

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 40 (1949)

Heft: 3-4

Artikel: Die bei der Trocknung von Silageproben im Trockenschrank auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen und ihre Berücksichtigung bei der Bestimmung des Trockensubstanz- und Nährstoffgehaltes von Grünfuttersilagen

Autor: Schoch, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983793>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

2. Unter der Annahme, dass für eine Auswertung normalerweise 3—5 Platten pro Serie verwendet werden, ist es ratsam, Kulturen anzusetzen, welche nicht mehr als 700 Kolonien enthalten. Auf diese Weise wird die Auszählung erleichtert, und die erforderliche Zeit überschreitet pro Serie 50 Minuten nicht.

Wir finden deshalb, dass die Zahl von 700 das Maximum an Kolonien darstellt, welche unter normalen technischen Bedingungen in einer Petrischale ausgezählt werden kann.

3. Es ist empfehlenswert, diejenigen Platten auszumerzen, die eine unregelmässige Verteilung der Kolonien aufweisen; die Auszählung solcher Platten wäre mit einem Fehler von 2—7 % behaftet, sobald sie mehr als 100 Kolonien enthalten.

4. Es ist aus diesem Grunde ratsam, eine grössere Zahl von Platten anzusetzen, als normalerweise für eine Auswertung nötig ist und daraus diejenigen zu verwenden, welche eine gleichmässige Verteilung der Kolonien aufweisen.

5. Die Genauigkeit der Auszählung steigt mit zunehmender Übung des Beobachters, der sich ausserdem persönlich noch dazu eignen muss.

Die Resultate verschiedener Beobachter, welche die gleiche Platte auszählen haben, können, ungewollt, um 4—20 % voneinander abweichen.

Die bei der Trocknung von Silageproben im Trockenschrank auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen

**und ihre Berücksichtigung bei der Bestimmung des Trockensubstanz- und
Nährstoffgehaltes von Grünfuttersilagen**

von *W. Schoch*

(Gutsverwaltung der eidg. landwirtschaftlichen Versuchsanstalten Liebefeld bei Bern)

Einleitung

Die Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes eines Futtermittels erfolgt im allgemeinen in der Weise, dass eine genau abgewogene Menge der zu untersuchenden lufttrockenen Substanz während 3 Stunden bei 105° C getrocknet wird; der dabei eintretende Gewichtsverlust gilt als Wasser und der nach der Trocknung gewogene Rückstand als wasserfreie Substanz bzw. als Trockensubstanz. In vielen Fällen kann der Trockensubstanzgehalt von Futtermitteln mit dieser einfachen Methode hinlänglich genau bestimmt werden. Die nach diesem Verfahren ermittelten Ergebnisse sind jedoch unbefriedigend, wenn ein nennens-

werter Teil der wasserfreien Substanz des zu untersuchenden Produktes aus flüchtigen Stoffen besteht; beim Trocknen entweichen dann ausser dem Wasser auch diese flüchtigen Substanzen teilweise oder vollständig, so dass ein zu hoher Wassergehalt bzw. ein zu niedriger Trockensubstanzgehalt des Ausgangsmaterials vorgetäuscht wird. Dieser Fall kann u. a. bei der Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes von eingesäuertem Futter, in welchem flüchtige Säuren, flüchtige Basen, Alkohol etc. enthalten sind, eintreten. Es soll daher im folgenden kurz über die diesbezüglichen Verhältnisse bei der Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes der uns besonders interessierenden Grünfuttersilagen berichtet werden.

Es wurde schon wiederholt von verschiedenen Autoren darauf hingewiesen, dass bei der Trocknung von Grünfuttersilagen im Trockenschrank sowohl flüchtige organische Säuren als auch Ammoniak entweichen. *E. Crasemann* ⁴⁾ stellte bereits 1924 fest, dass sich beim Trocknen von Süssgrünfutterproben, die reichlich Ammoniak und flüchtige Säuren enthielten, trotz Anwendung eines Vakuumtrockenschrankes und Innehaltung einer Temperatur von nur 60° C, aus 100 g frischer Silage im Mittel 1 g Säure und alles Ammoniak verflüchtigen.

Gerlach, Günther und Seidel ⁶⁾ fanden, dass die Verluste durch Verflüchtigung von Ammoniak während des Trocknens von Silageproben bei 40° C bis zu 34 % des gesamten Gehaltes an Rohprotein (= Gesamt-N · 6,25) steigen können. In Versuchen mit verschiedenen reinen Ammoniumsalzen stellten sie fest, dass Lösungen von Ammoniumacetat und Ammoniumbutyrat beim Eindampfen bei 40° C im Trockenschrank ganz erhebliche Verluste erlitten, doch traten auch bei Ammoniumlactatlösungen in manchen Fällen Verluste ein. Die grössten Verluste wurden dann gefunden, wenn die Salzlösungen nach dem Eindampfen noch mehrere Tage im Trockenschrank stehen gelassen wurden. Ammoniumsulfat und Ammoniumchlorid erlitten dagegen beim Eindampfen keinerlei Verluste; bei diesen Salzen wurde stets die gesamte Ammoniakmenge wiedergefunden.

S. J. Watson ¹⁶⁾ ermittelte die bei der Trocknung von Silagen bei 98° C auftretenden Trockensubstanzverluste, indem er sowohl in den frischen als auch in den getrockneten Silageproben den Gehalt an flüchtigen Säuren (als Essigsäure berechnet) und an flüchtigen Basen (Ammoniak) bestimmte. Er stellte fest, dass beim Trocknen 50 bis 92 %, im Mittel 77 % der in den frischen Silagen enthaltenen flüchtigen Säuren und 0 bis 91 %, im Mittel 45 % der flüchtigen Basen verloren gehen. Der ermittelte Gehalt an Trockensubstanz und an organischer Substanz der jeweils untersuchten Silagen wird vom Autor um das Gewicht des Verlustes an flüchtigen Substanzen erhöht; die Korrekturen werden in der Weise vorgenommen, dass die in Verluste gegangenen flüchtigen Basen zum Rohprotein und die flüchtigen Säuren zum Ätherextrakt, in dem sie bei der Analyse normalerweise enthalten wären, hinzugezählt werden.

W. A. King ⁷⁾ sowie *W. A. King, G. E. Patrias und W. E. Russell* ⁸⁾ führten Stoffwechselversuche an Kühen, denen verschiedene Grünfuttersilagen verab-

reicht wurden, durch. Sie stellten dabei fest, dass die beim Trocknen der Silage- und Kotproben auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen berücksichtigt werden müssen, wenn zuverlässige Nährstoffbilanzen und Verdauungskoeffizienten bestimmt werden sollen; dies gilt insbesondere für die an den Tieren ermittelten Stickstoffbilanzen und für die Verdauungskoeffizienten des Rohproteines. Um Unstimmigkeiten zu vermeiden, führten die genannten Autoren ihre Analysen an den frischen, nassen Silage- und Kotproben durch.

A. E. Perkins ¹³⁾ ¹⁴⁾ stellte vergleichende Versuche an, in denen der Wassergehalt zahlreicher Silageproben einerseits durch Trocknung im Trockenschrank und andererseits durch Destillation mit Toluol bestimmt wurde. Mit der Destillationsmethode wurden in den frischen Silagen Trockensubstanzgehalte gefunden, die um 0,7 bis 2,7 % höher waren als diejenigen, die durch Trocknung der Silagen bestimmt wurden; bezogen auf die Trockensubstanz bedeutet dies, dass die Differenz zwischen den Resultaten der beiden Methoden 3 bis über 10 % ausmachen kann. Der Autor ist der Meinung, dass die in der Literatur mitgeteilten Trockensubstanzverluste, die bei der Silagebereitung auftreten, im allgemeinen zu hoch seien, da sie meist auf Grund unzuverlässig durchgeführter Trockensubstanzbestimmungen ermittelt wurden.

Auch *J. G. Archibald* ¹⁾ bestimmte den Wassergehalt frischer Silagen mit Toluol. Für unsere weitere Betrachtung ist seine Feststellung von Interesse, dass u. U. der an frischen Silagen ermittelte Rohproteingehalt der Trockensubstanz wesentlich höher sein kann, als wenn die Bestimmung an getrockneter Silage durchgeführt wird.

