

Otto Johannes Fischer

Untersuchungen über den Einfluss der im Silo Entstehenden Kohlensäure auf den Verlauf der Grünfutterkonservierung

Inaugural-Dissertation zur Erlangung
der Doktorwürde einer Hohen
Philosophischen Fakultät der
Universität Leipzig

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS
DER IM SILO ENTSTEHENDEN KOHLENSÄURE
AUF DEN VERLAUF DER GRÜNFUTTER-
KONSERVIERUNG**

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

DOKTORWÜRDE

EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON

OTTO JOHANNES FISCHER

AUS VOITERSREUTH IM VOGTL.

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der Philosophischen Fakultät auf Grund der Gutachten der Herren Golf und Zade.

Leipzig, den 2. April 1931

(gez.) Golf

d. Z. Dekan der mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung der Philosophischen Fakultät

ISBN 978-3-662-40745-5
DOI 10.1007/978-3-662-41227-5

ISBN 978-3-662-41227-5 (eBook)

Erschienen im „Archiv für Tierernährung und Tierzucht“
(Wissenschaftliches Archiv für Landwirtschaft, Abt. B)
Band 7, Heft 2

Inhaltsübersicht.

- I. Einleitung (S. 190).
- II. Durchführung der Versuche (S. 196).
 - A. Konservierung ohne Luftabschluß (S. 196).
 - 1. Versuchsanordnung (S. 196).
 - 2. Befunde (S. 200).
 - B. Konservierung mit Luftabschluß (S. 201).
 - 1. Versuchsanordnung (S. 201).
 - 2. Befunde (S. 202).
 - C. Konservierung unter Druck eines Teiles der Kohlensäure (S. 206).
 - 1. Versuchsanordnung (S. 206).
 - 2. Befunde (S. 207).
 - D. Konservierung unter Druck der gesamten Kohlensäure (S. 209).
 - 1. Versuchsanordnung (S. 209).
 - 2. Befunde (S. 210).
- III. Zusammenfassung (S. 213).
- Benutzte Literatur (S. 215).

Einleitung.

Für die rationelle Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere ist die möglichst ausgiebige Verwendung wirtschaftseigenen Futters auch während des Winters von großer Bedeutung. Um dies zu ermöglichen, muß ein großer Teil der in der Wirtschaft selbst erzeugten Futtermittel konserviert werden. Jede Art der Konservierung von Grünfutter, besonders des eiweißreichen, ist indessen mit Verlusten verbunden, die je nach dem angewandten Verfahren verschieden groß sein können. Die hauptsächlichsten Einbußen entstehen außer durch mechanische Verluste durch die Atmung der geernteten Pflanzen und durch die ihnen anhaftenden Bakterien.

Bei der Heubereitung ist nach *Wiegner*¹ auch im günstigsten Falle mit etwa 30% Verlusten zu rechnen, bei ungünstigem Wetter aber mit dem Doppelten und mehr. Die Atmung der Pflanzen, die bei der Heubereitung neben mechanischen Verlusten die Hauptursache der Verluste bildet, kommt nach *Honcamp*² bei einem Trockensubstanzgehalt von

mehr als 60% zum Stillstand. Auch die Tätigkeit der Pilze und Bakterien wird gleichzeitig gehemmt.

Bei der Einsäuerung von Grünfutter wird andererseits angestrebt, ein baldiges Ende des Atmungsvorganges und eine konservierende Wirkung durch Abbauprodukte des Futters selbst herbeizuführen. Dieser Abbau der pflanzlichen Nährstoffe erfolgt zunächst durch die auch nach der Einlagerung in den Behälter fortdauernde Atmung der Pflanzenzellen, solange atmosphärische Luft noch zugegen ist oder erneut in den Silo eindringen kann. *Palladin*³ unterscheidet bei der Pflanzenatmung eine anaerobe oder intramolekulare und eine aerobe Atmung. Die erstere baut die hochmolekularen Nährstoffe zu leicht oxydierbaren Produkten ab, die durch den Sauerstoff der Luft unter der Einwirkung der aeroben Atmung unter Wärmeentwicklung zu Kohlensäure, Wasser und Ammoniak oxydiert werden. Erst nach Entfernung des Sauerstoffs können sich die Produkte der anaeroben Atmung anhäufen, bei der Alkohol und organische Säuren und nur zu einem geringen Teile Kohlensäure und Wasser entstehen.

Diesen Atmungsvorgängen der Pflanzenzellen läuft die Tätigkeit der Mikroorganismen parallel. Bei Luftzutritt gewinnen aerobe Lebewesen, Schimmelpilze und luftbedürftige Bakterien, die Oberhand und bewirken eine völlige Zersetzung des Futters. Bei Ausschluß der atmosphärischen Luft führt die Bakterientätigkeit entweder zur Bildung von organischen Säuren, von Kohlensäure und von Wasser, oder aber zur Bildung alkalisch reagierender Abbauprodukte, die ebenfalls mit einem völligen Verderben des Futters enden können.

Um solche Abbauprodukte zu erhalten, die eine konservierende Wirkung haben können, ist an erster Stelle erforderlich: möglichst wenig Luft innerhalb des Silos, was durch rasches Füllen und Festpressen des Futters erreicht wird, und sorgfältiger Luftabschluß des Silos, Bedingungen, die *Löhrnis*⁴ bei der Zusammenfassung der bakteriellen Vorgänge der Sauerfutterbereitung nachdrücklichst als Voraussetzung für die Erlangung einer guten Silage stellte. Für die Bewertung der Abbauprodukte ist ihre Wirkung auf Enzyme und Bakterien maßgebend, außerdem ist ganz besonders zu beachten, ob ein Abbau der Proteine oder der Kohlehydrate stattfindet, und ob dadurch der Wert des Futters stark gemindert wird.

