelbestimmungen in nicht zu stickstoffarmen Stoffen weniger als 1 Proz. des Stickstoffgehalts differieren. Auch wird es für verschiedene Analytiker nicht schwierig sein, bei Stickstoffbestimmungen innerhalb einigermaßen enger Grenzen zu den gleichen Resultaten zu kommen, wenn man auch mit etwas größeren Differenzen bei den Resultaten verschiedener Analytiker zu rechnen hat, als wenn es sich um mehrere, von demselben Analytiker ausgeführte Bestimmungen handelt. Wird jedoch der Stickstoffgehalt eines Futtermittels als Durchschnittswert mehrerer Einzelbestimmungen angegeben — und das wird wohl immer der Fall sein —, dann sollte man infolge der rationellen Grundlage der Stickstoffbestimmungsmethode auch damit rechnen können, daß Stickstoffbestimmungen in Ölkuchen und derartigen Stoffen bis auf etwa 1 Proz. des Stickstoffprozentages richtig seien.

Wie schon oben erwähnt, sind die anderen Bestimmungen in der gewöhnlichen Futtermittelanalyse mehr oder weniger konventionell,

d. h. sie werden nach vereinbarten Methoden ausgeführt, was gewöhnlich bedeutet, daß man mit einer geringeren Genauigkeit rechnen muß, denn Vereinbarungen sind fast nie derartig formuliert, daß kein Platz für Abweichungen in der Arbeitsweise übrigbleibt. In jedem einzelnen Laboratorium wird die Arbeitsweise wohl immer so gleichartig sein, daß man nicht nur einigermaßen übereinstimmende Doppelbestimmungen bekommt, sondern auch innerhalb gewisser Grenzen reproduzierbare Resultate erhält; gleichzeitig können aber zwischen mehreren Laboratorien solche Verschiedenheiten der Ausführungsweise der Vereinbarungen bestehen, daß sie zu sehr abweichenden Resultaten Anlaß geben können.

Als Beispiel kann die Bestimmung der Rohfaser erwähnt werden. Die Vereinbarung des Verbandes Landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reich hat den folgenden Wortlaut: „3 g der lufttrockenen Probe, die so fein gemahlen ist, daß sie leicht restlos durch ein 1 mm-Sieb fällt, werden in einem Becherglase — Porzellanschale ist nicht so gut geeignet —, das bei 200 ccm eine Marke trägt, mit 50 ccm einer 5prozent. Schwefelsäure und 150 ccm Wasser genau 30 Minuten über freier Flamme unter Ersatz des verdampfenden Wassers gekocht. Danach wird filtriert und der Rückstand bis zum Verschwinden der sauren Reaktion mit heißem Wasser ausgewaschen. Das Filtrat muß vollkommen klar und frei von suspendierten Substanzteilchen sein. Dann wird der Rückstand in das Becherglas zurückgegeben und nunmehr genau 30 Minuten in gleicher Weise mit 50 ccm einer 5prozent. Kalilauge und 150 ccm Wasser gekocht; darauf wird filtriert, der Rückstand zunächst bis zur neutralen Reaktion mit heißem Wasser und dann mit Azeton ausgewaschen. Danach wird der Rückstand in eine ausgeglühte Platinschale gebracht, 3 Stunden bei 105° getrocknet, nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen, auf freier Flamme geglüht und nach vollständigem Verbrennen der organischen Substanz wieder gewogen. Der Gewichtsverlust zeigt den Gehalt an Rohfaser an.“¹

In seinem viel verwendeten Handbuche: „Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe“, 5. Auflage, Berlin 1923, schreibt J. König, daß die Ausführungsweise vereinbart ist, um die vielen Unstimmigkeiten, die mit der Rohfaserbestimmung in den verschiedenen Laboratorien erhalten zu werden pflegen, zu beseitigen, fügt aber dann hinzu: „Ob diese Vorschrift bei allen Futter- und Nahrungsmitteln durchführbar sein und die Unstimmigkeiten beseitigen wird, lasse ich dahingestellt.“

Ein jeder, der sich mit Rohfaserbestimmungen beschäftigt hat, wird wissen, daß die Resultate erstens davon abhängen, wie das Sieden aus-

¹ Die landwirtschaftl. Versuchsstationen. 1919. Bd. XCV. S. 29 und 1921. Bd. XCVII. S. 155.

geführt wird, zweitens und hauptsächlich aber von dem Filtrieren. Die Lösungen, die bei dem Kochen erhalten werden, sind zwar recht verschiedenartig, fast immer werden sie jedoch kolloid sein; wendet man einen zu dichten Filter an, dann nimmt das Filtrieren daher kein Ende, und wenn der Filter zu offen ist, gehen ungelöste Partikelchen hindurch, und die Resultate fallen zu niedrig aus.

Im hiesigen Laboratorium wird das Kochen sowohl mit Säure wie auch mit Lauge in 500 ccm Jenaglas Kolben, die mit ganz einfachen Rückflußkühlern versehen sind, durchgeführt; es findet somit keine Volumenänderung durch Wegkochen von Wasser statt. Das Filtrieren geschieht in folgender Weise: Ein Glasrohr von etwa 25 cm Länge und 7 bis 8 mm Diameter und mit einer Wandstärke von etwa 1 mm wird in der Nähe des einen Endes so stark erhitzt, daß das Glas erweicht wird, und dann derartig ausgezogen werden kann, daß sich 15 bis 20 mm von dem einen Ende des Rohres eine Einengung bildet, wo die freie Öffnung nur 2 bis 3 mm beträgt. In die im Ende des Rohres in dieser Weise gebildete kleine Glocke werden etwa 0.5 g feinsten Glaswolle derartig eingestopft, daß der gebildete Büschel sitzen bleibt, während der überschüssige Teil der Glaswolle pinselartig aus dem Rohre ragt. Das andere Ende des Rohres wird dann mittels eines dickwandigen Gummischlauches mit einer Glasflasche verbunden, die mit einer Saugpumpe in Verbindung steht. Nach beendetem Kochen bleibt der Kolben ein paar Minuten ruhig stehen, dann wird das Glasrohr mit dem Glaswollebüschel in die Flüssigkeit geführt, und die Saugpumpe langsam in Gang gesetzt; die Filtration findet dann durch die Glaswolle statt, die das nicht gelöste zurückhält, während das Filtrat sich in der eingeschobenen leeren Flasche sammelt, wo nachgesehen werden kann, ob es klar abgesaugt worden ist. Klar, d. h. optisch leer, wird das saure Filtrat wohl fast nie sein können, weil es sich um eine kolloide Lösung handelt, Partikelchen dürften aber nicht zu beobachten sein; wird das saure Filtrat alkalisch gemacht, verschwindet gewöhnlich das kolloide Aussehen unter Bildung einer anscheinend optisch leeren Lösung. Wenn die Flüssigkeit völlig abgesaugt ist, wird die Verbindung mit der Saugpumpe unterbrochen, 200 ccm Wasser werden in den Kolben gebracht, dort zum Sieden erhitzt und dann wieder abgesaugt, und dieses Verfahren wird noch einmal wiederholt. Nachher wird der Glaswollebüschel aus dem Filtrierrohr entfernt und in dem Kolben zurückgelassen, wo die Glaswolle und der ungelöste Rest der Probe mit 50 ccm 5prozent. Kalilauge und 150 ccm Wasser 30 Minuten gekocht wird; die Filtration und das Auswaschen findet in ganz derselben Weise statt wie eben für die schwefelsaure Flüssigkeit beschrieben unter Verwendung eines neuen Glaswollebüschels, der nach dem zweimaligen Auskochen mit Wasser und Filtrieren auch in dem Kolben zurückgelassen

wird. Alles was sich im Kolben befindet — d. h. Glaswolle und ungelöste Substanz —, wird jetzt mittels warmen Wassers in einen mit Asbest besichteten Gooch'schen Filtriertiegel überführt und mit heißem Wasser, Alkohol und Äther gewaschen. Der Tiegel mit Inhalt wird dann in ein Trockengläschen gestellt und nach der oben erwähnten Vorschrift getrocknet und gewogen; dann wird der Tiegel vorsichtig erhitzt, bis die organische Substanz vollständig weggebrannt ist, etwas abgekühlt, in das Trockengläschen zurückgestellt, im Exsikkator ganz abgekühlt und schließlich wieder gewogen; der Gewichtsverlust zeigt dann die in der abgewogenen Substanz enthaltene Rohfasermenge an.

Im hiesigen Laboratorium, wo sehr viele Analysen verschiedener Futtermittel ausgeführt werden und seit Jahren ausgeführt worden sind, werden immer Doppelbestimmungen durchgeführt. Nach und nach sind wir dazu gekommen, für die gewöhnlichsten Bestimmungen feste Regeln aufzustellen über die eben tolerierten Größen der Differenzen bei gleichzeitig ausgeführten Doppelbestimmungen; werden diese Größen überschritten, so müssen die Resultate durch erneuerte Bestimmungen gesichert werden. Eine so gute Übereinstimmung, wie die für Stickstoffbestimmungen oben besprochene, ist bei Rohfaserbestimmungen nicht zu erreichen; mit dem oben beschriebenen Verfahren werden hier die folgenden Differenzen bei gleichzeitig ausgeführten Doppelbestimmungen toleriert:

Bei Stroh	und ähnlichen Stoffen	0·8
„ Heu, Gras	„ „ „	0·6
„ Ölkuchen	„ „ „	0·5
„ Samen, Kleie	„ „ „	0·3.