In Anbetracht der offenbar bestehenden Unsicherheit bei der Durchführung der auch bei uns üblichen Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes von Silageproben durch Trocknung im Trockenschrank bei 105° C schien es uns angezeigt, auf Grund eigenen Analysenmaterials zu prüfen, ob die Anwendung dieser einfachen Methode, die sich bei Serienuntersuchungen auszeichnet in den Gang der übrigen Laboratoriumsarbeit einfügen lässt, für den genannten Zweck weiterhin gerechtfertigt erscheint. Wir haben daher versucht, die bei der Trocknung von Silageproben im Trockenschrank auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen zu bestimmen und eine Beziehung zu finden, nach welcher der ermittelte Trockensubstanzgehalt mit Hilfe der Ergebnisse der üblichen Silageanalyse korrigiert und so der verlustfreie Gehalt der Silagen an Trockensubstanz berechnet werden könnte. Ausserdem wurde geprüft, ob die bei der Trocknung von Silagen auftretenden Verluste an Ammoniak auf Grund bestimmter Gesetzmässigkeiten rechnerisch ermittelt und zur Berichtigung des in der ermittelten Trockensubstanz festgestellten Rohproteingehaltes verwendet werden können, und nach welchem Vorgehen die an den Gehaltszahlen der übrigen Silagenährstoffe notwendigen Korrekturen vorzunehmen sind.

Tabelle 1

An frischen Silagen und an Silagetrockensubstanzen ermittelte Analysenergebnisse; Berechnung der bei der Trockensubstanzbestimmung auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen und Korrektur der ermittelten Trockensubstanzgehalte.

(E = ‰ Gesamtessigsäure; B = ‰ Gesamtbuttersäure; A = ‰ Ameisensäure; NH₃ = ‰ Ammoniak)

Probe Nr.	In der frischen Silage ermittelt				In der gewonnenen Tr. S. ermittelt (auf frische Silage umgerechnet)		Verluste beim Trocknen (auf frische Silage umgerechnet)			Korrigierter Tr.S.-Gehalt = [Tr.S. + (E+B+A+NH ₃)- verluste] ‰	Korrekturfaktor für die ermittelte Tr.S. $F = \frac{\text{korrigierte Tr.S.}}{\text{ermittelte Tr.S.}}$
	Tr. S. ‰	pH	(E+B+A) ‰	NH ₃ ‰	(E+B+A) ‰	NH ₃ ‰	(E+B+A) ‰	NH ₃ ‰	(E+B+A+NH ₃) ‰		
154	14,72	3,15	0,17	0,014	0,06	0,014	0,11	0,000	0,110	14,83	1,007
155	14,00	3,50	0,38	0,029	0,06	0,017	0,32	0,012	0,332	14,33	1,024
156	14,07	3,62	0,38	0,039	0,06	0,021	0,32	0,018	0,338	14,41	1,024
157	14,29	3,33	0,21	0,022	0,05	0,015	0,16	0,007	0,167	14,46	1,012
158	21,66	4,48	1,05	0,096	0,18	0,031	0,87	0,065	0,935	22,60	1,043
179	17,42	4,08	0,65	0,065	0,10	0,027	0,55	0,038	0,558	18,01	1,034
199	18,17	3,62	0,28	0,024	0,04	0,020	0,24	0,004	0,244	18,41	1,013
207	15,75	4,95	1,90	0,092	0,50	0,015	1,40	0,077	1,477	17,23	1,094
209	17,11	5,60	2,79	0,172	0,55	0,014	2,24	0,158	2,398	19,51	1,140
243	21,16	6,50	3,23	0,387	0,88	0,018	2,35	0,369	2,719	23,88	1,129
266	17,14	5,07	1,35	0,068	0,31	0,006	1,04	0,062	1,102	18,24	1,064
268	17,66	4,50	0,81	0,061	0,16	0,012	0,65	0,049	0,699	18,36	1,040
269	18,41	4,34	1,10	0,043	0,16	0,012	0,94	0,031	0,971	19,38	1,053
270	17,10	4,10	1,30	0,075	0,12	0,016	1,18	0,059	1,239	18,34	1,073
271	16,76	4,54	1,10	0,065	0,20	0,020	0,90	0,045	0,945	17,71	1,057
272	17,54	5,02	1,76	0,091	0,58	0,006	1,18	0,085	1,265	18,81	1,072
273	17,91	3,80	0,58	0,037	0,06	0,017	0,52	0,020	0,540	18,45	1,030
274	14,44	4,53	1,73	0,101	0,17	0,007	1,56	0,094	1,654	16,09	1,114
275	17,38	5,06	1,74	0,089	0,51	0,007	1,23	0,082	1,312	18,69	1,075
304	13,08	5,52	2,01	0,162	0,30	0,007	1,71	0,155	1,865	14,95	1,142
307	16,45	4,30	0,94	0,079	0,13	0,022	0,81	0,057	0,867	17,32	1,053
311	18,43	5,10	1,91	0,129	0,46	0,024	1,45	0,105	1,555	19,99	1,085
318	23,09	3,68	0,60	0,031	0,11	0,021	0,49	0,010	0,500	23,59	1,022
319	19,68	3,70	0,45	0,033	0,10	0,022	0,35	0,011	0,361	20,04	1,018
321	16,33	4,10	0,74	0,060	0,12	0,013	0,62	0,047	0,667	17,00	1,041
325	19,76	6,10	2,80	0,286	0,68	0,006	2,12	0,280	2,400	22,16	1,121
329	14,88	4,90	2,15	0,090	0,29	0,005	1,86	0,085	1,945	16,83	1,131
331	17,52	3,80	0,52	0,034	0,08	0,020	0,44	0,014	0,454	17,97	1,026
332	12,11	5,15	1,45	0,088	0,33	0,006	1,12	0,082	1,202	13,31	1,099
334	20,23	3,96	0,83	0,042	0,11	0,019	0,72	0,023	0,743	20,97	1,037
335	19,76	2,90	0,17	0,009	0,06	0,009	0,11	0,000	0,110	19,87	1,006
336	12,87	4,42	1,16	0,042	0,20	0,007	0,96	0,035	0,995	13,87	1,078
337	12,40	5,22	1,62	0,094	0,36	0,006	1,26	0,088	1,348	13,75	1,109

Ermittlung der bei der Trockensubstanzbestimmung im Trockenschrank an Grünfuttersilagen auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen

Wir führten unsere Untersuchungen an Silagen durch, die aus ungehäckeltem Grünfutter (Gramineen, Leguminosen und Gramineen-Leguminosen-Gemenge) unter Zusatz von Ameisensäure bzw. AIV-Lösung, oder aber aus gemahlenem Grünfutter ohne Konservierungszusatz hergestellt worden waren; um einen möglichst weiten Bereich zu erfassen, wurden dabei nicht nur einwandfreie, sondern auch schlecht geratene Silagen in die Untersuchung einbezogen. Zur Feststellung der bei der Trocknung der Silagen auftretenden Trockensubstanzverluste hielten wir uns grundsätzlich an das Vorgehen von *S. J. Watson*¹⁶⁾, wobei wir von der Annahme ausgingen, dass diese Verluste durch die Ermittlung der entwichenen flüchtigen Säuren (Essigsäure, Buttersäure, Ameisensäure) und Basen (Ammoniak) praktisch vollständig erfasst sein dürften. Es wurde daher sowohl in den frischen als auch in den getrockneten Silagen der Gehalt an Ammoniak (NH_3), Gesamtessigsäure (E), Gesamtbuttersäure (B) und bei Silagen, die mit Ameisensäure konserviert worden waren, auch der Gehalt an Ameisensäure (A) bestimmt. Auf die Bestimmung des Gehaltes der Silagen an Gesamtmilchsäure konnte, da es sich dabei um eine nichtflüchtige Säure handelt, in diesem Zusammenhange verzichtet werden.

Die Bestimmung des Ammoniaks erfolgte im wässrigen Silageextrakt durch Vakuumdestillation nach dem Vorgehen von *A. Longi*¹¹⁾, diejenige der Essigsäure und Buttersäure nach dem Verfahren von *W. Lepper*⁹⁾, das die ursprüngliche Methode von *G. Wiegner* und *J. Magasanik*¹⁷⁾ ¹⁸⁾ zur Grundlage hat; der Ameisensäuregehalt der Silagen wurde nach der Permanganatmethode, wie sie von *P. Fuchs*⁵⁾ vorgeschlagen wurde, bestimmt. Die pH-Bestimmung wurde im wässrigen Extrakt der frischen Silagen auf elektrometrischem Wege ausgeführt¹⁸⁾.