Für den Abbau des Eiweißes ist nach *Reetz*⁵ von großer Bedeutung, ob er durch bakterielle Zersetzung oder durch proteolytische Fermente der Pflanzenzellen erfolgt. Die Fermente bauen Eiweiß zu stickstoffhaltigen Verbindungen ab, die nach Fütterungsversuchen von *Völtz*⁶ den Proteinen gleichwertig sind, also keine Verminderung des Futters bedeuten. Anders verhält es sich, wenn die Zersetzung der eiweißhaltigen Nährstoffe durch Bakterien, insbesondere Buttersäurebakterien,

bewirkt wird, die wegen ihres physiologisch verderblichen Stoffwechselproduktes, der Buttersäure, als Schädlinge der Silage zu bezeichnen und möglichst völlig auszuschalten sind. Bei ungehemmter Entwicklung ist die Folge ihrer Tätigkeit verdorbenes, unbrauchbares Futter.

Die Kohlehydrate werden sowohl durch die Pflanzenatmung aufgespalten, wobei geringe Mengen Milch- und Essigsäure entstehen, als auch durch Gärung, die von Milchsäure- und Essigsäurebakterien und auch durch Buttersäurebakterien veranlaßt wird. Die Bedeutung der Essigsäurebakterien ist geringer, da sie an die Anwesenheit von Sauerstoff gebunden und nach Ausschluß der Luft nicht mehr lebensfähig sind. Daß trotzdem auch in guter Silage größere Mengen Essigsäure gefunden werden, hat nach *Crasemann*⁷ seine Ursache darin, daß Milchsäurebakterien unter gewissen Umständen auch Essigsäure produzieren können.

Die Buttersäurebakterien vegetieren zwar auch ohne Sauerstoffzufuhr, doch liegt ihr Wachstumsoptimum bei etwa 30—40°, und ihre Entwicklung wird durch bestimmte Mengen freier Milchsäure mehr und mehr beeinträchtigt und schließlich ganz unterbunden. Die Bildung flüchtiger Säuren, von Essig- und besonders von Buttersäure, ist unerwünscht, da sie, abgesehen von ihrer Minderwertigkeit als Nährstoffe, Geschmack und Geruch des Futters unangenehm beeinflussen; Buttersäure soll in einer guten Konserve überhaupt nicht vorkommen.

Von größter Wichtigkeit für die Konservierung ist die Tätigkeit der Milchsäurebakterien. Die Umwandlung des Traubenzuckers in Milchsäure geschieht nach *Völtz*⁸ mit dem geringen Energieverlust von 2,7%; ernährungsphysiologisch ist die Milchsäure dem Zucker gleichwertig. Für das Silageproblem besteht ihre Bedeutung in ihrer konservierenden Wirkung, die sie auf das Futter ausübt. Bei jeder Ensilierungsmethode wird eine rasche ausreichende Milchsäuregärung erstrebt, um alle schädlichen Nebeneinflüsse, besonders die Tätigkeit der Fäulnisbakterien, zu unterdrücken. Entscheidend für die Güte einer Silage ist der Gehalt an Milchsäure und ihr Verhältnis zur Menge der freien Essigsäure, das nach *Kellner*⁹ etwa 2 : 1 sein soll. Die Säuremenge, die zur Sterilisierung des Futters genügt, gibt er mit ungefähr 1—2,5% an. *Kuchler*¹⁰ bezeichnet einen Gehalt von etwa 1% Milchsäure in der Silage als normal. Um den Milchsäurebakterien auch geeignete Nährböden und damit die ausreichende Möglichkeit einer Entfaltung zu bieten, die besonders in eiweißreichem Futter nicht immer in genügendem Ausmaße zur Verfügung stehen, empfiehlt *Kuchler*¹¹ unter anderen geeignete Futterarten zu mischen oder Melasse, etwa 1—5%, zuzugeben. Der letztere Weg wurde, wie *Troscher*¹² berichtet, in der Praxis schon mit Erfolg beschritten.

Neben den freien Säuren treten im Silofutter noch an Ammoniak gebundene Säuren auf. Ammoniak wird meist im Anfange der Ensilierung

gebildet, solange Sauerstoff zutreten kann und somit infolge ungenügender Säuerung die Fäulnisbakterien in ihrer Tätigkeit noch nicht gehemmt sind. Dieser Ammoniak wird von den entstehenden flüchtigen Säuren neutralisiert. Die Gegenwart von gebundenen Säuren spricht demnach für eine Zersetzung der Nährstoffe, die natürlich nach Möglichkeit gering sein muß.

Ein wichtiges Moment für die Grünfütterkonservierung ist bei fast allen Ensilierungsmethoden die Abscheidung von Flüssigkeit im Silo, des sogenannten Silosaftes. Die Menge des Silosaftes hängt in erster Linie von dem Wassergehalt des ensilierten Materials ab; seine Ursachen sind einerseits in der starken Pressung zu suchen, die auf das Futter im Silo durch den Eigendruck der Futtermassen und teilweise durch mechanische Vorrichtungen ausgeübt wird; andererseits ist das Vorkommen des Silosaftes durch die Turgescenz begründet, den Druck des Zellinhaltes auf die Zellwand: die abgestorbenen Zellen können dem Druck des Zellinhaltes nicht mehr standhalten, so daß Zellsaft austreten muß. Dies macht sich äußerlich schon dadurch bemerkbar, daß die tote Pflanze feuchter als die lebende erscheint. Als 3. Ursache für die Entstehung des Silosaftes kommt noch die erwähnte Bildung von Wasser bei dem Abbau der pflanzlichen Nährstoffe in Frage. Die Ansichten über den Wert des Silosaftes sind verschieden, je nach dem Säuerungsverfahren und nach der Art des Futters. Im allgemeinen sind aber für Verfahren, die auf Konservierung infolge Milchsäuregärung fußen, allzu große Mengen schädlich, da sie die Wirkung der Milchsäure abschwächen. *Kuchler*¹¹, *Eckles*¹³ und *Samarani*¹⁴ halten übereinstimmend einen Wassergehalt von etwa 70% des zu ensilierenden Futters für das Optimum und empfehlen, bei höherem Wassergehalt diesen teils durch Zusätze von trockenem Material, teils durch Abwelkenlassen, soweit dies die klimatischen Verhältnisse ohne größere Nährstoffverluste gestatten, herabzusetzen, oder aber die Futterpflanzen erst in einem vorgeschrittenen Wachstumsstadium zu ensilieren. *Eckles* macht genaue Angaben für eine ganze Reihe eiweißreicher Futterarten, bei welchem Trockensubstanzgehalt und in welchem Reifezustand ihre Ensilierung am günstigsten ist.