Die Fett-, Asche- und Wasserbestimmungen geben wohl nicht in demselben Maße wie die Rohfaserbestimmungen zu einer differierenden Ausführungsweise Anlaß, und Doppelanalysen stimmen deshalb gewöhnlich auch viel besser miteinander überein.

Unter Rohfett versteht man, wie schon erwähnt, alles was aus der wasserfreien Substanz mit trockenem Äthyläther ausgezogen werden kann. Es muß daher die Substanz vor der Extraktion getrocknet werden — im Vakuum oder in einer indifferenten Luftart, wenn trocknende (oxydierbare) Fette vorhanden sind — und auch der Äther muß sorgfältig getrocknet sein. Wenn auch diese beiden Punkte besonders berücksichtigt werden, gibt es noch eine Fehlerquelle: Die Dauer der Extraktion. Die Definition des Rohfettes spricht von allem was ausgezogen werden kann; leider ist es aber so, daß man immer um so höhere Resultate erhält, je länger extrahiert wird, wenn auch die Werte zuletzt nur langsam heranwachsen.

Was die Aschenbestimmung betrifft, so ist auch hier eine Fehlerquelle vorhanden, welche keine Vereinbarungen eliminieren können: Die Temperatur des Einäschens. Bei zu niedriger Temperatur nimmt die Veraschung kaum ein Ende, und bei zu hoher Temperatur können Verluste durch Verdampfen leicht flüchtiger Chloride eintreten. Wird das Wegbrennen schwer verbrennlicher Kohle durch das Hinzufügen von Ammoniumnitrat beschleunigt, dann kann es leicht geschehen, daß die Asche mehr oder weniger Chlor verliert, ja vollkommen chlorfrei werden kann, und die Resultate der Aschenbestimmung fallen dann zu niedrig aus.

Ohne die Fett- und Aschenbestimmung näher zu erörtern, soll nur erwähnt werden, daß man nach den Erfahrungen im hiesigen Laboratorium sowohl bei Rohfett- wie auch bei Aschenbestimmungen mit Differenzen gleichzeitig ausgeführter Doppelanalysen von 0·10 bis 0·12 zu rechnen hat, wenn die vorhandenen Mengen nur klein sind, sonst mit Differenzen von etwa 1 Proz. der vorhandenen Menge Rohfett bzw. Rohasche.

Bei Wasserbestimmungen findet man sehr selten, daß gleichzeitig ausgeführte Doppelbestimmungen mit 1 Proz. des vorhandenen Wassergehalts differieren. Trotzdem ist die Wasserbestimmung oft mit erheblichen Fehlern behaftet, denn die gefundene Wassermenge ist stark von der Schnelligkeit abhängig, mit welcher das Wasser aus der zur Wasserbestimmung abgewogenen Substanzmenge entweicht, was durch einen Versuch leicht demonstriert werden kann:

In vier Trockengläschen mit eingeschliffenem Stöpsel wurden je 5 g Baumwollsaatkuchenehl abgewogen. Zwei von den Gläsern wurden mit eingesetztem Stöpsel 2 Stunden in den Trockenschrank bei 100° gestellt; die abgewogene Substanz wurde somit 2 Stunden bei 100° gehalten, ohne daß das Wasser entweichen konnte. Nachher wurden die beiden Gläser sowie die beiden, die nicht erhitzt worden waren, mit abgenommenen Stöpseln in den Trockenschrank bei 100° gestellt, bis sie trocken waren. Die Proben, die in geschlossenen Gläsern erhitzt wurden, zeigten dann bei dem Trocknen einen Wassergehalt von 10·11 Proz. Wasser an, während die anderen, die vorschriftsmäßig behandelt, d. h. vorher nicht erhitzt worden waren, einen Gehalt von nur 9·66 Proz. ergaben. Der Umstand, daß das Wasser nicht sofort entweichen konnte, hat somit eine nicht unerhebliche Steigerung des gefundenen Wassergehalts bedingt. Andere Futtermittel zeigen ein ähnliches Verhalten.

Während man, wie schon oben gesagt, bei den Stickstoffbestimmungen mit einer Genauigkeit der Bestimmungen von etwa 1 Proz. des Stickstoffgehalts rechnen darf, soll hier um Mißverständnisse vorzubeugen, ausdrücklich betont werden, daß die Größe der erwähnten tolerierten Differenzen bei Doppelbestimmungen nach den besprochenen empirischen

und konventionellen Methoden natürlich nicht die Genauigkeit der erhaltenen Resultate anzeigt; bei derartigen Bestimmungen, wie die hier in Frage kommenden geben die Differenzen gleichzeitig ausgeführter Doppelbestimmungen nur die Arbeitspräzision des betreffenden Analytikers an, d. h. sie zeigen wie sklavisch gleichartig er arbeitet oder arbeiten kann. Wird dieselbe Substanz von einem anderen Analytiker untersucht, dann hat man mit größeren Differenzen zwischen den Resultaten der verschiedenen Analytiker zu rechnen, die Größe derselben kann jedoch nur durch Versuche erhellt werden. Solche Versuche sind auch angestellt worden, ehe sie aber besprochen werden, seien einige Betrachtungen über die sog. „Stickstofffreien Extraktstoffe“ vorausgeschickt.

Unter „Stickstofffreien Extraktstoffen“ versteht man bekanntlich in der Futtermittelanalyse alles, was mittels der erwähnten vereinbarten Methode nicht als Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Asche oder Wasser bestimmt werden kann, d. h. die stickstofffreien Extraktstoffe müssen ein Gemenge der verschiedenartigsten organischen Stoffe sein, wozu noch kommt, daß alle Fehler, die bei den Bestimmungen von Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Asche und Wasser gemacht werden, sich auf die Menge der stickstofffreien Extraktstoffe direkt übertragen.

Wenn man von denjenigen Fehlern absieht, die sozusagen rein theoretischer Art sind, indem sie auf Definitionen oder Vereinbarungen beruhen (z. B. die Verwendung des Faktors 6·25 zum Berechnen der Rohproteinmenge aus dem Stickstoffgehalt oder die verschiedenen Begriffe, wie Rohfett und Rohfaser an sich) und deshalb sozusagen nicht direkt zu Differenzen bei den Analysen Anlaß geben, dann ist es ohne weiteres ersichtlich, daß die Fehler, die bei der Bestimmung der stickstofffreien Extraktstoffe von größter Bedeutung sind, von Bestimmungen der Rohfaser herrühren müssen. Die Methode der Rohfaserbestimmung ist nämlich in ihrer Ausführungsform eine derartige, daß die zufälligen Fehler dieser Bestimmung diejenigen der Bestimmungen von Rohprotein, Rohfett, Asche und Wasser weit übertreffen und deshalb von ausschlaggebendster Bedeutung sein müssen.

Als Illustration der hier mitgeteilten Überlegungen können die folgenden Analysenergebnisse dienen. Größere Proben von Stroh, Heu, Weizenkleie, Gerste, Kokoskuchen und Baumwollsaatkuchen wurden sehr fein gemahlen. Jede Probe wurde dann nach sorgfältigem Durchmischen in 6 Teile geteilt und in Gläser gefüllt, die mit eingeschliffenen Glasstopfen versehen waren. Sechs verschiedene Analytiker (ausgebildete Chemiker, die nur solche Futtermittel zur Analyse erhalten, die bei den Fütterungsversuchen der landwirtschaftlichen Versuchswirksamkeit verwendet werden) erhielten dann je eine Probe von jedem Futtermittel, wobei zu bemerken ist, daß die verschiedenen Proben in solcher Weise bezeichnet

worden waren, daß keiner von den Analytikern davon Kenntnis bekam, daß es sich um verschiedene Portionen derselben Proben handelte. Die Analysen wurden nach den gewöhnlichen z. T. oben erwähnten Verfahren und Vorschriften durchgeführt; von den Resultaten sind in Tabelle I für jedes Futtermittel die Durchschnittswerte der sechs Analysen sowie der höchste und der niedrigste Wert des gefundenen Rohproteins, Rohfetts usw. angegeben. Ferner sind überall die Differenzen zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert notiert, und es ist unmittelbar daraus zu ersehen, was eben erwähnt wurde, daß die Differenzen, die ja als Ausdruck der zufälligen Fehler betrachtet werden können, bei den Rohfaserbestimmungen am größten sind.

Tabelle I.
Resultate sechs verschiedener Analytiker beim Untersuchen derselben Proben.