Zur Ermittlung des Trockensubstanzgehaltes wurden genau abgewogene Mengen (zirka 250 g) der zu untersuchenden frischen Silagen in Aluminiumblechen während 24 bis 48 Stunden bei 60 bis 65° C im Trockenschrank mit Luftzirkulation vorgetrocknet und dann während 3 bis 3½ Stunden bei 105° C ebenfalls in zirkulierender Luft zu Ende getrocknet; den sofort gewogenen Rückstand bezeichneten wir als «ermittelte» Trockensubstanz. Die in dieser Weise getrockneten Silagen oder ein aliquoter Teil davon wurden im Stohmannkolben mit warmem Wasser geschüttelt und über Nacht bei Zimmertemperatur stehen gelassen; in einem aliquoten Teil der filtrierten Extrakte wurden dann die oben erwähnten Gehaltsbestimmungen nochmals ausgeführt.

Das Vorgehen zur Ermittlung der Trockensubstanzverluste, die beim Trocknen von Silagen auftreten, sei im folgenden an einem Beispiel (Silage Nr. 271) erörtert:

In der *frischen Silage* wurden bestimmt:

Ammoniak	0,065 ‰
Gesamtessigsäure	0,22 ‰
Gesamtbuttersäure	0,88 ‰

In 100 g frischer Silage: Total 1,165 g flüchtige Trockensubstanz

In der *frischen Silage* wurden ausserdem durch Trocknung 16,76 ‰ Trockensubstanz ermittelt.

Die Analyse der *ermittelten Trockensubstanz* ergab:

Ammoniak	0,121 ‰
Gesamtessigsäure	0,56 ‰
Gesamtbuttersäure	0,68 ‰

Umgerechnet auf 100 g frische Silage = 16,76 g ermittelte Trockensubstanz waren nach dem Trocknen noch vorhanden:

Ammoniak	0,020 ‰
Gesamtessigsäure	0,09 ‰
Gesamtbuttersäure	0,11 ‰

In 16,76 g Silage-Trockensubstanz waren insgesamt noch vorhanden 0,220 g flüchtige Trockensubstanz

Verluste beim Trocknen von 100 g frischer Silage:

1,165 — 0,220 = 0,945 g flüchtige Trockensubstanz

Die in dieser Weise gewonnenen Unterlagen für die Ermittlung der beim Trocknen aufgetretenen Verluste an flüchtigen Säuren und Basen in den von uns untersuchten Silageproben sind in Tabelle 1 zusammengetragen.

Korrektur des ermittelten Trockensubstanzgehaltes und Berechnung des Korrekturfaktors F

Nach der Feststellung der beim Trocknen aufgetretenen Verluste wurde der Trockensubstanzgehalt der Silagen korrigiert, indem die Verluste an flüchtiger Trockensubstanz zu der ermittelten Trockensubstanz addiert wurden. Im oben angeführten Beispiel beträgt demnach der *korrigierte Trockensubstanzgehalt* der Silage = $16,76 + 0,945 = 17,71 ‰$.

Wir berechneten sodann den *Korrekturfaktor F*; dieser Faktor ist die Zahl, mit welcher der ermittelte Trockensubstanzgehalt der jeweils untersuchten Silage multipliziert werden muss, um den korrigierten Trockensubstanzgehalt zu erhalten:

$F \cdot \text{ermittelter Tr. S.-Gehalt} = \text{korrigierter Tr. S.-Gehalt.}$

In unserem Beispiel fanden wir:

ermittelter Trockensubstanzgehalt = 16,76 ‰

korrigierter Trockensubstanzgehalt = 17,71 ‰

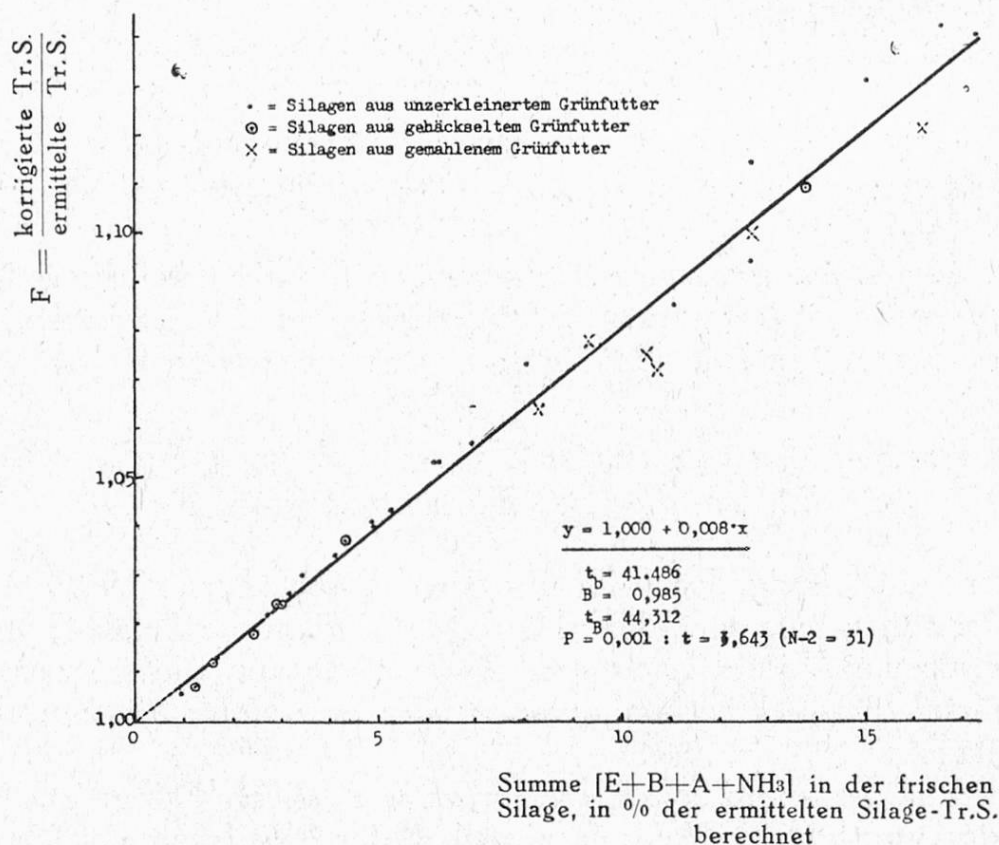
demnach ist $F \cdot 16,76 = 17,71$

$$\text{und } F = \frac{17,71}{16,76} = 1,057.$$

In der letzten Kolonne von Tabelle 1 sind die an unseren Silagen in dieser Weise berechneten Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte eingetragen.

Beziehung zwischen den Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzen und der jeweiligen Summe an flüchtigen Säuren und Basen in den frischen Silagen

Es interessierte uns nun zu prüfen, ob der Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz zu irgendeinem der an der frischen Silage bestimmten Gehaltswerte in Beziehung steht; wenn dies der Fall wäre, liesse sich dieser



Figur 1

Beziehung zwischen dem Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz und der in ‰ der vermittelten Trockensubstanz berechneten Summe der in der frischen Silage enthaltenen flüchtigen Säuren und Basen.

Tabelle 2

Zahlenwerte, aus denen die Beziehungen zur Berechnung der Korrekturfaktoren F (siehe Figur 1) und zur Ermittlung der bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen auftretenden prozentualen Ammoniakverluste (siehe Figur 4 und 7) abgeleitet wurden