Ein Abbauprodukt sowohl der aeroben als auch der anaeroben Atmung und Gärung ist stets Kohlensäure, die bei den meisten Konservierungsmethoden bisher nur wenig Beachtung findet. Meist wird ihr nur insofern einiger Wert beigelegt, als sie dazu beiträgt, eine sauerstofffreie Atmosphäre zu schaffen. Den größten Teil der Kohlensäure läßt man entweichen, teilweise wird sogar, wie von *Kirsch*¹⁵, verlangt, daß der Abschluß des Silos den ungehinderten Austritt der überschüssigen Kohlensäure zuläßt. Dagegen bleibt bei dem Moraviaverfahren von Dr. *Pavlack-Kremsier* und Dr. Ing. *Bayer-Brünn*¹⁶ ein Teil der Kohlensäure erhalten: Die Silos sind gegen Temperaturschwankungen sorg-

fältig isoliert, gasdicht und mit einem Deckel mit hydraulischem Verschuß versehen, der den Überschuß an Kohlensäure zwar austreten läßt, den Zutritt von Außenluft aber unbedingt verhindert. Eine Verbesserung dieses Verschlusses mittels eines Ventils beschreibt *Höhne*¹⁷. Nach diesem Verfahren soll es gelingen, ohne Rücksicht auf Witterungsverhältnisse und auf Silierfähigkeit des Futters eine vorzügliche, rein milchsaure Konserve zu erzielen. *Kuchler*¹⁸ weist auf den auffallenden Umstand hin, daß die Erhaltung der Atmungs- und Gärungskohlensäure nur selten als wichtiger Faktor der Grünfütterkonservierung gewertet wird, obwohl doch gerade Kohlensäure den Luftsauerstoff verdrängt, dadurch ein rasches Absterben der Pflanzenzellen herbeiführt und so größere Atmungsverluste vermeiden läßt. Die entgegengesetzte Ansicht vertritt *Scheunert*¹⁹, der bei Untersuchungen über die Einwirkung künstlicher, zugeführter Kohlensäure auf die Konservierung zu negativen Resultaten gelangte. Er mußte bei allen Versuchen feststellen, daß schon nach wenigen Stunden die Kohlensäure infolge Undichtigkeit des Behälters oder des Verschlusses entwichen war. Nach seiner Meinung verspricht Kohlensäure keinen Erfolg bei der Grünfütterkonservierung, da dazu sowohl die praktischen als auch die theoretischen Voraussetzungen fehlen: die praktischen, weil es unmöglich sei, einen Silo völlig abzudichten, und die theoretischen, da Kohlensäure an sich weder desinfizierend noch konservierend wirke; die Einwirkung von Kohlensäure könne sich nur auf sauerstoffbedürftige Bakterien erstrecken, während trotz einer Kohlensäureatmosphäre anaerobe unerwünschte Gärungen bei längerer Dauer der Aufbewahrung in Gang kämen. Diese Ansicht steht allerdings im krassen Widerspruch zu den Erfahrungen, die mit dem Cremascoverfahren von *Samarani*¹⁴ gemacht worden sind, das als einziges Verfahren der Praxis die durch Atmung und Gärung im Silo erzeugte Kohlensäure restlos erhält und in hohen zylindrischen, gasdichten Silos zur Konservierung benutzt. Das Cremascoverfahren hat in Italien weite Verbreitung gefunden und sich gut bewährt. Nach Ansicht von *Samarani* ist schon ein Gehalt von 10% Kohlensäure in der Siloluft günstig, da hierdurch eine Erhitzung des Futters, mit der eine Schädigung der Nährstoffe verbunden ist, reduziert und den Schimmelpilzen die Entwicklungsmöglichkeit genommen wird. Das Absterben der Pflanze erfolgt erst bei einem Gehalt von 20—40% Kohlensäure, bei einer geringeren Menge werden die Lebensvorgänge nur abgeschwächt. *Samarani* stellte in der Siloluft des Cremascosilos ein stetes Anwachsen des Kohlensäuregehaltes fest: schon nach 24 Stunden einen Gehalt von 50% Kohlensäure, der nach 16 Tagen auf 91% gestiegen war, also eine ganz bedeutende Konzentration erreichte.

Eine ähnliche Anreicherung der Siloluft mit Kohlensäure fanden auch *Kulcke*²⁰ bei Versuchen mit *Vicia villosa* und *Schmidt*²¹ bei Ver-

suchen mit Luzerne und Rübenblättern. *Schmidt* stellte ferner mit Luzerne Versuche an, bei denen die Gefäße evakuiert und neben anderen Gasen einige mit Kohlensäure auf Atmosphärendruck nachgefüllt wurden. Die Resultate besonders für die mit Kohlensäure gefüllten Gefäße fielen sehr günstig aus, Buttersäure war nirgends aufgetreten. *Schmidt* meint: „Man kann also durch Einführung von Gasen eine Menge von Abbauvorgängen verhindern, das Futter also wertvoller machen. Am günstigsten ist von den untersuchten Gasen der Einfluß der Kohlensäure gewesen.“ Auf Grund dieser Ergebnisse, die er bei kleinen Futtermengen erzielte, ensilierte er nach derselben Methode große Mengen und erhielt bei Rübenblättern gute Resultate, bei jungem Futter schlechte. Den Grund hierfür fand er in einer zu reichlichen Saftbildung, die er durch Zugabe von Maisstroh verminderte. Hierdurch wurden die Befunde sehr günstig gestaltet.