		Rohprotein	Rohfett	Stickstofffreie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche	Wasser
Stroh	Max. . . .	4·25	2·19	40·95	32·75	7·32	13·79
	Mittel . . .	4·21	2·15	40·54	32·23	7·24	13·63
	Min.	4·17	2·10	40·04	31·73	7·10	13·52
	Max. ÷ Min.	0·08	0·09	0·91	1·02	0·22	0·27
Heu	Max. . . .	7·87	2·30	44·30	24·77	6·90	15·20
	Mittel . . .	7·84	2·16	43·86	24·28	6·72	15·14
	Min.	7·79	2·07	43·03	23·89	6·53	15·05
	Max. ÷ Min.	0·08	0·23	1·27	0·88	0·37	0·15
Kleie	Max. . . .	17·06	4·54	51·73	9·44	6·00	11·97
	Mittel . . .	17·01	4·52	51·48	9·21	5·98	11·80
	Min.	16·88	4·48	51·29	9·04	5·97	11·66
	Max. ÷ Min.	0·18	0·06	0·44	0·40	0·03	0·31
Gerste	Max. . . .	10·56	2·10	69·16	4·62	2·62	11·95
	Mittel . . .	10·54	2·05	68·85	4·16	2·58	11·82
	Min.	10·50	1·99	68·41	3·98	2·55	11·75
	Max. ÷ Min.	0·06	0·11	0·75	0·64	0·07	0·20
Kokoskuchen	Max. . . .	20·94	7·67	47·29	10·42	6·53	9·44
	Mittel . . .	20·86	7·58	46·40	9·58	6·43	9·15
	Min.	20·76	7·53	45·79	8·62	6·29	8·96
	Max. ÷ Min.	0·18	0·14	1·50	1·80	0·44	0·48
Baumwollsaatkuchen	Max. . . .	47·75	7·50	24·02	5·50	6·98	9·73
	Mittel . . .	47·46	7·45	23·56	5·04	6·88	9·61
	Min.	47·23	7·40	23·05	4·89	6·82	9·40
	Max. ÷ Min.	0·52	0·10	0·97	0·61	0·16	0·33

Wie schon erwähnt, handelt es sich um sechs verschiedene Futtermittel, die alle von sechs verschiedenen Analytikern analysiert worden sind; es liegen somit 36 Stickstoffbestimmungen, 36 Rohfettbestimmungen usw. vor, die alle doppelt ausgeführt worden sind.

Von den 36 Differenzen, die aus den 36 Doppelbestimmungen von Stickstoff hervorgehen, sind nur zwei — beide bei Stickstoffbestimmung des Strohs — größer als 1 Proz. des betreffenden Stickstoffgehalts; trotzdem sind die Differenzen zwischen dem maximalen und dem minimalen Gehalt an Rohprotein bei Stroh etwa 2 Proz., bei Heu, Kleie und Baumwollsaatkuchen ein wenig mehr als 1 Proz. des betreffenden Stickstoffgehaltes. Ein ähnliches Verhalten macht sich bei den anderen Bestimmungen geltend; erwähnt sei nur noch, daß keine von den 36 Differenzen der 36 Doppelbestimmungen des Wassers 1 Proz. des betreffenden Wassergehaltes erreicht hat, und trotzdem differieren die gefundenen maximalen und die entsprechenden minimalen Wasserprocente bis etwa 3 Proz. des betreffenden Wassergehaltes. Es macht sich somit ein nicht unerhebliches „persönliches Moment“ bei den Futtermittelanalysen geltend, von welchem auch die Bestimmung der Verdauungskoeffizienten beeinflußt werden muß.

Wenn es sich um die Bestimmung von Verdauungskoeffizienten handelt, ist der während der Versuchsperiode ausgeschiedene Kot in derselben Weise zu analysieren wie die gegebenen Futtermittel. Die oben für die verschiedenen analytischen Bestimmungen erwähnten Fehlerquellen machen sich dann auch bei der Analyse des Kotes geltend, und jedenfalls was die Rohfaserbestimmung betrifft in erhöhtem Maße. Es ist nämlich eine allgemeine Erfahrung, daß Rohfaserbestimmungen im Kot gewöhnlich viel schlechter miteinander übereinstimmen als solche in den meisten Futtermitteln; vielleicht ist der Gehalt des Kotes an Gallebestandteilen daran Schuld, denn die Gallebestandteile begünstigen bekanntlich die Bildung von kolloiden Lösungen und erschweren dadurch die Filtrierungen.

Um die Größe der Schwankungen bei Kotanalysen zu illustrieren, wurde ein Versuch wie der oben für Futtermittel besprochene angestellt. Eine größere Portion gemischten Kotes mehrerer Kühe, denen ein gewöhnliches gemischtes Futter verabreicht war, wurde getrocknet, fein gemahlen und in 6 Teile geteilt, die je für sich der Luft ausgesetzt wurden, damit sie wieder etwas Feuchtigkeit aufnehmen konnten. Dann wurde jede Probe für sich in ein Glas gegeben, das verschieden gemerkt worden war, und die Proben an sechs verschiedene Analytiker gegeben. Weil die Proben infolge der Behandlung einen verschiedenen Wassergehalt hatten, wurden die Resultate der sechs verschiedenen Analytiker auf die Zusammensetzung der Trockensubstanz umgerechnet; diese Resultate sind in der Tabelle II zusammengestellt.

Zu den Zahlen in der Tabelle II muß bemerkt werden, daß überall zumindest Doppelbestimmungen vorliegen, deren Differenzen, was die

Wasser-, Stickstoff- und Aschebestimmungen betrifft, nie 1 Proz. des entsprechenden Gehaltes überschreiten. Trotzdem haben sich, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, zwischen den Resultaten der einzelnen Analytiker erhebliche Unterschiede ergeben; am größten sind sie bei der Rohfaser, wo die Differenz zwischen dem maximalen und dem minimalen Gehalt etwa 16 Proz. des Durchschnittswertes beträgt, was dann natürlich auch einen sehr großen Unterschied im gefundenen Gehalt der stickstofffreien Extraktstoffe bedingt hat.

Tabelle II.

Resultate sechs verschiedener Analytiker beim Untersuchen derselben Probe von Kot.

	Rohprotein	Rohfett	Stickstofffreie Extraktstoffe	Rohfaser	Asche
	14·64	3·37	44·83	22·74	14·42
	14·56	3·27	43·22	24·41	14·54
	14·67	3·20	42·84	24·88	14·41
	14·73	3·29	41·13	26·67	14·18
	14·74	3·27	44·34	23·16	14·49
	14·52	3·34	43·12	24·68	14·34
Max.	14·74	3·37	44·83	26·67	14·54
Mittel	14·64	3·29	43·25	24·42	14·40
Min.	14·52	3·20	41·13	22·74	14·18
Max. ÷ Min.	0·22	0·17	3·70	3·93	0·36

Diesen, durch rein zufällige Fehlerquellen der Analysen von Futter und Kot bedingten Differenzen gegenübergestellt, kann man sich nicht mehr wundern, daß die in der Literatur zusammengestellten Verdauungskoeffizienten erheblich differieren; außerdem ist noch zu erinnern, was schon oben erwähnt wurde, daß auch das Herausnehmen von Proben von Futter und Kot, sowie das Verhalten der Versuchstiere die Genauigkeit der gefundenen Verdauungskoeffizienten beeinflußt.

Es ist nun kaum zu glauben, daß bei dem Herausnehmen von Durchschnittsproben von Futter und Kot ebenso große zufällige Fehler auftreten wie bei der chemischen Analyse. Dies näher zu beleuchten wird sehr schwierig sein, weil die Verhältnisse bei den einzelnen Futterstoffen recht verschieden liegen müssen, davon ganz abgesehen in welcher Weise das Herausnehmen von Proben bewerkstelligt wird. Die im hiesigen Laboratorium gewonnenen Erfahrungen deuten darauf hin, daß es sehr schwer ist, aus einer größeren Partie irgendeines Futtermittels auf einmal eine kleine Durchschnittsprobe zu bekommen, daß die Schwierigkeit sich aber derart besiegen läßt, daß aus jedem zur Verwendung kommenden Futter-

mittel wenn möglich auf einmal so viele Portionen ausgewogen werden, wie sie im ganzen Versuch zu verwenden sind, und daß dann bei jedem Auswägen aus jeder einzelnen Portion eine Probe herausgenommen wird, die stets denselben Bruchteil der einzelnen Portion darstellt; wenn die aus demselben Futtermittel herausgenommenen einzelnen Proben nachher vereinigt werden, dann lassen sich nach dem Durchmischen und eventuellen Zermahlen hieraus unschwer kleinere Proben erhalten, die sehr genaue Durchschnittsproben der ganzen aufgefütterten Menge des Futtermittels darstellen.

In entsprechender Weise wird mit dem ausgeschiedenen Kot verfahren; gewöhnlich ist die täglich ausgeschiedene Kotmenge jedes einzelnen Versuchstieres gut durchgemischt und hieraus dann 50 g pro kg Kot als Probe herausgenommen worden, die mit Toluol konserviert in geschlossenem Gefäß möglichst kühl aufbewahrt wurden, bis am Ende der Versuchsperiode die betreffenden täglichen Proben gut durchgemischt worden sind und hieraus die endgültige Durchschnittsprobe genommen wurde.