Probe Nr.	Summe der flüchtigen Säuren und Basen in den frischen Silagen, in Prozent der ermittelten Trockensubstanzgehalte berechnet	Empirische Korrekturfaktoren F für die ermittelten Tr.S.-Gehalte $F = \frac{\text{korrigierte Tr.S.}}{\text{ermittelte Tr.S.}}$	Theoretische Korrekturfaktoren F für die ermittelten Tr.S.-Gehalte $F = 1,000 + 0,008 \cdot S \cdot \frac{100}{[(E+B+A+NH_3) \cdot \frac{100}{\% \text{ Tr.S.}}]}$	pH der frischen Silagen	Empirische, bei der Trockensubstanzbestimmung aufgetretene prozentuale Ammoniakverluste
154	1,250	1,007	1,010	3,15	0,00
155	2,921	1,024	1,023	3,50	41,38
156	2,978	1,024	1,024	3,62	46,15
157	1,624	1,012	1,013	3,33	31,82
158	5,291	1,043	1,042	4,48	67,71
179	4,104	1,034	1,033	4,08	58,46
199	1,673	1,013	1,013	3,62	16,67
207	12,648	1,094	1,101	4,95	83,70
209	17,311	1,140	1,138	5,60	91,86
243	17,094	1,129	1,137	6,50	95,61
266	8,273	1,064	1,066	5,07	91,18
268	4,932	1,040	1,039	4,50	80,33
269	6,209	1,053	1,050	4,34	72,09
270	8,041	1,073	1,064	4,10	78,67
271	6,951	1,057	1,056	4,54	69,23
272	10,553	1,072	1,084	5,02	93,41
273	3,445	1,030	1,028	3,80	54,05
274	12,680	1,114	1,101	4,53	93,07
275	10,524	1,075	1,084	5,06	92,13
304	16,605	1,142	1,133	5,52	95,68
307	6,195	1,053	1,050	4,30	72,15
311	11,063	1,085	1,089	5,10	81,40
318	2,733	1,022	1,022	3,68	32,30
319	2,454	1,018	1,020	3,70	33,33
321	4,899	1,041	1,039	4,10	78,33
325	15,617	1,121	1,125	6,10	97,90
329	15,054	1,131	1,120	4,90	94,44
331	3,162	1,026	1,025	3,80	41,18
332	12,700	1,099	1,102	5,15	93,18
334	4,310	1,037	1,034	3,96	54,76
335	0,906	1,006	1,007	2,90	0,00
336	9,340	1,078	1,075	4,42	83,33
337	13,822	1,109	1,111	5,22	93,62

Korrekturfaktor F jeweils berechnen und es würde sich erübrigen, ihn für jede Silageprobe auf Grund der zusätzlichen Analyse der ermittelten Trockensubstanz bestimmen zu müssen.

Wir konnten in der Tat feststellen, dass die Abhängigkeit zwischen der Summe der in den frischen Silagen enthaltenen flüchtigen Säuren und Basen, ausgedrückt in Prozent der ermittelten Trockensubstanz, und dem jeweils zugehörigen Korrekturfaktor F durch eine lineare Beziehung gut darstellbar ist. Allgemein lautet die Gleichung:

$$y = a + b \cdot x,$$

mit x = Summe der in der frischen Silage bestimmten flüchtigen Säuren und Basen (Gesamtessigsäure + Gesamtbuttersäure + Ameisensäure + Ammoniak), in Prozent der ermittelten Trockensubstanz berechnet;
 y = Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz.

Die Bestimmung der beiden Regressionsparameter a und b *) ergab:

$$y = 1,000 + 0,008 \cdot x.$$

Darf diese aus der Beobachtung abgeleitete Gesetzmässigkeit als wesentlich, als charakteristisch beurteilt werden? Über die Stärke der Verbundenheit der Wertepaare (x, y) erteilt das Bestimmtheitsmass B (siehe Fussnote Seite 178) Aufschluss. Dieses gibt an, welcher Anteil der Streuung der einen Variablen y sich aus der Veränderung der anderen Variablen x erklären lässt. In unserem Fall beträgt das Bestimmtheitsmass 0,9845, das heisst es lassen sich 98,45 %

*) $a = \bar{y} - \bar{x} \cdot b;$

$$b = \frac{S(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{S(x-\bar{x})^2}; \quad t_b = \frac{b}{\sqrt{\frac{S(y-\bar{y})^2}{(N-2) \cdot S(x-\bar{x})^2}}}; \quad \text{Freiheitsgrad } n = N-2.$$

$$B = \frac{\frac{1}{N-1} \cdot S(Y-\bar{y})^2}{\frac{1}{N-1} \cdot S(y-\bar{y})^2} = \frac{\left\{ \frac{1}{N-1} \cdot S(x-\bar{x})(y-\bar{y}) \right\}^2}{\left\{ \frac{1}{N-1} \cdot S(x-\bar{x})^2 \right\} \cdot \left\{ \frac{1}{N-1} \cdot S(y-\bar{y})^2 \right\}}; \quad t_B = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{1-B}} \cdot \sqrt{N-2};$$

Freiheitsgrad $n = N-2$.

$$S(x-\bar{x})(y-\bar{y}) = S_{xy} - \frac{S_x \cdot S_y}{N}.$$

$$S(x-\bar{x})^2 = S_x^2 - \frac{(S_x)^2}{N}.$$

$$S(y-\bar{y})^2 = S(y-\bar{y})^2 - b^2 \cdot S(x-\bar{x})^2;$$

$$S(y-\bar{y})^2 = S_y^2 - \frac{(S_y)^2}{N}.$$

a = Erwartungsmässiger Wert von y , wenn $x = 0$.

b = Regressionskoeffizient (Tangens des Winkels der Regressionsgeraden mit der positiven Abszissenachse).

x und y = Koordinaten der experimentell ermittelten Punkte.

\bar{x} = Arithmetisches Mittel aller x -Werte.

\bar{y} = Arithmetisches Mittel aller y -Werte.

Y = Theoretische, mit der Gleichung der Regressionsgeraden berechnete y -Werte.

N = Anzahl der experimentell ermittelten Punkte.

S = Summationszeichen.

der Streuung der y-Werte aus den Veränderungen der x-Werte durch lineare Regression erklären. Dies bestätigt die Zuverlässigkeit des gewählten linearen Regressionsansatzes, ist doch die Grenzlage $B = 1$ das Kennzeichen einer streng linearen Abhängigkeit. Weitere auf dem «t-Test»^{10) 19)} beruhende Prüfverfahren zeigen, dass sowohl der Regressionskoeffizient $b = 0,008$ als auch das Bestimmtheitsmass $B = 0,9845$ als stark gesichert angesehen werden dürfen. Die Wahrscheinlichkeit $P(t)$, dass ein t-Wert bloss zufällig grösser ausfallen könnte als die vorgefundenen, ist kleiner als 0,001.

Die zur Berechnung obiger Beziehung verwendeten Werte sind in den ersten Kolonnen der Tabelle 2 zusammengestellt und wurden in Figur 1 eingetragen.

In dem bereits angeführten Beispiel (Silage Nr. 271) beträgt die Summe der flüchtigen Säuren und Basen, die in der frischen Silage bestimmt und in Prozent der ermittelten Trockensubstanz ausgedrückt wurden, 6,951 % (siehe Tabelle 2); der aus der Regressionsgleichung berechnete theoretische Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz hat daher den Wert

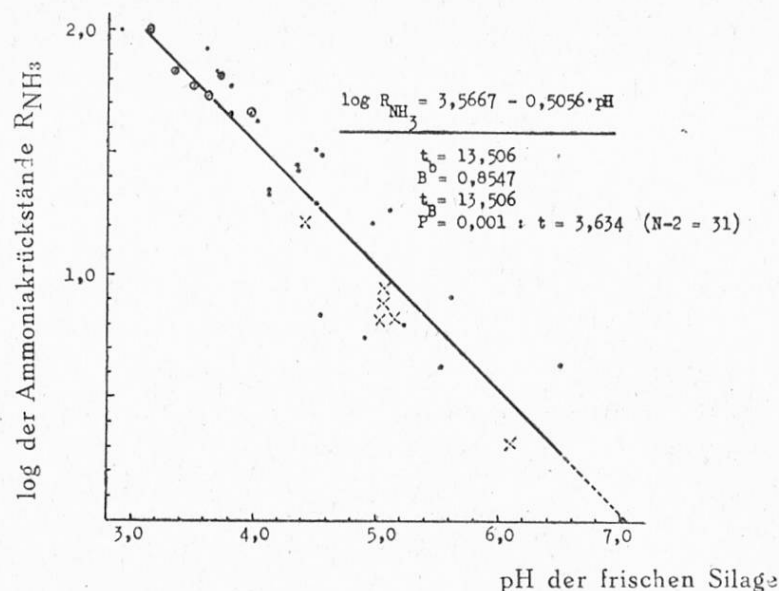
$$F = 1,000 + 0,008 \cdot 6,951 = 1,056.$$

Bei den von uns untersuchten Silagen liegen die in dieser Weise bestimmten Korrekturfaktoren F für die ermittelte Trockensubstanz zwischen den Werten 1,007 und 1,138 (Silagen Nr. 335 und 209); die bei der Trocknung der Silagen im Trockenschrank auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen können demnach bis zu 13,8 % der ermittelten Trockensubstanz bzw. bis zu 12,1 % der korrigierten (verlustfreien) Trockensubstanz ausmachen. Die Grössenordnung dieser Verluste entspricht derjenigen, die auch von *A. E. Perkins*¹³⁾ festgestellt wurde (3 bis mehr als 10 % der Trockensubstanz).