Schon früher hat *Zeiler*²² Versuche durchgeführt, durch Einleiten künstlicher Kohlensäure in gasdichte Behälter, allerdings ohne diese zu evakuieren, einen Einfluß auf die Konservierung von Grünfütter auszuüben. In 2 Vorversuchen und 2 Versuchen im großen hatte er vollen Erfolg und gewann eine einwandfreie Silage, die vom Vieh trotz Weideganges gern genommen wurde. Aber auch er betont, daß der Silo völlig gasdicht sein muß, da an den Stellen, wo Kohlensäure nicht oder nicht mehr vorhanden war, Verschimmelung des Futters eintrat.

Die Versuche und Erfahrungen über die Wirkung der Kohlensäure bei der Grünfütterkonservierung lassen erkennen, daß von den Abbauprodukten des Futters neben der Milchsäure sicher auch die Kohlensäure als wichtiger Faktor in Rechnung zu stellen ist.

In der vorliegenden Arbeit sind die verschiedenen Möglichkeiten untersucht worden, welche die bei Atmung und Gärung der Pflanzen im Silo entstehende Kohlensäure bietet, die Konservierung verschiedener Futterarten zu beeinflussen, und unter welchen Bedingungen dies geschieht. Es wurden 4 Möglichkeiten der Einwirkung von Kohlensäure angenommen:

A. Ohne Luftabschluß, durch bloße Überlagerung der Kohlensäure über die Futtermasse.

B. Völliger Luftabschluß, ohne Erhaltung eines merklichen Kohlensäuredruckes.

C. Völliger Luftabschluß bei Erhaltung eines Teiles des Kohlensäuredruckes.

D. Völliger Luftabschluß bei Erhaltung des gesamten Kohlensäuredruckes.

Untersucht wurde ferner bei sonst gleichen äußeren Versuchsbedingungen bei Versuchsreihe B die unterschiedliche Wirkung infolge Zugabe von schwefliger Säure, bei Versuchsreihe C infolge Zugabe von Zucker,

bei Versuchsreihe D infolge Zugabe von Wasser und Zucker und infolge Verminderung des Wassergehaltes.

II. Durchführung der Versuche.

Die Dauer der Versuche betrug ungefähr 1 Jahr. Ausgangs- und Endprodukte wurden nach den Vorschriften von *Wiegner*²³ analysiert: es wurde bestimmt: der Gehalt an Trockensubstanz, Roh- und Reinprotein, Rohfett, Rohfaser, stickstofffreien Extraktstoffen und Asche. Bei den Endprodukten wurde ferner der durch Atmung und Gärung entstandene Verlust festgestellt, und außerdem wurde die Bestimmung von Milchsäure, freier und gebundener Essigsäure und freier und gebundener Buttersäure ausgeführt. Jede Analyse wurde zur Kontrolle in 2 Parallelen durchgeführt. Zur Untersuchung wurde jedesmal das gesamte Material gut durchgemischt und für jede Bestimmung die entsprechende Menge genommen.

Die Analysenergebnisse sind in Tab. 1—4 zusammengestellt.

Tab. 1 gibt die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials an;

Tab. 2 gibt die Zusammensetzung der Endprodukte an;

Tab. 3 gibt die prozentische Änderung der Trockensubstanz und der Nährstoffe in Prozenten des Ausgangsmaterials an;

Tab. 4 gibt den Säuregehalt der Futterproben am Ende der Versuche an.

Versuchsreihe A. Konservierung ohne Luftabschluß.

1. Versuchsanordnung.

In der Versuchsreihe A sollte festgestellt werden, ob es möglich sei, durch bloße Überlagerung einer im Silo entstehenden Kohlensäure-schicht über die Futtermasse in einem Gefäß mit langem engem Hals eine Einwirkung der atmosphärischen Luft zu vermeiden. Zu diesem Zwecke wurde das Material, etwa 2 cm lang geschnitten, in Glaskolben mit einem Fassungsvermögen von 2 l fest eingefüllt. Die Glaskolben enthielten durchschnittlich 1—1,2 kg des zerkleinerten Futters. Der Hals des Glaskolbens wurde mit einem durchbohrten Gummistopfen verschlossen, durch den ein nach Art der Gärröhrchen gebogenes Glasrohr eingeführt war, um ein Einfallen von Staub und dergleichen zu vermeiden.

Die Versuchsreihe A wurde mit folgenden Futterarten angesetzt:

1a Gemenge von Peluschken und *Vicia villosa* L., nach 10proz. Wasserverlust.