Wenn Verdauungskoeffizienten in Versuchen mit Wiederkäuern zu bestimmen sind, müssen recht lange Versuchsperioden benutzt werden, um die Größe der täglichen Kotmenge mit hinreichender Genauigkeit festzustellen. Nach den Angaben Kellners¹ hat man die Periode der quantitativen Kotaufsammlung bei Wiederkäuern auf 10 bis 20 Tage auszudehnen, je nach der Menge desjenigen Bestandteiles der Fütteration, dessen Verdaulichkeit zu bestimmen ist; während der ganzen Versuchszeit wie auch während einer hinreichend langen Vorperiode hat man dann das Versuchstier auf eine Ration zu stellen, die von Tag zu Tag in Größe und Zusammensetzung gleich ist, und die natürlich alle Tage aufgefressen werden muß.

Um diese Forderungen, die viele Schwierigkeiten bereiten, zu umgehen, hat H. Edin² eine Methode ausgearbeitet, die die quantitative Aufsammlung des Kotes unnötig macht und gleichzeitig eine Abkürzung der Periodenlänge ermöglicht. Die Methode ist im hiesigen Institut mit gutem Erfolg nachgeprüft worden, und die Resultate Edins bestätigten sich. Diese Methode macht es auch möglich, ein Bild davon zu geben, wie lang die Perioden sein müssen, um bei der alten Methode die durchschnittliche tägliche Kotmenge mit einer gewissen Genauigkeit zu bestimmen.

¹ O. Kellner, *Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere*. Berlin 1916. 7. Aufl. S. 36.

² 165 und 309' *Meddelelse fra Centralanstalten for Forsøgsvesenet paa Jordbrugsomraadet*. Stockholm 1918 und 1926.

Das Prinzip der Edinschen Methode ist das folgende: Wenn man mit einem von Tag zu Tag in Größe und Zusammensetzung konstantem Futter gleichzeitig eine konstante tägliche Menge einer völlig unverdaulichen Substanz dem Versuchstiere verabreicht, dann muß nach genügend vielen Tagen die täglich ausgeschiedene und die täglich eingegebene Menge dieser Substanz gleich sein. Vorausgesetzt, daß dieses Gleichgewicht der eingegebenen und ausgeschiedenen Substanzmenge erreicht worden ist, und vorausgesetzt, daß die eingegebene Substanz in dem ausgeschiedenen Kot einigermaßen gleichmäßig verteilt ist, dann wird man aus dem Gehalt eines Gemisches einiger zufällig aufgesammelter Kotportionen des Versuchstieres an der erwähnten Substanz die durchschnittliche tägliche Kotmenge berechnen und somit Verdauungsbestimmungen ohne quantitative Aufsammlung des ausgeschiedenen Kotes und ohne lange Versuchsperioden ausführen können. Es ergibt sich von selbst, daß die verwendete unverdauliche Substanz mit hinreichender Genauigkeit quantitativ bestimmbar sein muß.

Eine Substanz, die alle notwendigen Forderungen erfüllt, hat Edin in dem geglühten Chromoxyd, Cr_2O_3 , gefunden. Damit das Oxyd sich in der ganzen Kotmenge gleichmäßig verteilt, muß es aber auch bei der Eingabe in einen nicht zu kleinen Teil, am besten natürlich in der ganzen Futtermenge, wenn dies möglich ist, verteilt sein. Um diese Verteilung zu erleichtern, hat Edin verschiedene Präparate benutzt, die das Chromoxyd enthielt, z. B. Papiere oder dünne Pappen, die aus einer mit dem Chromoxyd innig vermischten Zellulosemasse hergestellt worden waren, und die sich in zerkleinertem Zustand mit dem Trockenfutter leicht vermischen ließen, oder auch Makkaroni in Form von Nudeln, die aus einem Teig hergestellt waren, der mit Chromoxyd innig gemischt worden war. Bei den im hiesigen Institut ausgeführten Versuchen haben wir solche Nudeln verwendet, die uns von einer Kopenhagener Makkaronifabrik geliefert worden und sehr gleichartig waren; bei einem Wassergehalt von 10·11 Proz. der Nudeln war nach unseren Analysen der Gehalt von Cr_2O_3 $12\cdot35 \pm 0\cdot016$.

Wie schon oben erwähnt, muß die als Indikator verwendete unverdauliche Substanz, hier Chromoxyd, mit hinreichender Genauigkeit quantitativ bestimmbar sein, und Edin hat daher auch die Analyse-methode durchgearbeitet. Auf Grund der von uns gemachten Erfahrungen haben wir einige kleine Änderungen in der Analysenvorschrift Edins vorgenommen, weshalb der von uns befolgte Analysengang hier wieder gegeben werden soll.

Die gemischten aufgesammelten Kotproben wurden durch eine Fleischhackmaschine getrieben; der in der Maschine verbleibende kleine Rest wurde herausgeschabt und mit dem gemahlene Teil vermischt.

Nach innigem Durchmischen wurden mehrere Proben von 15 bis 25 g, je nach dem Chromgehalt, mit einer Genauigkeit von 0.05 g auf dünnen Papierstreifen (Toilettenpapiere sind ausgezeichnet zu diesem Gebrauch) abgewogen, auf welche die Bezeichnung der Proben im voraus notiert war. Jede abgewogene Portion wurde in das Papier, auf welchem sie abgewogen wurde, derartig eingepackt, daß die Bezeichnung der Probe nach außen kam; konnte die Chrombestimmung nicht sofort durchgeführt werden, dann wurden die kleinen Kotpakete im Trockenschrank getrocknet und aufbewahrt.

Bei der Chrombestimmung wurden die Kotpakete in je einen starken Nickeltiegel¹ (Höhe 5 cm Durchmesser 6 cm) gebracht und in einem elektrischen Tiegelofen erhitzt, bis alle (oder jedenfalls fast alle) organische Substanz weggebrannt war. In jeden der noch heißen Tiegel wurden dann 4 g Kaliumhydroxyd, 2.7 g Natriumhydroxyd und 5.8 g einer Mischung von 138 g (1 mol.) Kaliumkarbonat, 106 g (1 mol.) wasserfreies Natriumkarbonat, 202 g (2 mol.) Kaliumnitrat und 170 g (2 mol.) Natriumnitrat vorsichtig eingebracht, solche Portionen von 12.5 g wurden im voraus abgewogen und in Reagenzgläschen bereit gehalten, jedoch dürfen die Gläser nicht so lange stehen, daß von einer nennenswerten Wasseraufnahme die Rede sein kann.

Die Tiegel wurden im elektrischen Ofen weiter erhitzt, bis der gesamte Inhalt geschmolzen war; durch vorsichtiges Umschwenken der Tiegel wurde erreicht, daß alle Asche mit der geschmolzenen Masse zur Reaktion kam, und wenn der gesamte Tiegelinhalt eine ruhig fließende Masse darstellte, wurde der Tiegel zur Abkühlung gestellt. Die kalte Masse wurde mittels Wassers gelöst und in ein geräumiges Becherglas überführt, wo die Lösung (150 bis 200 ccm) mit 3 ccm 10prozent. Wasserstoffsperoxydlösung aufgeköcht wurde, um eventuell vorhandenes Mangan auszufällen; nachher wurde abgekühlt, durch einen Jenaglasfilter 3 G 4 filtriert und mit heißem Wasser ausgewaschen.

Das gesamte Filtrat enthält alles Chrom in Form von Chromat; es wird mit 15 ccm 15 n-Schwefelsäure (Vorsicht wegen Kohlensäureentwicklung) und 7.5 ccm 10prozent. Wasserstoffsperoxydlösung versetzt und 5 Minuten gekocht (Zusatz vom Quarzsplitter verhindert den Siedeverzug), um die durch den Schmelzprozeß gebildete salpetrige Säure zu zerstören, dann wird mittels 15 ccm 7.5 n-Natriumhydroxydlösung

¹ Silbertiegel sind nach unseren Erfahrungen nicht zu empfehlen, weil sie bald so porös werden, daß sie nicht unbedeutliche Mengen derjenigen Schmelzmasse aufsaugen, die bei der zur Bestimmung des Chroms nötigen Oxydation des Chromoxyds entsteht, und dadurch zu Fehlern Anlaß geben. Das Poröswerden steht wahrscheinlich mit der Kristallisation des Silbers in Verbindung, die schon bei Temperaturen über 200° C einsetzt.

wieder alkalisch gemacht, mit 6 ccm 10prozent. Wasserstoffsperoxyd-lösung und einigen Quarzsplittern versetzt und wieder gekocht, um das in saurer Lösung reduzierte Chrom zu oxydieren. Wenn das Sieden 5 Minuten gedauert hat, werden ohne Unterbrechen des Siedens 5 ccm einer 5prozent. Nickelnitratlösung zugefügt und das Sieden noch während 5 Minuten fortgesetzt, um überschüssiges Wasserstoffsperoxyd sicher zu zerstören; dann wird bis zur Zimmertemperatur abgekühlt.