Aus diesen Ermittlungen geht hervor, dass bei der Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes von Silagen im Trockenschrank bei 105° C tatsächlich zum Teil erhebliche Verluste an Trockensubstanz auftreten können; die so ermittelte Trockensubstanz kann jedoch auf Grund der oben dargelegten Beziehung zwischen der Summe der in den frischen Silagen enthaltenen flüchtigen Säuren und Basen (in Prozent der ermittelten Trockensubstanz ausgedrückt) und dem Korrekturfaktor F ohne zusätzliche analytische Arbeit berichtigt werden. Es bleibt durch weitere Untersuchungen noch abzuklären, ob die in dieser Weise korrigierten Trockensubstanzgehalte mit denjenigen übereinstimmen, die z. B. durch Destillation der frischen Silagen mit Toluol gefunden werden.

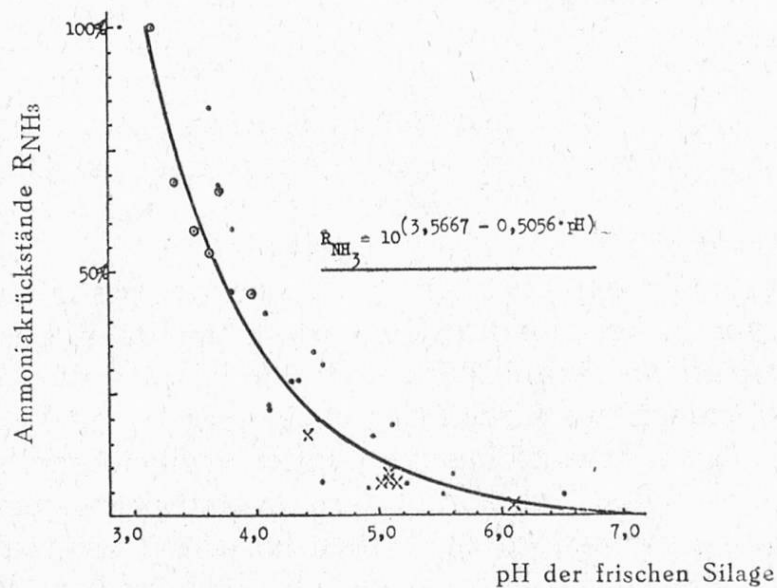
Die bei der Trockensubstanzbestimmung im Trockenschrank auftretenden Ammoniakverluste und ihre Beziehungen zum pH der frischen Silagen einerseits und zu den Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte anderseits

Die Möglichkeit der Korrektur der durch Trocknung bei 105° C ermittelten Silagetrockensubstanz legte uns den Gedanken nahe, einen Weg zu suchen, der uns gestatten würde, den in getrockneten Silagen bestimmten Rohproteingehalt,



Figur 2

Beziehung zwischen $\log R_{\text{NH}_3}$ (R_{NH_3} = nach dem Trocknen bei 105°C in den Silagen noch enthaltene Ammoniakrückstände, in % des ursprünglich vorhandenen Ammoniaks berechnet) und dem pH der frischen Silagen.

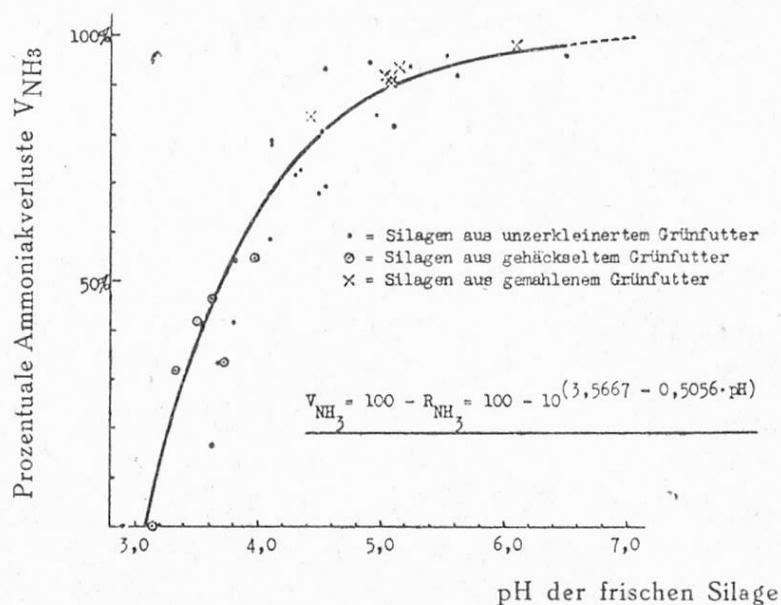


Figur 3

Abhängigkeit der bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen verbliebenen prozentualen Ammoniakrückstände R_{NH_3} vom pH der frischen Silagen.

dessen Wert infolge der beim Trocknen auftretenden Ammoniakverluste jeweils zu niedrig gefunden wird, zu korrigieren.

Wir berechneten aus den in Tabelle 1 zusammengestellten Zahlen die an unseren Silagen bei der Trockensubstanzbestimmung aufgetretenen prozentualen Ammoniakverluste; diese Werte wurden in der letzten Kolonne von Tabelle 2 eingetragen. Wir versuchten dann abzuklären, in welcher Abhängigkeit diese prozentualen Ammoniakverluste zum pH der frischen Silagen stehen. Wie Fi-



Figur 4

Abhängigkeit der bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen auftretenden prozentualen Ammoniakverluste V_{NH_3} vom pH der frischen Silagen.

Figur 4 lehrt, kann die gegenseitige Verbundenheit nicht als linear beurteilt werden; die Verwendung einer exponentiellen Regressionslinie drängt sich auf. Vermittels einer einfachen Transformation lässt sich jedoch dieser Fall auf den linearen Ansatz überführen.

Für die rechnerische Auswertung erwies es sich zunächst als zweckmässig, nicht von den prozentualen Ammoniakverlusten V_{NH_3} , sondern von den nach der Trocknung in den Silagen verbliebenen prozentualen Ammoniakrückständen $R_{NH_3} = 100 - V_{NH_3}$ auszugehen¹⁵⁾. Trägt man ferner auf der Ordinate eines Koordinationssystems an Stelle der prozentualen Ammoniakrückstände R_{NH_3} deren gewöhnliche Logarithmen $\log R_{NH_3}$ und auf der Abszisse die zugehörigen pH-Werte der frischen Silagen ein, so darf die resultierende gegenseitige Abhängigkeit als linear bezeichnet werden (Figur 2):

$$\log R_{NH_3} = a - b \cdot pH$$

Nach Berechnung der Regressionsparameter a und b (siehe Fussnote Seite 178) lautet die Gleichung

$$\log R_{NH_3} = 3,5667 - 0,5056 \cdot pH.$$

Diese Beziehung ist auf Grund des «t-Testes» überprüft und als gesichert befunden worden (siehe Anmerkungen zu Figur 2); nach dem berechneten Bestimmtheitsmass B kann zudem ausgesagt werden, dass sich 85,47 % der Streuung von $\log R_{NH_3}$ aus den Änderungen des pH-Wertes der frischen Silagen erklären lassen.

Die exponentielle Abhängigkeit der prozentualen Ammoniakrückstände R_{NH_3} vom jeweiligen pH der frischen Silagen ist in Figur 3 dargestellt; sie entspricht der Gleichung

$$R_{NH_3} = 10^{(3,5667 - 0,5056 \cdot pH)}$$

Schliesslich gilt für die bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen auftretenden prozentualen Ammoniakverluste $V_{NH_3} = 100 - R_{NH_3}$ die in Figur 4 wiedergegebene Abhängigkeit von den pH-Werten der frischen Silagen. Sie entspricht der Relation

$$V_{NH_3} = 100 - R_{NH_3} = 100 - 10^{(3,5667 - 0,5056 \cdot pH)}$$

Mit steigendem pH der frischen Silagen nähern sich demnach die beim Trocknen bei 105° C auftretenden prozentualen Ammoniakverluste V_{NH_3} einem Höchstwert. Nach obiger Gleichung beträgt der Ammoniakverlust V_{NH_3} bei einem pH der frischen Silage von 3,10 = 0 %; er würde bei einem pH von 7,05 den Höchstwert von 100 % erreichen.