1b. Gemenge von Peluschken und *Vicia villosa* L., nach 35proz. Wasserverlust;

2. Pferdebohnen nach 20proz. Wasserverlust;

Tabelle 1. *Zusammensetzung der verwendeten Grünfütterarten.*

Versuchsreihe	Nr.	Trocken- substanz %	In Prozenten der Trockensubstanz					Asche
			Roh- protein	Rein- protein	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt- stoffe	
A.	1a	11,22	36,63	23,27	3,66	18,51	27,03	14,16
	b	15,54	36,63	23,27	3,66	18,51	27,03	14,16
	2	14,66	29,33	21,40	2,90	17,39	38,02	12,36
B.	1	16,29	23,02	15,47	3,37	29,47	30,82	13,32
	2	17,91	26,30	18,54	2,62	24,68	31,60	14,80
	3	23,69	19,88	13,13	3,67	33,14	33,77	9,54
	4	13,00	32,77	26,00	5,84	17,16	32,46	11,77
	5	21,32	20,22	17,02	3,28	37,15	30,49	8,87
	6	22,92	23,96	20,24	4,84	22,69	38,74	9,77
C.	1	25,85	20,43	16,01	3,87	23,56	42,28	9,86
	2	29,81	19,79	13,52	3,59	27,27	36,97	12,38
	3	13,75	32,07	25,82	3,93	17,45	34,33	12,22
	4	11,73	29,33	21,40	2,90	17,39	38,02	12,36
	5	10,10	36,63	23,27	3,66	18,51	27,03	14,16
D.	1	25,85	20,43	16,01	3,87	23,56	42,28	9,86
	2a	13,75	32,07	25,82	3,93	17,45	34,33	12,22
	3a	16,72	27,69	21,35	4,96	25,90	30,68	10,77
	b u. c	14,80	27,69	21,35	4,96	25,90	30,68	10,77
	d u. e	13,59	27,69	21,35	4,96	25,90	30,68	10,77
	4a	11,73	29,33	21,40	2,90	17,39	38,02	12,36
	b	14,66	29,33	21,40	2,90	17,39	38,02	12,36
	5a	14,43	36,63	23,27	3,66	18,51	27,03	14,16
	b	15,54	36,63	23,27	3,66	18,51	27,03	14,16

Tabelle 2. *Zusammensetzung der Futterproben am Ende der Versuche.*

Versuchsreihe	Nr.	Atmungs- u. Gärungs- Verluste %	Trocken- substanz %	In Proz. der ursprünglichen Trockensubstanz					Asche
				Roh- protein	Rein- protein	Rohfett	Roh- faser	N-freie Extrakt- Stoffe	
A.	1a	1,89	10,06	30,39	8,11	12,03	19,43	12,57	15,24
	b	1,34	15,80	33,08	10,10	8,62	21,17	22,13	16,67
B. ¹	2	2,13	11,23	22,65	7,57	5,45	17,94	18,35	12,21
	1a	6,95	13,00	14,73	7,12	5,77	27,62	19,52	12,16
	b	2,50	15,55	20,14	8,04	6,87	27,75	27,38	13,32
	c	6,44	13,13	14,61	7,12	5,77	27,02	21,24	11,97
	2a	6,43	15,92	21,22	6,53	5,75	23,06	24,34	14,52
	b	2,45	17,12	25,07	8,77	4,30	23,56	27,97	14,68
	c	1,37	17,28	25,40	10,00	4,13	24,01	28,20	14,74
	3a	2,94	19,98	19,29	7,64	4,68	29,76	21,53	9,07
	b	2,63	21,52	19,63	7,77	3,70	29,51	28,49	9,51
	4a	21,97	10,79	15,62	7,54	15,69	24,23	20,08	7,38
	b	30,47	10,70	11,85	6,31	24,23	30,92	7,85	7,46
	c	31,00	12,55	12,77	6,69	38,46	36,93	0,92	7,46
	5a	1,90	19,10	16,93	6,99	2,72	35,51	24,49	9,94
	b	1,81	15,15	16,23	5,02	3,00	27,58	16,23	8,02
	6	1,29	21,74	21,25	10,56	5,06	22,86	36,17	9,51

¹ Einschließlich Saftverlust.

Tabelle 2 (Fortsetzung).

Versuchsreihe	Nr.	Atmungs- u. Gärungs- Verluste %	Trocken- substanz %	In Proz. der ursprünglichen Trockensubstanz						
				Roh- protein	Rein- protein	Rohfett	Roh- faser	N-freie Extrakt- stoffe	Asche	
C.	1a	1,47	21,47	17,99	12,77	4,02	17,41	33,89	9,75	
	b	3,85	23,75	20,35	13,70	5,92	16,64	39,07	9,90	
	2a	1,02	29,41	19,12	8,53	2,55	27,94	36,73	12,32	
	b	1,20	29,00	19,79	9,09	4,70	25,09	35,46	12,25	
	3a	1,42	12,58	29,53	10,18	4,15	15,35	31,20	11,27	
	b	1,58	12,73	27,71	9,09	6,01	16,72	29,97	12,15	
	4a	2,04	8,90	26,94	7,25	5,97	15,51	15,94	11,51	
	b	2,25	9,43	24,13	8,18	7,33	15,35	20,46	13,13	
	5	2,28	8,76	33,07	9,21	8,32	15,44	16,14	13,76	
	D.	1	0,30	24,22	20,31	13,85	5,34	21,43	36,79	9,83
2a		1,13	13,00	29,82	9,53	6,62	17,31	28,22	12,58	
3a		0,92	15,37	27,22	13,46	5,80	19,02	28,95	10,94	
b		1,26	11,72	24,33	4,94	8,52	17,50	19,19	9,66	
c		1,10	13,76	26,90	8,38	9,59	18,65	27,24	10,60	
d		1,62	7,51	18,32	4,19	5,44	13,91	10,59	7,00	
e		1,19	11,71	27,07	7,95	9,93	18,54	20,89	9,74	
4a		0,80	11,20	28,22	10,06	5,37	17,05	31,88	12,96	
b		1,02	13,33	26,81	8,12	4,22	17,67	29,95	12,28	
5a		0,95	12,85	35,07	9,29	7,13	16,57	15,87	14,41	
b ¹		nicht bestimmt		18,08	42,47	8,63	9,26	22,84	23,74	18,02

Tabelle 3. Prozentische Änderung der Trockensubstanz und der Nährstoffe infolge der Einsäuerung.