Die vollständig abgekühlte Lösung wird jetzt mit 20 ccm 15 n-Schwefelsäure sauer gemacht und mit 5 ccm 0·25prozent. Kupfersulfatlösung und 10 ccm 5prozent. Kaliumjodidlösung versetzt. Es bildet sich auf Kosten des Chromats freies Jod, dessen Menge nach 5 Minuten Stehenlassen durch Titration mit 0·05 n-Thiosulfatlösung unter Verwendung von etwas Stärkelösung als Indikator bestimmt wird.

Die Normalität der Thiosulfatlösung wird mittels reinen Kaliumdichromats bestimmt. Die Asche des Kotes von Tieren, denen niemals Chrompräparate verabreicht worden sind, reagiert mitunter durch obige Behandlung, als ob Chrom vorhanden sei, d. h. es wird etwas Jod, wenn auch nur sehr wenig, in Freiheit gesetzt, weshalb immer Blindversuche anzustellen sind.

Nach den im hiesigen Laboratorium gemachten Erfahrungen läßt sich der Chromgehalt des Kotes mit einem mittleren Fehler von etwa 0·3 Proz. der Chrommenge bestimmen, wenn immer mit dem Durchschnittswert von mindestens zwei Bestimmungen gerechnet wird.

Der Chromgehalt der einverleibten Makkaronipräparate ist in derselben Weise zu bestimmen.

In einer der im hiesigen Institut mit der Edinschen Methode angestellten Untersuchungen wurden 4 Kühe 30 Tage hindurch ausschließlich mit Rotkleheu gefüttert. Die Kühe erhielten verschiedene Heumengen, weil sie von verschiedener Größe und Milchleistung waren, jede einzelne Kuh bekam aber von Tag zu Tag dieselbe Menge Heu, und zwar dieselbe Menge Trockensubstanz. Alle Tage wurde an jede Kuh mit dem Heu gemischt eine Menge Chromnudeln gegeben, die 14·82 g Chromoxyd enthielt, und nach dem Verlauf von 10 Tagen wurde der Kot quantitativ aufgesammelt; die Kühe waren mit Urinalen aus Gummi, die von leichten Tragbändern festgehalten wurden, ausgestattet, damit der Kot nicht durch Harn verunreinigt wurde. Die 20 letzten Tage hindurch wurde für jede Kuh und jeden Tag der Kot quantitativ aufgesammelt, gewogen und auf seinen Chromgehalt analysiert. Es zeigte sich hierdurch, daß der Chromgehalt in der Trockensubstanz des Kotes von Tag zu Tag erheblich variierte — für die einzelne Kuh wurden Differenzen bis zu 20 Proz. des Chromgehaltes zwischen dem maximalen und dem

minimalen Gehalt beobachtet; als Durchschnittswerte der ersten und der letzten Periode von je 10 Tagen wurden jedoch gefunden:

Kuh Nr. 23	. . .	0·484 Proz	0·478 Proz.
„ „ 25	. . .	0·613 „	0·613 „
„ „ 28	. . .	0·587 „	0·595 „
„ „ 87	. . .	0·526 „	0·520 „

so daß daraus geschlossen werden darf, daß die 10tägige Vorperiode von genügender Länge war, um zu erreichen, daß der Kot jedes Tieres in Menge und Zusammensetzung einzig und allein dem Versuchsfutter (Rotkleeheu + Nudeln) entsprach.

Wie schon oben gesagt, wurde der Kot jedes Tieres 20 Tage hindurch quantitativ gesammelt, gewogen und analysiert; aus den erhaltenen Daten läßt sich dann die ausgeschiedene Chrommenge berechnen. Weil allen Tieren die gleiche Chrommenge (14·82 g Cr_2O_3) täglich einverleibt wurde, sollten sie ja auch dieselbe tägliche Menge ausscheiden, und die 80 (4mal 20) erhaltenen Werte der täglichen Ausscheidung können daher als eine Gesamtheit betrachtet werden.

Als Durchschnitt der täglichen Ausscheidung wurden 14·61 g Chromoxyd gefunden, was 98·6 Proz. der täglich verabreichten Menge beträgt. Edin ist in seinen Versuchen zu dem Resultat gekommen, daß durchschnittlich 99 Proz. des einverlebten Chromoxyds im Kot wiedergefunden werden können, weshalb er bei der Anwendung der Methode zur Bestimmung von Verdauungskoeffizienten die analytisch gefundenen Chromzahlen mit 1 Proz. des Wertes erhöht. Als Durchschnitt der im hiesigen Institut angestellten Versuche hat sich indessen ergeben, daß nur 98 Proz. des Chromoxyds wiedergefunden werden, weshalb wir die Chromwerte mit 2 Proz. des Wertes erhöht haben, ehe wir sie zur Berechnung von Verdauungskoeffizienten verwendeten.

Wie gesagt wurde als Durchschnitt der täglichen Ausscheidung 14·61 g Chromoxyd gefunden, die 80 Einzelwerte variieren, aber von 12·30 bis 17·25 g. Alle 80 Werte sind nun als ebenbürtig und von derselben Genauigkeit zu betrachten; aus den Werten läßt sich daher der mittlere Fehler des einzelnen Wertes als Ausdruck der durchschnittlichen täglichen Ausscheidung berechnen, was $\pm 1\cdot25$ g Cr_2O_3 gleich 8·6 Proz. des Durchschnittswertes 14·61 g ergibt. Wollte man sich zur Bestimmung von Verdauungskoeffizienten also mit einem Versuchstier und einem Versuchstag begnügen, dann wäre die gefundene Kotausscheidung als Ausdruck der durchschnittlichen täglichen Ausscheidung mit einem mittleren Fehler von $\pm 8\cdot6$ Proz. des Wertes behaftet, d. h. völlig unbrauchbar, was ja auch allgemein bekannt ist. Unter Verwendung einer Versuchsperiode von 10 Tagen hat man nach dem obigen Resultat mit

einem mittleren Fehler der gefundenen durchschnittlichen täglichen Kotausscheidung von $\pm 8.6 : \sqrt{10} = \pm 2.7$ Proz. des Wertes zu rechnen, und diese Genauigkeit läßt sich natürlich durch weitere Verlängerung der Versuchsperiode steigern.

Die gefundenen Mengen der ausgeschiedenen unverdauten Bestandteile des Futters (Rohprotein, Rohfett usw.) müssen nun mindestens denselben prozentuellen Fehler wie denjenigen der gefundenen durchschnittlichen Kotmenge aufweisen; in der Tat werden sie jedoch größere mittlere Fehler haben, weil von den Fehlern der analytischen Bestimmungen, wie oben erwähnt, gar nicht abzusehen ist. Je genauer die durchschnittliche Kotmenge durch eine Verlängerung der Versuchsperiode bestimmt wird, von desto größerem Einfluß auf die Genauigkeit der Resultate werden die zufälligen Fehler der chemischen Analysen sein. Weil die verdauten Anteile des Futters als Differenz der verabreichten und der als unverdaut ausgeschiedenen Mengen hervorgehen, werden Verdauungskoeffizienten, die größer als 50 sind, in der Hauptsache mit geringeren prozentuellen Fehlern behaftet als diejenigen, mit welchen die Kotmengen bestimmt sind; für Verdauungskoeffizienten, die kleiner als 50 sind, muß es dann umgekehrt sein.

Natürlich können die Versuche derartig angelegt werden, daß man statt mit einem Tier mit Gruppen von mehreren Versuchstieren arbeitet. Die gefundenen Verdauungskoeffizienten werden als Durchschnittswerte betrachtet dann von größerem Wert sein, und zwar werden sie um so wertvoller sein, je größer die Gruppen sind. Wenn alles sonst gleich bleibt, sollte man damit rechnen können, daß die Genauigkeit mit der Quadratwurzel der Zahl der Versuchstiere ansteigt.

Die durchschnittliche tägliche Kotausscheidung läßt sich unter diesem Umständen ohne Schwierigkeiten mit einer Genauigkeit bestimmen, die derjenigen der chemischen Analysen entspricht.

Es ist schon oben gesagt worden, daß die Verdauung von der Größe des Futters beeinflußt werden kann; auch muß man wohl damit rechnen, daß die Fähigkeit eines Tieres zum Verdauen eines gegebenen Futters nicht immer dieselbe ist. Wenn man die Größe und den Einfluß der verschiedenen früher besprochenen Faktoren, welche die zu bestimmenden Verdauungskoeffizienten beeinflussen, nicht genau kennt, dann wird es schwer, ja eigentlich unmöglich sein, die Bedeutung der beiden letzterwähnten Faktoren allein zu demonstrieren. Was durch Anstellen einiger Verdauungsversuche gezeigt werden kann, wird nur das Resultat des Zusammenwirkens sämtlicher Faktoren sein, die auf die Bestimmungen einwirken.

Als Exempel kann der folgende Versuch dienen, der schon vor mehreren Jahren als Glied einer Versuchsreihe ausgeführt wurde, die sonst anderen Zwecken dienen sollte.