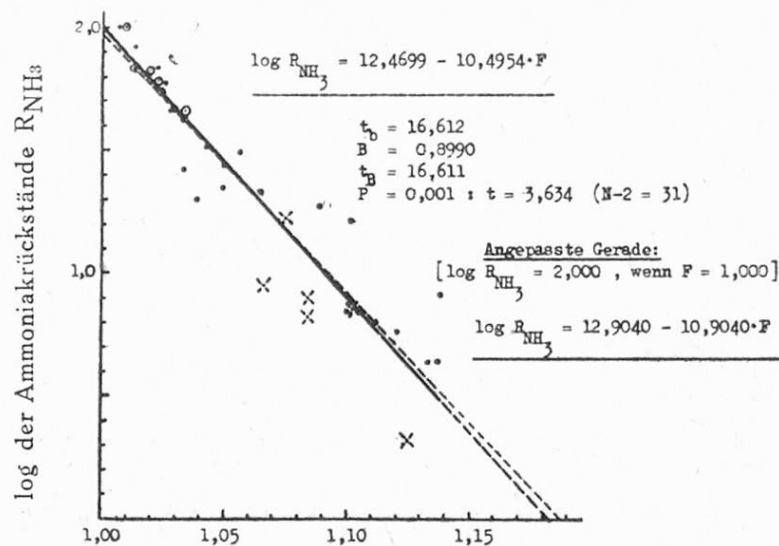
Es interessierte uns andererseits noch zu prüfen, ob die Berechnung der Grösse dieser Ammoniakverluste nicht auch mit Hilfe der theoretischen Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte möglich sei. Auch in diesem Falle gingen wir zunächst nicht von den Ammoniakverlusten V_{NH_3} , sondern von den nach der Trocknung in den Silagen verbliebenen prozentualen Ammoniakrückständen R_{NH_3} aus, und versuchten, ihre Beziehung zu den entsprechenden Korrekturfaktoren F zu ermitteln. Tragen wir wiederum die gewöhnlichen Logarithmen der prozentualen Ammoniakrückstände R_{NH_3} auf der Ordinate und die zugehörigen theoretischen Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte auf der Abszisse eines Koordinatensystemes auf, so lässt sich eine lineare Beziehung zwischen diesen Werten feststellen (Figur 5):

$$\log R_{NH_3} = a - b \cdot F$$

Die Berechnung der Regressionsparameter a und b erfolgte wie früher besprochen (siehe Fussnote Seite 178); die Gleichung lautet im vorliegenden Fall

$$\log R_{NH_3} = 12,4699 - 10,4954 \cdot F$$

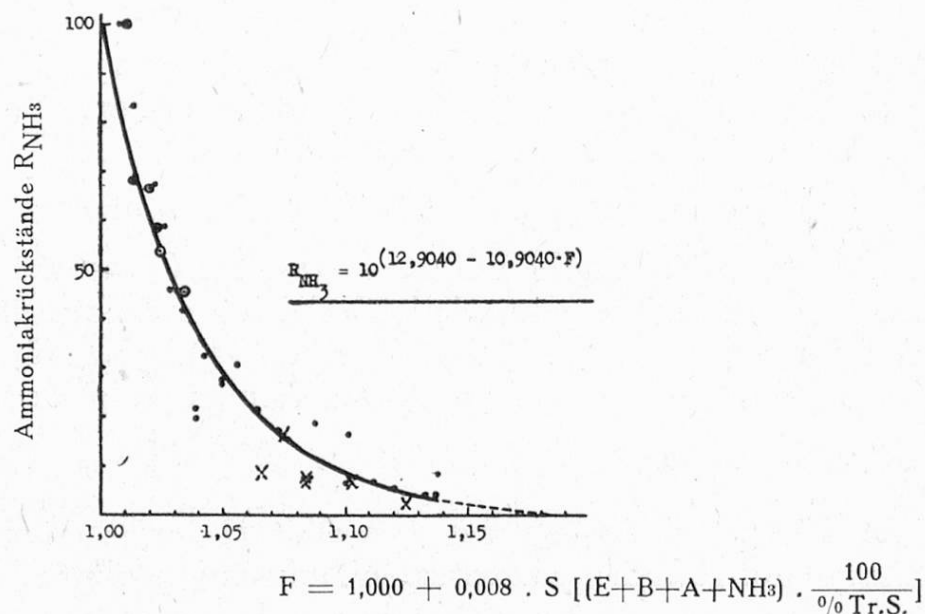
Auch diese Beziehung ist, auf Grund des berechneten Bestimmtheitsmasses und der Überprüfung nach dem «t-Test», als gesichert zu betrachten (siehe Anmerkung zu Figur 5). Die mit dieser Gleichung berechnete Gerade ist in Figur 5 gestrichelt wiedergegeben; ihr Verlauf ist insofern nicht ganz sinnvoll, als sie bei $F = 1,00$ lediglich den $\log R_{NH_3} = 1,9745$ erreicht. Vernünftigerweise muss jedoch erwartet werden, dass bei einem Korrekturfaktor $F = 1,00$ keinerlei Verluste, also auch keine Ammoniakverluste beim Trocknen von Silagen auftreten; die Gerade müsste demnach bei $F = 1,00$ die Ordinate bei $\log R_{NH_3} = 2,00$ oder darüber erreichen. Dass dies nicht ganz der Fall ist, mag



$$F = 1,000 + 0,008 \cdot S \left[(E+B+A+\text{NH}_3) \cdot \frac{100}{\% \text{ Tr.S.}} \right]$$

Figur 5

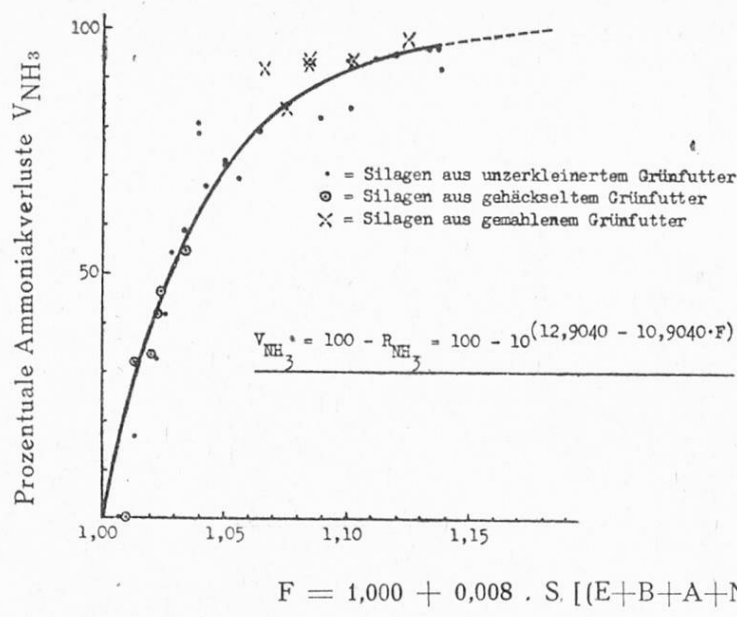
Beziehung zwischen $\log R_{\text{NH}_3}$ (R_{NH_3} = nach dem Trocknen bei 105°C in Silagen noch enthaltene Ammoniakrückstände, in % des ursprünglich vorhandenen Ammoniaks berechnet) und den theoretischen Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte.



Figur 6

Beziehung zwischen den bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen verbliebenen prozentualen Ammoniakrückständen R_{NH_3} und den theoretischen Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte.

vor allem auf unvermeidliche kleine Ungenauigkeiten bei der Ammoniakbestimmung zurückzuführen sein, die sich infolge der geringeren Grösse der Absolutwerte bei der Umrechnung in Prozentzahlen in starkem Masse auswirken können. Um der Regressionsgeraden einen befriedigenderen Verlauf zu geben,



Figur 7

Beziehung zwischen den bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen auftretenden prozentualen Ammoniakverlusten V_{NH_3} und den theoretischen Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte.

ohne dabei ihre mathematische Zuverlässigkeit wesentlich zu ändern, wurde ihr Regressionskoeffizient b derart umgerechnet, dass sie, entsprechend obiger Überlegung, beim Korrekturfaktor $F = 1,00$ die Ordinate im Punkt $\log R_{NH_3} = 2,00$ schneidet. Die Gleichung lautet nun

$$\log R_{NH_3} = 12,9040 - 10,9040 \cdot F.$$

Die mit dieser Gleichung berechnete angepasste Gerade ist in Figur 5 ausgezogen eingezeichnet. Die exponentielle Beziehung zwischen den prozentualen Ammoniakrückständen R_{NH_3} und den Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte ist aus Figur 6 zu ersehen; sie folgt der Gleichung

$$R_{NH_3} = 10^{(12,9040 - 10,9040 \cdot F)}.$$

In Figur 7 ist die Beziehung zwischen den bei der Trockensubstanzbestimmung in Silagen auftretenden prozentualen Ammoniakverlusten $V_{NH_3} = 100 - R_{NH_3}$ und den zugehörigen Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte dargestellt:

$$V_{NH_3} = 100 - R_{NH_3} = 100 - 10^{(12,9040 - 10,9040 \cdot F)}.$$

Je grösser demnach der Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz ist, desto mehr nähern sich die Ammoniakverluste, die bei der Trockensubstanzbestimmung an Silagen im Trockenschrank auftreten, dem Höchstwert von 100 %, den sie nach obiger Gleichung bei einem Korrekturfaktor $F = 1,183$ erreichen würden. Bei den von uns untersuchten Silagen betrug der grösste, nach

obiger Gleichung berechnete, durch das Trocknen verursachte Verlust 96,87 % des in der frischen Silage enthaltenen Ammoniaks (Silage Nr. 209).