Versuchsreihe	Nr.	Trocken- substanz	Im frischen Futter = 100 gesetzt					
			Roh- protein	Rein- protein	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt- stoffe	Asche
A.	1a	89,7	83,0	34,9	329,6	104,8	46,5	107,5
	b	101,7	90,4	43,5	234,9	114,2	81,9	117,7
	2	76,6	77,2	35,5	188,0	102,7	48,3	99,0
B.	1a	79,8	64,0	46,0	171,4	93,6	63,35	91,3
	b	95,5	87,5	52,0	204,0	94,0	88,9	100,0
	c	80,6	63,5	46,0	171,4	91,7	68,9	90,0
	2a	88,9	80,7	35,2	220,0	93,5	77,0	98,0
	b	95,6	95,3	47,3	164,0	95,4	88,5	99,0
	c	96,5	96,6	53,9	158,0	97,4	89,2	99,6
	3a	84,3	97,0	58,2	127,5	90,0	63,8	95,0
	b	90,8	98,7	59,2	100,8	88,6	84,4	99,7
	4a	83,0	47,6	29,0	269,5	141,0	61,9	62,7
	b	82,3	36,2	24,3	415,0	180,0	24,2	63,5
	c	96,5	39,0	25,7	659,0	215,0	2,8	63,5
	5a	89,6	83,8	41,0	83,0	95,7	80,3	112,2
	b	71,1	80,3	29,5	91,5	74,3	53,2	90,5
6	95,0	88,7	52,2	104,8	100,8	93,4	97,5	

¹ Berechnet auf Silage (und Trockensubstanz der Silage).

entstehenden Kohlensäure auf den Verlauf der Grünfütterkonservierung. 199

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Ver- suchs- reihe	Nr.	Trocken- substanz	Im frischen Futter = 100 gesetzt					
			Roh- protein	Rein- protein	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt- stoffe	Asche
C.	1a	83,15	88,1	79,7	103,8	74,2	80,2	98,9
	b	91,9	99,6	85,5	153,0	70,7	92,4	100,3
	2a	98,7	96,6	63,0	71,1	102,2	99,35	99,5
	b	97,3	100,0	67,3	130,8	92,3	95,9	99,0
	3a	91,5	92,1	39,5	105,6	88,0	90,9	92,3
	b	92,6	86,4	35,2	153,0	95,8	87,3	99,5
	4a	75,9	91,9	33,85	206,0	89,3	41,9	93,3
	b	80,4	82,3	38,25	252,2	88,4	53,8	106,2
	5	86,7	90,3	39,6	227,5	83,4	59,7	97,2
	D.	1	93,7	99,43	86,5	138,0	91,2	87,0
2a		94,55	92,9	36,9	168,5	99,2	82,2	102,8
3a		91,9	98,3	63,0	117,0	73,4	94,4	101,8
b		79,2	87,8	23,2	171,5	67,5	62,5	89,7
c		93,0	97,1	39,3	193,0	72,0	88,8	98,6
d		55,3	66,2	19,7	109,4	53,7	34,5	65,0
e		86,2	97,7	37,4	200,0	71,7	68,1	90,5
4a		95,5	96,4	47,0	185,0	98,1	83,9	104,0
b		90,9	91,5	38,0	145,7	101,3	79,0	99,5
5a		89,1	95,65	39,9	195,0	89,5	58,7	102,0

Tabelle 4. Säuregehalt der Futterproben am Ende der Versuche.

Ver- suchs- reihe	Nr.	Milchsäure %	Essigsäure		Buttersäure		Gesamtsäure	
			frei	gebunden	frei	gebunden	frei	gebunden
			%	%	%	%	%	%
A.	1a	0,53	0,23	1,16	0,15	0,80	0,91	1,96
	b	0,99	—	0,96	—	0,58	0,99	1,54
	2	0,56	0,35	0,94	0,26	0,66	1,17	1,60
B.	1a	0,61	0,38	0,36	0,21	0,85	1,20	1,21
	b	0,76	0,36	0,38	0,05	0,51	1,17	0,89
	c	0,70	0,42	0,48	0,16	0,65	1,28	1,13
	2a	0,78	0,25	0,35	—	—	1,03	0,35
	b	0,86	0,18	0,30	—	—	1,04	0,30
	c	0,86	0,19	0,37	—	—	1,05	0,37
	3a	0,48	0,11	0,14	0,59	1,15	1,18	1,29
	b	0,51	0,26	0,18	0,43	0,83	1,20	1,01
	4a	0,68	0,17	0,19	0,36	0,99	1,21	1,18
	b	—	0,28	0,46	0,29	1,41	0,57	1,87
	c	0,02	0,38	0,65	0,31	1,27	0,71	1,92
	5a	0,90	0,27	0,81	—	—	1,17	0,81
b	0,78	0,35	1,11	—	—	1,13	1,11	
6	0,92	0,41	0,50	—	—	1,33	0,50	
C.	1a	0,84	0,32	0,14	—	—	1,16	0,14
	b	0,98	0,25	0,16	—	—	1,23	0,16

Tabelle 4 (Fortsetzung).