Als Versuchstier wurde eine Geltkuh benutzt, die ein Gummiurinal trug, um eine sichere Trennung von Harn und Kot zu ermöglichen, und die mit dem Tragen des Urinals und den dazugehörenden Riemen seit längerer Zeit völlig vertraut war. Das Tier hatte mehrere Wochen hindurch täglich genau abgewogene Portionen von 1·1 kg Gerste, 0·2 kg extrahiertem Sojabohnenschrot und Strohhäcksel bekommen, dann wurde die Gerstenration auf 1·5 kg erhöht und 3 Wochen später wurde mit dem eigentlichen hier zu besprechenden Versuch begonnen, der durch zwei Versuchsperioden von je 2 Wochen fortgesetzt wurde. Während dieser Zeit wurde der Kot quantitativ gesammelt. Nachher wurde die Gerstenration auf 3 kg erhöht, und nach Verlauf von 3 Wochen wurde wieder mit der quantitativen Aufsammlung des Kotes begonnen, die auch 2mal 2 Wochen dauerte. Dann wurde die Gerstenration auf 4·5 kg erhöht und nach 3 Wochen die dritte und letzte Aufsammlung angestellt, die auch eine Dauer von 2×2 Wochen hatte. Während der ganzen Zeit bekam das Tier genau abgewogene Rationen sämtlicher dreier Futtermittel, die auf einmal eingekauft, je für sich gut durchgemischt worden waren, um möglichst gleichartig zu sein. Die in einer Versuchsperiode anzuwendenden Mengen jedes Futtermittels wurden auf einmal abgewogen und in Säcken aufbewahrt; neben den Abwägungen wurden die zur Analyse dienenden Proben herausgenommen, und sämtliche chemische Analysen derselben Art wurden immer von demselben Chemiker ausgeführt, um ein möglichst gleichartiges Arbeiten zu erzielen. Aus den direkten Ergebnissen der drei Versuche, die also möglichst gleichartig und mit Einzelperioden von 14 Tagen durchgeführt worden sind, können Verdauungskoeffizienten des ganzen Futters sowie der Gerste berechnet werden. Die Resultate der Berechnungen sind in Tabelle III zusammengestellt; außer den Bestimmungen der gewöhnlichen Futtermittelanalyse sind Pentosanbestimmungen durchgeführt worden, und auf Grundlage dieser Bestimmungen wurde die Verdaulichkeit der Pentosane berechnet; die Tabelle enthält noch einige Kolonnen, die unten näher besprochen werden.

Die obere Hälfte der Tabelle III enthält den gefundenen Verdauungskoeffizienten des gemischten Futters. Es ergibt sich bei einer unmittelbaren Betrachtung der Tabelle, daß in sämtlichen drei Versuchen die beiden Perioden von je 2 Wochen sehr gut übereinstimmende Resultate ergeben haben. Wenn auch viele Maßregeln getroffen sind, um die zufälligen Fehler zu verkleinern, wäre eine so gute Übereinstimmung der Resultate der zusammenhörenden Perioden nicht im voraus zu erwarten

gewesen. Trotz der erwähnten sehr guten Übereinstimmung der Doppelbestimmungen von der Verdaulichkeit des gesamten Futters ergeben sich aber erhebliche Unterschiede, wenn auf Grundlage der Mittelwerte zusammengehörender Perioden die Verdauungskoeffizienten der Gerste als Differenz zwischen den Versuchen A und B, bzw. B und C berechnet werden, wie aus dem mittleren Teil der Tabelle III zu ersehen ist. Unten sind die in Kellners Handbuch: „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere“ angegebenen Verdauungskoeffizienten der Gerste mitgeteilt; es ergibt sich hieraus, daß die gefundenen Werte sehr gut mit den Kellnerschen Werten übereinstimmen, nicht nur was die Durchschnittszahlen, sondern auch was die Grenzwerte betrifft.

Tabelle III.

Durch Versuche mit einer Geltkuh gefundene Verdauungskoeffizienten eines gemischten Futters und der Gerste.

Versuch	Periode	Rohprotein	Rohfett	N-freie Ex-traktstoffe	Rohfaser	Rohzellulose (n. König)	Pentosane	N-freie Ex-traktstoffe ÷ „Stärke“	N-freie Ex-traktstoffe + Rohfaser ÷ „Stärke“
A	I	61	53	68	55	49	60	46	50
	II	63	54	69	55	48	60	48	51
B	I	61	62	76	51	43	60	49	50
	II	62	60	77	51	46	60	50	51
C	I	66	69	79	53	46	64	51	51
	II	66	64	80	54	52	63	51	52
Verd.-Koeff. der Gerste, berechnet aus									
B ÷ A . . .		62	79	93	0	0	60	65	47
C ÷ B . . .		78	87	90	84	100	84	63	69
Mittelwert		70	83	92	(42)	(50)	72	64	58
Die von Kellner angegebenen Werte		70 63—77	89 78—100	92 87—96					

Für die Rohfaser der Gerste hat Kellner gar keine Verdauungskoeffizienten angegeben, jedenfalls keine, die bei Wiederkäuern Gültigkeit haben. Nach der Ursache braucht man nicht zu fragen: die Versuche haben keine brauchbaren Werte gegeben. Dasselbe gilt für die oben wiedergegebene Bestimmung, wo zwei Werte, 0 und 84 erhalten wurden; bei solchen Differenzen kann ja von brauchbaren Werten keine Rede sein.

Bei der Durchsicht der von Kellner angegebenen Werte der Verdauungskoeffizienten der Rohfaser ergibt sich bald, daß eigentlich nur jene der Rauhfutterstoffe einigermaßen genau bestimmbar sind, und

eben bei diesen Stoffen sind die Verdauungskoeffizienten der Rohfaser und die der stickstofffreien Extraktstoffe fast gleich groß, ja es ist wohl eigentlich zweifelhaft, ob überhaupt, und dann in welchen Fällen, bei diesen Stoffen ein Unterschied zwischen den beiden Koeffizienten sicher festgestellt ist. Es ergibt sich dann weiter die Frage, ob es nicht besser wäre, die Rohfaserbestimmung überhaupt zu verlassen und durch irgendeine andere Bestimmung zu ersetzen; nach dem oben Gesagten ist jedoch hier im Auge zu behalten, daß nur solche Abänderungen vorgeschlagen werden dürfen, die die existierenden Untersuchungsergebnisse nicht wertlos machen. Von diesem Gedankengang ausgehend sind bei den in der Tabelle III zusammengestellten Untersuchungen neben den gewöhnlichen Bestimmungen auch Bestimmungen der Pentosanmenge nach Tollens sowie der Rohzellulosemenge nach König ausgeführt und die gefundenen Verdauungskoeffizienten in der Tabelle angegeben. Weder die Pentosan- noch die Rohzellulosebestimmung hat jedoch der Rohfaserbestimmung gegenüber einen Vorteil, anders liegen die Verhältnisse aber bei der „Stärke“bestimmung.

Zuerst muß gesagt werden, daß mit „Stärke“ hier nicht das Polysaccharid allein gemeint wird, sondern alle Kohlenhydrate überhaupt, die bei der unten erwähnten Behandlung der Futtermittel in reduzierende Zuckerarten übergehen; die Benennung „Stärke“ (und die Berechnung der erwähnten Kohlenhydrate als Stärke) ist nur gewählt, weil in vielen Futtermitteln das Polysaccharid Stärke wirklich die größte Menge der hier in Frage kommenden Kohlenhydrate ausmacht, wenn auch andere Futtermittel, die bei der Behandlung reduzierende Zuckerarten bilden können, gar keine Stärke enthalten. Die Benennung „Stärke“ wird somit etwas empirisch, dasselbe gilt ja aber auch bei dem Rohprotein und dem Rohfett; natürlich könnte man auch von leicht hydrolysierbaren oder leicht verdaulichen Kohlenhydraten sprechen oder versuchen, einen Namen zu konstruieren. Vorläufig wird aber hier von „Stärke“ gesprochen.

Zur Bestimmung des hier als „Stärke“ bezeichneten Kohlenhydratgemisches ist das folgende Verfahren verwendet worden.

2 bis 3 g des feingemahlten Futterstoffes werden mit 100 ccm Wasser in einem Meßkolben (200 ccm) aus Resistenzglas auf Drahtnetz während 30 Minuten gekocht; ein ständiges, schwaches Sieden muß stattfinden, und der Kolben muß mit einem als Rückflußkühler dienenden Glasrohr versehen sein. Nach beendetem Kochen wird die Flüssigkeit bis 60 bis 65° abgekühlt und mit 5 bis 10 mg aus Malz hergestellter Diastase¹ versetzt. Unter wiederholtem Umschwenken bleibt der Kolben

¹ J. König, *Untersuchung landwirtschaftlicher und gewerblich wichtiger Stoffe*. 5. Auflage. 1923. Bd. I. S. 880.

bei 63° während 2 Stunden; dann wird nochmals $\frac{1}{2}$ Stunde gekocht, bis 60 bis 65° abgekühlt, mit 5 bis 10 mg Diastase versetzt und $\frac{1}{2}$ Stunde unter wiederholtem Umschwenken bei 63° gehalten. Nachher wird aufgekocht, bis Zimmertemperatur abgekühlt, mit Wasser bis auf 200 ccm verdünnt, gut umgeschüttelt und filtriert.