In dem weiter oben verwendeten Beispiel (Silage Nr. 271) berechneten wir einen Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz von 1,056; daraus lässt sich nach der angeführten Gleichung der prozentuale Ammoniakverlust, der beim Trocknen der Silage auftrat, berechnen:

$$V_{\text{NH}_3} = 100 - 10(12,9040 - 10,9040 \cdot 1,056) = 75 \%$$

In der in Frage stehenden Silage sind demnach 75 % des ursprünglich vorhandenen Ammoniaks während des Trocknens verloren gegangen.

Korrektur des in der ermittelten Trockensubstanz bestimmten Rohproteingehaltes

Auf Grund der Bestimmung der Korrekturfaktoren F für die ermittelten Trockensubstanzgehalte und der daraus berechneten, bei der Trocknung von Silagen bei 105° C aufgetretenen prozentualen Ammoniakverluste kann der in der ermittelten Trockensubstanz jeweils bestimmte, zu niedrig gefundene Rohproteingehalt korrigiert werden. Die vorzunehmende Berechnung sei wiederum an dem bereits mehrfach angeführten Beispiel von Silage Nr. 271 dargelegt.

In 100 g frischer Silage wurde bei einem Gehalt von 16,76 g ermittelter Trockensubstanz ein Ammoniakgehalt von 0,065 g gefunden. Beim Trocknen der Silage gingen von diesem Ammoniak 75 % verloren, nämlich $0,065 \cdot 0,75 = 0,049$ g. In 100 g der ermittelten Trockensubstanz sind demnach $\frac{0,049}{0,1676} = 0,291$ g

Ammoniak verloren gegangen; dies entspricht einem Verlust von $\frac{0,291 \cdot 14}{17} = 0,240$ g Stickstoff bzw. $0,240 \cdot 6,25 = 1,50$ g Rohprotein je 100 g ermittelter Trockensubstanz.

In der ermittelten Trockensubstanz waren enthalten	12,87 % Rohprotein
Verlust während der Trocknung	1,50 % Rohprotein
Korrigierter Gehalt der ermittelten Trockensubstanz	$12,87 + 1,50 = 14,37$ % Rohprotein.

Der in dieser Weise korrigierte Rohproteingehalt muss nun noch in Prozent der korrigierten (verlustfreien) Trockensubstanz ausgedrückt werden. Da der Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz im vorliegenden Fall 1,056 beträgt, ist der *korrigierte Rohproteingehalt der korrigierten Trockensubstanz* gleich $14,37 : 1,056 = 13,61$ %.

Die Übereinstimmung zwischen den in dieser Weise korrigierten Rohproteingehalten und denjenigen, die in den frischen Silagen direkt ermittelt werden, ist in weiteren vergleichenden Versuchen noch nachzuprüfen.

Korrektur der übrigen, in der ermittelten Trockensubstanz bestimmten Gehaltswerte der Silagenährstoffe

Auch die übrigen, in der ermittelten Trockensubstanz bestimmten Gehaltswerte der Silagenährstoffe müssen, wenn sie in Prozent der korrigierten Trockensubstanz ausgedrückt werden sollen, eine dem Korrekturfaktor F entsprechende Berichtigung erfahren. Die in der ermittelten Trockensubstanz bestimmten Gehaltswerte müssen daher durch den Wert des Korrekturfaktors F dividiert werden; das Ergebnis entspricht dann dem prozentualen Nährstoffgehalt der korrigierten Trockensubstanz.

Einzig der Rohfettgehalt bzw. der Gehalt an Ätherextrakt muss u. E. in anderer Weise behandelt werden, da er nebst dem Rohfett, das dem silierten Grünfutter entstammt, auch die zusätzlich entstandenen, ebenfalls ätherlöslichen, flüchtigen und nichtflüchtigen organischen Säuren der Silage enthält. S. J. Watson¹⁶⁾ zählt, wie bereits erwähnt, auch diese Substanzen zum Rohfett; dieses Vorgehen scheint uns, trotzdem es der Definition des Rohfettes entspricht, nicht gerechtfertigt zu sein, da der in dieser Weise bestimmte unwahrscheinlich hohe Rohfettgehalt bei der Berechnung des energetischen Futterwertes von Silagen, z. B. ausgedrückt in Stärkeeinheiten, zu unrichtigen Ergebnissen führen muss. Während nämlich die pflanzlichen Fette eine Verbrennungswärme von zirka 9,5 Cal pro g trockener Substanz aufweisen^{3) 12)}, sind die entsprechenden Verbrennungswärmen der wichtigsten, in Silagen enthaltenen organischen Säuren viel geringer; sie betragen z. B. für Essigsäure 3,45 Cal und für Milchsäure 3,62 Cal pro g³⁾. Nach ihrem Caloriengehalt stehen diese Silagesäuren demnach den Kohlehydraten, die eine Verbrennungswärme von 3,72 bis 4,19 Cal pro g trockener Substanz aufweisen^{3) 12)}, viel näher als den Fetten. Wir sind daher der Meinung, dass die in Silagen enthaltenen flüchtigen und nichtflüchtigen organischen Säuren von diesem Gesichtspunkte aus zu den stickstofffreien Extraktstoffen gezählt werden sollten.

Wir sind uns in diesem Zusammenhange bewusst, dass eine einwandfreie Trennung zwischen den Stoffen, die in Futtermitteln üblicherweise zum Rohfett gezählt werden und den zusätzlich in den Silagen enthaltenen ätherlöslichen Gärungsprodukten auf analytische und rechnerische Schwierigkeiten stösst. Nach den Ergebnissen eigener Tastversuche liesse sich möglicherweise ein Weg auf Grund einer präzisierten Definition finden, wonach unter Rohfett alle ätherlöslichen, mit Ausnahme der zugleich auch wasserlöslichen Futternährstoffe zu verstehen sind; danach würden z. B. Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure und Milchsäure, die wohl ätherlöslich, andererseits aber auch wasserlöslich sind, nicht zum Rohfett zu rechnen sein. Analytisch würde sich das Vorgehen grundsätzlich so gestalten, dass die getrocknete und gemahlene Silage zunächst mit Wasser ausgezogen werden müsste und erst der wiederum getrocknete Rückstand mit Äther zu extrahieren wäre; dieses Verfahren wird in USA bei der Bestimmung des Gehaltes an Ätherextrakt in kohlehydratreichen Produkten angewendet²⁾. Für

unsere Zwecke müsste eine derartige Methode zunächst noch experimentell auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden.

In Ermangelung eines zuverlässigen analytischen Verfahrens zur Bestimmung des Rohfettes in Silagen behelfen wir uns bei der Durchführung von Silierungsversuchen und von Stoffwechseluntersuchungen einstweilen in der Weise, dass wir den Rohfettgehalt der organischen Substanz der Silage proportional dem Rohfettgehalt der organischen Substanz des Grünfutters, aus dem die Silage hergestellt wurde, berechnen. Wir nehmen dabei an, dass das Rohfett des Grünfutters bei der Silagebereitung praktisch unverändert erhalten bleibt und glauben mit dieser Berechnung dem «wirklichen» Rohfettgehalt der Silage, wie wir ihn charakterisierten, ziemlich nahe zu kommen.

Der berichtigte Gehalt der korrigierten Trockensubstanz an stickstofffreien Extraktstoffen wird in üblicher Weise durch Differenzbildung ($100 - \text{Summe der korrigierten prozentualen Nährstoffgehalte}$) berechnet.