Ver- suchs- reihe	Nr.	Milchsäure %	Essigsäure		Buttersäure		Gesamtsäure	
			frei	gebunden	frei	gebunden	frei	gebunden
			%	%	%	%	%	%
C.	2a	0,92	0,23	0,27	—	—	1,15	0,27
	b	1,04	0,14	0,21	—	—	1,18	0,21
	3a	0,71	0,28	0,71	—	—	0,99	0,71
	b	0,84	0,25	0,63	—	—	1,09	0,63
	4a	0,41	0,54	0,84	0,21	0,27	1,16	1,11
	b	0,54	0,53	0,38	0,18	0,35	1,25	0,73
	5	0,51	0,18	0,82	0,26	0,99	0,95	1,81
	D.	1	0,94	0,16	0,47	—	—	1,10
2a	0,68	0,28	0,36	—	—	0,96	0,36	
b	0,52	0,31	0,46	—	—	0,83	0,46	
c	0,43	0,25	0,62	—	—	0,68	0,62	
d	0,36	—	0,96	—	—	0,36	0,96	
e	0,36	—	0,97	—	—	0,36	0,97	
f	0,59	0,29	0,47	—	—	0,88	0,47	
3a	1,07	0,40	0,27	—	—	1,47	0,27	
b	0,94	0,52	0,66	—	—	1,46	0,66	
c	0,98	0,25	0,37	—	—	1,23	0,37	
d	0,57	0,44	0,50	—	—	1,01	0,50	
e	0,66	0,38	0,44	—	—	1,04	0,44	
4a	0,94	0,41	0,57	—	—	1,35	0,57	
b	0,98	0,55	0,59	—	—	1,53	0,59	
5a	0,63	0,19	0,67	—	—	0,82	0,67	
b	1,28	0,23	0,94	—	—	1,51	0,94	

3. *Vicia villosa*;

4. Luzerne;

5. Rotklee (*Trifolium pratense sativum* L.).

Sämtliche Pflanzen waren während der Blüte geerntet. Es wurden nur 1a, 1b und 2 analysiert.

2. Befunde.

Der äußere Befund war bei allen 6 Versuchen der gleiche:

Eine Kohlensäureatmosphäre wurde am Ende der Versuche in keinem der Gefäße festgestellt. Am Boden hatten sich schon nach kurzer Zeit reichliche Mengen Saft angesammelt; das Futter hatte sich stark gesetzt und mußte nach etwa 1½ Monaten als völlig verdorben gelten. Sämtliche Versuche wiesen starke Schimmelbildung auf.

Vicia villosa (Versuch 3) war breiig geworden, Luzerne und Rotklee (Versuche 4 und 5) hatten eine schlierige Struktur angenommen; sie rochen stark buttersauer, die Farbe war oliv-dunkelgrün.

Das Gemenge (Versuch 1a) und die Pferdebohnen (Versuch 2) hatten sich in einen dunkelgrün-schwarzen Brei von üblem, eckelerregendem Geruch verwandelt.

Das Gemenge (Versuch 1b) hatte einen angenehmen Geruch nach Fruchtäther. Der obere und mittlere Teil des Futters war teils ange-trocknet, teils schlierig, im unteren Teil hatten sich Blatt- und Stengel-teile besser erhalten, sie hatten ein dunkelbraunes Aussehen.

Die Analysen ergaben für die Versuche 1a und 2 einen hohen Gehalt an gebundener Essigsäure (1,16 und 0,94%) und an freier (0,15 und 0,26%) und gebundener Buttersäure (0,80 und 0,66%) gegenüber geringen Mengen Milchsäure (0,53 und 0,56%). Dementsprechend traten große Verluste an Roh- und Reinprotein, für letzteres 65%, und an stickstofffreien Extraktstoffen, über 50%, auf. Der Gehalt an äther-löslichen Stoffen hatte sich verdoppelt bzw. verdreifacht. Die Verluste durch Gasentwicklung waren der starken Zersetzung des Futters ent-sprechend sehr hoch, sie betrug etwa 2%.

Die Analyse des Versuches 1b zeigte ebenfalls eine starke Einbuße an Reinprotein von 56,5%, während die Verluste an Rohprotein und stickstofffreien Extraktstoffen nur halb so groß waren wie bei den Ver-suchen 1a und 2. Das Plus an Trockensubstanz war wohl mit der Ver-dunstung von Wasser zu erklären, zumal der obere Teil angetrocknet war. Merkwürdigerweise wurden weder freie Essigsäure noch freie Butter-säure gefunden, was auch die Geruchswahrnehmung bestätigte, wohl aber eine große Menge gebundener flüchtiger Säuren (etwa 1 und $\frac{1}{2}$ %). Vermutlich beruhte diese Erscheinung darauf, daß sich hochmolekulare Säuren gebildet hatten, die bei der Destillation durch Kochen zerstört wurden und dadurch ihren Säurecharakter einbüßten. Infolgedessen wurde auch ein Gehalt an Milchsäure von 0,99% gefunden, der bei Vergleich mit 1a und 2 als unwahrscheinlich hoch angesehen werden mußte, und in dem jene Säuren sicherlich mit inbegriffen waren.

Sowohl der äußere Befund hinsichtlich Struktur, Saftbildung und Geruch als auch der starke Abbau der Nährstoffe und die äußerst schlechte Säuerung bewiesen übereinstimmend, daß bei dieser Versuchs-reihe ein völlig verdorbenes Futter vorlag. Da die Gefäße nicht luft-dicht abgeschlossen waren, hatte ein ungehinderter Austausch der Außen-luft und der Kohlensäure, die durch Atmung und Gärung gebildet worden war, stattgefunden. Infolgedessen war das Futter ganz dem Einfluß der Luft ausgesetzt und mußte verderben, die Kohlensäure hatte gar nicht die Möglichkeit, irgendwelche Wirkung zu zeitigen.

Der Versuch, Futter ohne Luftabschluß des Silos durch bloße Über-lagerung der entstehenden Kohlensäure zu konservieren, mußte als mißlungen bezeichnet werden.

Versuchsreihe B. Konservierung mit Luftabschluß.