100 ccm des klaren Filtrats werden in einen Meßkolben (250 ccm) gegossen, mit 12 ccm 25 prozent. Salzsäure versetzt und $1\frac{1}{2}$ Stunde in ein siedendes Wasserbad gestellt; der Kolben ist mit einem Uhrglas zuzudecken oder mit einem als Rückflußkühler wirkenden Glasrohre zu versehen. Dann wird gekühlt und die Lösung neutralisiert und mit Wasser bis auf 250 ccm verdünnt.

In 50 ccm der klar filtrierten Lösung ist dann die Zuckermenge mit Fehlingscher Lösung bestimmt, als Glukose ausgedrückt und auf Stärke umgerechnet worden.

Statt des nach der zitierten Vorschrift hergestellten Diastasepulvers kann auch 10 ccm einer Lösung verwendet werden, die durch Behandeln von 10 g gemahlenem Malz mit 100 ccm Wasser und darauffolgendem Filtrieren hergestellt ist; die in der Malzlösung vorhandene Zuckermenge muß aber dann in Abzug gebracht werden.

Es ist versucht worden mittels der hier erwähnten Methode den Gehalt des Kotes verschiedener Kühe an „Stärke“ zu bestimmen, es wurden aber immer so winzige Mengen gefunden, daß davon abgesehen werden kann, d. h. man kann damit rechnen, daß alles, was nach der erwähnten Methode in den Futtermitteln von „Stärke“ gefunden wird, zu 100 Proz. verdaulich anzusehen ist.

Nach der Bestimmungsmethode müssen die Stoffe, die oben als „Stärke“ bezeichnet wurden, einen Teil der stickstofffreien Extraktstoffe bilden und also einen Teil, der zu 100 Proz. verdaulich ist. Es liegt dann die Möglichkeit vor, daß der Rest der stickstofffreien Extraktstoffe von ungefähr derselben Verdaulichkeit sei wie die nach der Weende-Methode bestimmte Rohfaser. Diese Möglichkeit muß recht wahrscheinlich vorkommen, denn für Rauhfuttermittel, die sehr wenig Zucker und Stärke enthalten, werden, wie schon oben erwähnt, gewöhnlich ungefähr dieselben Verdauungskoeffizienten für stickstofffreie Extraktstoffe wie für Rohfaser gefunden, und eben die Verdauungskoeffizienten dieser beiden Gruppen sind, wie oben besprochen, nur mit ziemlich großer Unsicherheit zu bestimmen und können deshalb identisch sein, selbst wenn Unterschiede vorhanden sind, vorausgesetzt, daß die Unterschiede nicht allzu groß sind. Sollte diese Annahme richtig sein, dann wäre es ein Vorteil, die Rohfaserbestimmung durch die erwähnte sog. „Stärke“bestimmung zu ersetzen und die gefundenen Stärkemengen als 100 Proz. verdaulich zu betrachten; bei der chemischen Analyse bleibt dann ein „Rest“ (= 100

÷ Rohprotein ÷ Rohfett ÷ „Stärke“ ÷ Asche ÷ Wasser), dessen Verdaulichkeit von etwa demselben Wert wie diejenige der Rohfaser, und zwar aus den alten Bestimmungen berechenbar, wäre, wenn nur einige Durchschnittszahlen über den Inhalt der verschiedenen Futtermittel an „Stärke“ in der oben erwähnten Bedeutung ermittelt werden könnten.

An der hiesigen Institution sind in den letzten Jahren mehrere Verdaulichkeitsbestimmungen ausgeführt worden, wobei natürlich das allgemein anerkannte Verfahren verfolgt wurde, nur daß nicht mit einzelnen Kühen, sondern mit Gruppen von 3, 4 oder 5 Kühen auf einmal, d. h. als eine Einheit, gearbeitet wurde, um sicherere Resultate zu erzielen; jede Kuh erhielt natürlich eine tägliche Futterration, die in Menge und Zusammensetzung während des ganzen Versuches (mindestens eine Vorperiode von 10 Tagen und zwei eigentliche Versuchsperioden von je 10 Tagen) konstant blieb, und die gesamte Kotmenge jeder Kuh wurde vom Harn völlig getrennt quantitativ aufgesammelt. Für jede Periode wurden Kotmischungen unter solchen Bedingungen hergestellt, daß eine Mischung als Probe der gemischten, von sämtlichen im Versuche teilnehmenden Kühen während der betreffenden Periode produzierten ganzen Kotmenge aufgefaßt werden konnte. Die aus den direkten Versuchsdaten berechneten Verdauungskoeffizienten repräsentieren dann die Durchschnittsverdauung der in Frage kommenden Kühe; in einzelnen Versuchen wurde jedoch mit jeder Kuh für sich gearbeitet, um festzustellen, daß kein allzu großer Unterschied in der Verdauungsfähigkeit der einzelnen Tiere bestand.

Neben den Versuchen nach der alten Methode sind gelegentlich mehrere Versuche angestellt worden, um die oben besprochenen Fragen zu beleuchten, und die Resultate dieser Versuche sollen hier kurz erwähnt werden.

Die Versuchsanordnung war, wie schon erwähnt, eine solche, daß jede Kuh während einer Vorperiode von mindestens 10 Tagen und zwei Versuchsperioden von je 10 Tagen von Tag zu Tag genau gleiche Futterrationen bekam; vom Anfang der zweiten Versuchsperiode an wurde dann täglich jeder Futterration eine bestimmte Menge der oben besprochenen Chrommakkaroni beigemischt. In jeder der beiden Versuchsperioden wurde der Kot der Versuchstiere quantitativ aufgesammelt; das Vermischen von Kot und Harn war durch das Anbringen von Urinalen verhindert. Nach dem Abschluß der zweiten Versuchsperiode wurden die Urinale weggenommen, die Fütterung der Versuchstiere aber in genau derselben Weise noch 4 Tage fortgesetzt, und während dieser 4 Tage wurden von jeder Kuh für sich diejenigen Kotportionen aufgesammelt, die harnfrei zu haben waren. Von einem quantitativen Aufsammeln war bei weitem nicht die Rede: schätzungsweise kann angegeben werden, daß

etwa die Hälfte des abgeschiedenen Kotes aufgesammelt wurde; es wurden jedoch Proben sowohl des tagsüber wie nachtsüber abgeschiedenen Kotes aufgesammelt. Die 4 Tage wurden in zwei Perioden von je 2 Tagen geteilt, und für jede Periode wurden die für jede Kuh gesammelten Kotproben auf ihrem Gehalt an Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Asche, Wasser und Chromioxyd analysiert; aus den Ergebnissen der Analysen und der bekannten täglich einverleibten Chromioxydmenge konnten dann die den durchschnittlichen täglichen Kotmengen entsprechenden ausgeschiedenen Mengen von Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und stickstofffreien Extraktstoffen berechnet werden.

Die verwendeten Futtermittel wurden auf ihren Gehalt an Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Asche, Wasser und „Stärke“ analysiert, und damit waren alle notwendigen Daten vorhanden, um die Verdauungskoeffizienten zu berechnen.

Die Resultate sämtlicher ausgeführten Versuche dieser Art sind in der Tabelle IV zusammengestellt. Es muß daran erinnert werden, daß die Ergebnisse Durchschnittswerte aus Versuchen mit mehreren Kühen sind, und daß jede Periode bei der gewöhnlichen Methode sich auf 10 Tage erstreckt, während jede Periode bei der Edinschen Methode nur 2 Tage umfaßt und zwar ohne quantitative Aufsammlung des Kotes.

Es ergibt sich aus der Tabelle, erstens daß die beiden Methoden im großen und ganzen sehr übereinstimmende Resultate ergeben haben, und zweitens daß bei jeder Methode für sich die Resultate der beiden Versuchsperioden auch sehr schön miteinander übereinstimmen.

Was das Rohprotein betrifft, sind größere Unterschiede nur bei einigen der Versuche eingelaufen, wo Ensilage als Futter verwendet worden ist, was seinen Grund in der Ungleichartigkeit der verschiedenen Ensilageschichten in dem Silo haben kann; übrigens sind in den vier Versuchen 46, 49, 51 und 53 Ensilage von verschiedener Art verwendet worden.

Bei den Verdauungskoeffizienten des Rohfetts und der Rohfaser sowie auch der stickstofffreien Extraktstoffe stimmen die Resultate der beiden Perioden jeder Methode für sich besser untereinander überein als die Resultate der beiden Methoden selbst, und die Übereinstimmung ist durchaus eine schlechtere als beim Rohprotein, dem Rohprotein der Ensilage ausgenommen. Die Erklärung ist ohne Zweifel in der oben besprochenen Unsicherheit der konventionellen analytischen Bestimmungen zu suchen, wenn man nicht annehmen will, daß die Verdauung der stickstofffreien Stoffe eine schwankendere ist als diejenige der stickstoffhaltigen Stoffe.