Abschliessend möchten wir nochmals auf das weiter oben angeführte Beispiel (Silage Nr. 271) zurückkommen, um an Hand der in der ermittelten Silage-trockensubstanz (mit Korrekturfaktor $F = 1,056$) bestimmten Gehaltszahlen zusammenfassend das Vorgehen bei den vorzunehmenden Korrekturen darzulegen (siehe Tabelle 3):

Tabelle 3

Korrektur der in der ermittelten Trockensubstanz von Silage Nr. 271 bestimmten Nährstoffgehalte

	In der ermittelten Trockensubstanz wurden bestimmt	In der korrigierten Trockensubstanz sind enthalten
Rohasche	8,98 %	$8,98 : 1,056 = 8,50 \%$
Organische Substanz	91,02 %	$100,00 - 8,50 = 91,50 \%$
Rohprotein	12,87 %	$(12,87 + 1,50) : 1,056 = 13,61 \%$
Rohfett *)	8,57 %	$0,0521 \cdot 91,50 = 4,77 \%$
Rohfaser	34,42 %	$34,42 : 1,056 = 32,59 \%$
N-freie Extr. Stoffe	35,16 %	aus Differenz = 40,53 %
Reinprotein	5,89 %	$5,89 : 1,056 = 5,58 \%$

*) In der organischen Substanz des Grünfutters = 5,21 % Rohfett

Man wird unseren Ausführungen mit Recht entgegenhalten können, dass die Nährstoffanalyse der Silagen im allgemeinen nicht an der bei 105°C ermittelten Trockensubstanz, sondern an der «lufttrockenen» Substanz durchgeführt wird; letztere wird gewöhnlich in der Weise gewonnen, dass die frische Silage bei 60°C getrocknet und dann während einiger Tage bei Zimmertemperatur stehen gelassen wird. Wir haben versucht, auch für die in der «lufttrockenen» Substanz bestimmten Nährstoffgehalte Beziehungen zu finden, die

uns gestatten sollten, eine rechnerische Korrektur für die bei der Trocknung auftretenden Verluste an flüchtigen Säuren und Basen anzubringen; doch gelang uns dies bisher nicht. Dieser Misserfolg mag darauf zurückzuführen sein, dass die einzelnen frischen Silagen, um gleichmässig und gründlich getrocknet zu werden, bei der Gewinnung der «lufttrockenen» Substanz während verschieden langen Zeiten einer Temperatur von 60° C ausgesetzt werden müssen, wobei ein nur sehr labiles Gleichgewicht zwischen der im getrockneten Material zurückbleibenden flüchtigen und der nichtflüchtigen Trockensubstanz erzielt wird. Wir mussten uns daher darauf beschränken, lediglich unsere an den ermittelten Trockensubstanzen gemachten Feststellungen auszuwerten; das besprochene Vorgehen beim Anbringen der vorgeschlagenen Korrekturen ist demnach nur dann voll berechtigt, wenn Analysenergebnisse vorliegen, die an der jeweils gewonnenen Silagetrockensubstanz (3stündiges Trocknen bei 105° C) bestimmt wurden.

Zusammenfassung

Bei der Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes von Grünfuttersilagen im Trockenschrank bei 105° C treten Verluste an flüchtigen Säuren und Basen auf, die nach unseren Befunden bis zu 13,8 % der ermittelten Trockensubstanz bzw. 12,1 % der korrigierten (verlustfreien) Trockensubstanz ausmachen können. Berechnet man die Summe der in einer frischen Silage bestimmten, in Prozent der ermittelten Trockensubstanz ausgedrückten flüchtigen Säuren und Basen, so lässt sich daraus der Korrekturfaktor F, mit dessen Hilfe der ermittelte Trockensubstanzgehalt berichtigt werden kann, ohne zusätzliche analytische Arbeit, rechnerisch bestimmen.

Die Grösse der bei der Trocknung von Grünfuttersilagen bei 105° C auftretenden Ammoniakverluste steht in exponentieller Abhängigkeit sowohl vom pH der jeweiligen frischen Silage als auch vom Korrekturfaktor F für die ermittelte Trockensubstanz und kann ebenfalls berechnet werden.

Es wird schliesslich besprochen, wie die in der ermittelten Trockensubstanz bestimmten prozentualen Gehaltszahlen der Silagenährstoffe zu berichtigen sind, um den Nährstoffgehalt der korrigierten (verlustfreien) Trockensubstanz zu berechnen. Es werden insbesondere Vorschläge für die diesbezügliche Korrektur des Rohprotein- und des Rohfettgehaltes der Silagen gemacht.

Résumé

Des pertes en acides et en bases volatils se produisent lors du dosage, par séchage à l'étuve à 105° C, de la substance sèche de fourrages verts ensilés; d'après nos résultats ces pertes peuvent atteindre jusqu'à 13,8 % de la substance sèche trouvée, c. à. d. 12,1 % de la substance sèche corrigée (sans pertes). Si l'on cacule la somme des acides et des bases volatils, exprimée en pourcents de la substance sèche trouvée, on en peut déduire le facteur correctif F, à l'aide duquel la teneur en substance sèche trouvée peut être corrigée, sans travail analytique supplémentaire.

La grandeur des pertes en ammoniac, qui se produisent lors du séchage à 105° C de fourrages verts ensilés, peut être également calculée; c'est une fonction exponentielle aussi bien du pH de chaque ensilage frais que du facteur correctif F pour la substance sèche trouvée.

Finalement on examine comment il faut corriger, dans la substance sèche trouvée, les teneurs déterminées en substances nutritives, exprimées en pourcents, pour pouvoir calculer la valeur nutritive de la substance sèche corrigée (sans pertes). On propose en particulier une correction appropriée des teneurs en protéine et en graisse brutes des ensilages.

Wir danken Herrn *M. Roulet* auch an dieser Stelle für seine zuverlässige Mitarbeit bei der Ermittlung der angeführten Analysenergebnisse. Herr Priv.-Doz. Dr. *W. Wegmüller*, Mathematiker des eidg. statistischen Amtes in Bern, hat uns bei der Auswertung unserer Untersuchungen in liebenswürdiger Weise beraten und zudem die Richtigkeit unserer Berechnungen nachgeprüft; wir sind ihm für sein Interesse und seine Unterstützung zu besonderem Dank verpflichtet.

Literatur

- 1) *J. G. Archibald*, Journal of Agricultural Research **72**, 277 (1946).
- 2) *Association of Official Agricultural Chemists*, Official and tentative methods of analysis, Seite 356. Washington, D. C. (1940).
- 3) *Chemiker Taschenbuch*, II. 712; III. 372. Berlin (1937).
- 4) *E. Crasemann*, Landw. Versuchsstationen **102**, 199 (1924).
- 5) *P. Fuchs*, Zeitschrift für analyt. Chemie **126**, 289 (1943).
- 6) *Gerlach, Günther und Seidel*, Die Futterkonservierung **1** (Heft 6), 35 (1929).
- 7) *W.A.King*, Expt. Station Record **95**, 236 (1946).
- 8) *W.A.King, G.E.Patrias und W.E.Russell*, Journal of Animal Science **1**, 67 (1942).
- 9) *W. Lepper*, Landw. Versuchsstationen **128**, 127 (1937); Zeitschrift für Tierernährung und Futtermittelkunde **1**, 187 (1938).
- 10) *A. Linder*, Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, Basel (1945).
- 11) *A. Longi*, cit. nach Handbuch der Pflanzenanalyse, herausgegeben von G. Klein, Band II/1, Seite 90, Wien (1932).
- 12) *H. Møllgaard*, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere, Seite 217, Berlin (1936).
- 13) *A. E. Perkins*, Journal of Dairy Science **26**, 545 (1943).
- 14) *A. E. Perkins*, Journal of Dairy Science **27**, 628 (1944).
- 15) *A. Walther*, Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen: Erster Teil, Seite 43, Berlin (1928).
- 16) *S. J. Watson*, The science and practice of conservation: Grass and forage crops, Vol. **1**, 270, London (1939).
- 17) *G. Wiegner und J. Magasanik*, Mitt. aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene **10**, 156 (1919).
- 18) *G. Wiegner und H. Pallmann*, Anleitung zum quantitativen agrikultur-chemischen Praktikum, 2. Auflage, Seite 199 und 302, Berlin (1938).
- 19) *G. Zimmermann*, Landw. Jahrbuch der Schweiz, Seite 893 (1945).