Tabelle IV.

Durch Versuche teils nach der gewöhnlichen, teils nach der Edin'schen Methode gefundene Verdauungskoeffizienten mehrerer Futtermittel.

Futtermittel	Versuch	Methode	Periode	Rohprotein	Rohfett	N-freie Ex-traktstoffe	Rohfaser	Rest = N-freie Ex-traktstoffe + Rohfaser ÷ „Stärke“
Heu aus Rotklee	35	Gew.	—	59	51	66	53	57
	50	Gew.	1	66	55	72	60	63
	50	„	2	62	52	73	59	64
	50	Edin	1	63	60	67	67	61
	50	„	2	64	61	71	65	63
	52	Gew.	1	63	59	70	58	60
	52	„	2	63	60	71	53	59
	52	Edin	1	64	63	66	63	60
52	„	2	65	63	68	60	60	
Heu aus Timothe	37	Gew.	1	55	52	65	73	66
	37	„	2	55	56	65	73	66
Ensilage. . . .	46	Gew.	1	40	73	65	76	68
	46	„	2	55	73	65	74	67
	49	Gew.	—	75	78	78	63	70
	51	Gew.	—	49	76	63	66	63
	51	Edin	1	57	72	48	71	58
	51	„	2	65	75	53	73	62
	53	Gew.	1	64	77	73	71	70
	53	„	2	66	80	74	69	70
	53	Edin	1	66	81	70	78	69
	53	„	2	65	83	68	75	69
Weizenkleie . .	54	Gew.	1	78	82	70	17	46
	54	„	2	79	80	70	14	45
	54	Edin	1	80	85	69	42	49
	54	„	2	80	80	69	40	49
Sonnenblumen- kuchen (ent- schält)	47	Gew.	1	90	91	52	32	32
	47	„	2	91	93	55	40	37
	47	Edin	1	90	87	51	39	35
	47	„	2	90	86	56	37	38
Sonnenblumen- kuchen (un- geschält)	48	Gew.	1	82	87	22	22	19
	48	„	2	84	85	28	24	24
	48	Edin	1	84	78	29	32	26
	48	„	2	85	78	35	32	29
Sojabohnen- kuchen	55	Gew.	1	87	90	97	81	91
	55	„	2	88	90	96	79	89
	55	Edin	1	87	91	90	57	87
	55	„	2	88	91	90	58	88

Was endlich die Verdauungskoeffizienten des Restes (stickstofffreie Extraktstoffe + Rohfaser \div „Stärke“) betrifft, so ergibt sich aus der Tabelle eine sehr gute Übereinstimmung der nach den beiden Methoden gefundenen Werte; auch die Differenzen der Werte der ersten und der zweiten Periode sind in jedem einzelnen Versuch nur klein, besonders wo die Verdauung einigermaßen von Bedeutung ist. Die einzelnen gefundenen Werte stimmen unter sich viel besser überein als diejenigen der Rohfaser. Auch scheinen die Verdauungskoeffizienten des „Restes“ und diejenigen der Rohfaser innerhalb der Versuchsfehler von derselben Größe zu sein, indem der Verdauungskoeffizient der Rohfaser ja nur mit sehr großen zufälligen Fehlern bestimmt werden kann, wenn es sich eben nicht um Futtermittel handelt, die als alleiniges Futter, also ohne Beigabe anderer Futtermittel, verfüttert werden können.

Nach den oben referierten Resultaten sollte man also mit Vorteil die Bestimmung der Rohfaser durch eine Bestimmung der „Stärke“ ersetzen können. Die letzterwähnte Bestimmung ist, wenn auch nicht rationell — denn die hier als „Stärke“ bezeichneten Kohlenhydrate schließen ja sehr verschiedenartige Stoffe ein —, so doch mindestens in ernährungsphysiologischer Hinsicht bei weitem nicht so empirisch wie die Bestimmung der Rohfaser, denn die unter dem Begriff „Stärke“ zusammengefaßten Kohlenhydrate sind doch als vollständig verdaulich zu betrachten.

Bei einer Umgestaltung der Futtermittelanalyse, wie oben erwähnt, wird die anfangs aufgestellte Forderung, daß die Resultate der vielen früheren Bestimmungen von Verdaulichkeit und Ausnutzung der Futtermittel nicht verloren gehen dürfen, erfüllt, denn wenn die nötigen Bestimmungen des Gehaltes der verschiedenen Futtermittel an „Stärke“ ausgeführt werden, kann können die Verdauungskoeffizienten des „Restes“ leicht aus den Durchschnittsanalysen der Futtermittel und den schon bekannten Verdauungskoeffizienten des Proteins, des Rohfetts, der stickstofffreien Extraktstoffe und der Rohfaser ausgerechnet werden; die Verdauungskoeffizienten des Proteins und des Fettes werden ja von dieser Umgestaltung gar nicht berührt und der Verdauungskoeffizient der „Stärke“ wird immer mit 100 gesetzt.

Auch die Benutzung der Futtermittelanalysen in Verbindung mit den Verdauungskoeffizienten zum Berechnen von Stärkewert nach Kellner oder Milchproduktionswert bzw. Futtoreinheitswert nach Nils Hansson bleibt ungeändert, nur das die Gesamtmenge der „Stärke“ plus der verdaulichen Menge des „Restes“ statt der verdaulichen Menge der stickstofffreien Extraktstoffe plus der verdaulichen Menge der Rohfaser eingesetzt wird.

Auf Grundlage der in der letzten Zeit im hiesigen Laboratorium ausgeführten Analysen sind für einige Futtermittel solche Umrechnungen durchgeführt worden. Die Resultate dieser Umrechnungen sind in der Tabelle V zusammengestellt.

Tabelle V.

Zusammensetzung und Verdauungskoeffizienten einiger Futtermittel.

	Zusammensetzung						Verd.-Koeffizienten			
	Rohprotein	Rohfett	„Stärke“	Rest	Asche	Wasser	Rohprotein	Rohfett	„Stärke“	Rest
Rotklee	3.4	0.7	2.2	11.1	1.6	81.0	76	50	100	66
Rotkleeheu	13.5	2.9	6.4	54.7	6.0	16.5	63	59	100	56
Timothéheu	6.5	2.0	5.1	66.6	4.8	15.0	62	58	100	54
Heu aus Gras und Klee	9.5	2.0	7.4	58.4	5.7	17.0	60	53	100	52
Ackerheu	8.0	1.7	6.6	59.2	6.1	18.4	65	58	100	56
Gerstenstroh	2.8	1.5	2.9	71.4	4.6	16.8	26	39	100	51
Haferstroh	2.7	1.7	2.9	69.6	4.6	18.5	33	36	100	48
Roggenstroh	2.1	1.5	1.6	75.7	3.0	16.1	23	36	100	46
Weizenstroh	2.5	1.3	2.8	73.7	5.7	14.0	16	33	100	42
Gerste	10.0	2.1	54.6	16.9	2.4	14.0	75	89	100	52
Hafer	9.9	4.8	41.3	27.4	2.6	14.0	80	83	100	26
Roggen	9.9	1.6	58.0	14.6	1.9	14.0	84	65	100	55
Weizen	10.9	2.1	58.9	12.4	1.7	14.0	84	63	100	45
Mais	9.7	4.4	60.1	10.5	1.3	14.0	72	89	100	61
Roggenkleie	15.0	3.0	30.5	34.2	4.3	13.0	86	77	100	42
Weizenkleie	15.1	4.5	20.3	41.6	5.5	13.0	87	77	100	53
Baumwollsaatkuchen:										
entschält	43.0	7.3	9.8	24.9	6.0	9.0	86	94	100	39
ungeschält	22.8	4.8	6.7	50.2	5.5	10.0	74	94	100	35
Erdnußkuchen:										
entschält	48.5	7.4	13.3	14.9	5.9	10.0	90	90	100	42
ungeschält	30.8	8.7	7.7	36.4	6.4	10.0	74	90	100	19
Kokoskuchen	20.9	7.0	11.3	43.8	7.0	10.0	90	96	100	75
Palmkernkuchen	18.1	6.6	5.8	54.3	4.2	11.0	76	89	100	71
Rapskuchen	33.2	9.8	9.3	31.0	6.7	10.0	83	94	100	53
Sesamkuchen	40.0	8.6	7.1	22.2	12.1	10.0	92	94	100	62
Sonnenblumensaatkuchen:										
entschält	40.6	8.9	7.1	30.1	6.3	7.0	92	90	100	41
ungeschält	22.0	9.7	3.4	52.2	4.7	8.0	92	90	100	41
Sojabohnenkuchen	44.7	5.8	12.4	20.2	5.9	11.0	90	88	100	86
„ entfettet	45.0	0.9	13.7	21.1	6.3	13.0	92	88	100	88



DRUCK VON METZGER & WITTIG IN LEIPZIG