1. Versuchsanordnung.

Bei dieser Versuchsreihe mußte durch ein geeignetes Mittel der Zutritt atmosphärischer Luft zu dem Futter verhindert werden; das Futter

sollte, ohne daß für die Erhaltung eines Druckes Sorge getragen wurde, nur der sich innerhalb des Gefäßes entwickelnden Atmosphäre ausgesetzt sein. Hierfür wurde folgende Anlage gewählt: In Glaskolben mit einem Fassungsvermögen von 2 l wurde das zerkleinerte Material fest eingepreßt, durchschnittlich 0,8—1 kg, je nach der Sperrigkeit des Futters. Der Kolben wurde umgedreht und der Hals in ein mit Paraffinöl gefülltes Gefäß (Sperrgefäß) etwas getaucht. Das Futter wurde teils kurz, etwa 2 cm, teils länger, etwa 6 cm, geschnitten.

In einem Teil der Versuchsreihe sollte festgestellt werden, welchen Einfluß eine Beimengung von Schwefeldioxyd zur Siloluft auf die Konservierung ausübt. Zu diesem Zwecke wurde bei den betreffenden Versuchen in den leer gebliebenen Hals des Glaskolbens ein Reagenzglas eingeführt, das mit 10 ccm gesättigter Lösung von schwefliger Säure gefüllt war.

Die Versuchsreihe war wie folgt:

1 a)	Gemenge von <i>Vicia villosa</i> (volle Blüte) und Pferde-	} kurz	
b)			} kurz mit H_2SO_3
c)			
2 a)	Luzerne (Ende der Blüte)	} kurz mit H_2SO_3	
b)			} kurz
c)			
3 a)	<i>Vicia villosa</i> (volle Blüte)	} kurz	
b)			} kurz mit H_2SO_3
c)			
4 a)	Pferdeböhen (vor der Blüte)	} kurz mit H_2SO_3	
b)			} kurz
c)			
5 a)	Gemenge von $\frac{2}{3}$ Luzerne (Ende der Blüte) und	} kurz	
b)			$\frac{1}{3}$ <i>Vicia villosa</i> (volle Blüte)
6	Rotklee (Ende der Blüte)	kurz	

2. Befunde.

Etwa innerhalb einer Stunde nach dem Einfüllen des Futters stieg das Paraffin in dem Hals des Kolbens hoch: die Pflanzenzellen verbrauchten den im Siloraum noch befindlichen Luftsauerstoff, so daß darin zunächst ein Unterdruck entstand. Nach etwa 3 Stunden jedoch setzte eine rege Entwicklung von Kohlensäure ein, die das Paraffin aus dem Kolben verdrängte, es traten, teilweise recht rege, Gasblasen aus der Sperrflüssigkeit aus. Diese Kohlensäureentwicklung hielt 3—4 Tage an, später traten nur noch vereinzelt Gasblasen aus.

Das Material nahm allgemein eine dunklere Färbung an, sonst war zunächst keine Veränderung zu beobachten. Nach 2—3 Wochen wurde bei den Versuchen 4a, b und c mehr und mehr ein dunkelbraun bis schwarz gefärbter Saft ausgeschieden, der in das Sperrgefäß abfloß und einen buttersauren und fauligen Geruch hatte. Da infolge dieses starken Saftaustrittes in den Gefäßen ein Unterdruck entstand, drang viel

Paraffin aus dem abschließenden Gefäß in die Futtermasse ein. Infolgedessen haben die der Vollständigkeit der Tabelle halber angeführten analytischen Ergebnisse für diese Versuche nur bedingten Wert; das gleiche gilt auch für alle Prozentzahlen der durch Gasentwicklung entstandenen Verluste in dieser Versuchsreihe, da in diesen Zahlen die bei den anderen Versuchen geringen Verluste infolge Saftabsonderung, deren genaue Feststellung nicht möglich war, mit inbegriffen sind.

Die Versuche, die ohne Zusatz schwefliger Säure angestellt worden waren, zeigten folgende Befunde:

1a und 1c wiesen buttersauren Geruch auf; die Struktur war nicht erhalten geblieben, die Pflanzenteile waren schlierig geworden. In das Sperrgefäß waren bei 1a etwa 5 ccm, bei 1c etwa 30 ccm brauner Saft abgeflossen. Die Mengen der freien und gebundenen flüchtigen Säuren waren sehr groß, besonders die an gebundener Buttersäure, 0,85 und 0,65%, im Vergleich hierzu war wenig Milchsäure vorhanden, 0,61 und 0,70%. Dem Säureverhältnis entsprach die Einbuße von 20% Trockensubstanz, je etwa 35% Rohprotein und stickstofffreien Extraktstoffen und 54% Reinprotein.

Der Versuch 3a ergab mit geringfügigen Abweichungen den gleichen äußeren Befund wie 1a und 1c. Auch hier hatte sich wenig Milchsäure, 0,48%, aber sehr viel freie und gebundene Buttersäure (0,59 bzw. 1,15%) gebildet. Die Verlustprozente für Rohprotein waren gering, 3%; dagegen war, wie die Säuerung erwarten ließ, die Zersetzung der anderen Nährstoffe und der Trockensubstanz gleichfalls weit fortgeschritten.

Die Pferdebohnen (Versuche 4b und 4c) hatten an der unteren Wölbung des Kolbens einen dicken gelblichgrünen Belag, die Blatt- und Stengelteile waren breiig und schlierig und rochen faulig und buttersauer. Sie hatten ebenso wie die großen Mengen abgeschiedenen Saftes — von 1 kg des frischen Futters waren ungefähr 250—300 ccm abgeflossen — eine dunkelbraune bis schwarze Farbe. Das Fehlen von Milchsäure und der hohe Gehalt an gebundener Buttersäure, 1,41 und 1,27%, kennzeichneten ebenso wie der starke Abbau der Nährstoffe die Zersetzung des Futters.

Luzerne und Rotklee (Versuche 2b und 2c und 6) hatten einen guten sauren Geruch, bei Luzerne weinsauer, bei Klee ähnlich dem Geruch von Sauerteig. Die Struktur war fest geblieben, Saft war nicht ausgetreten. Buttersäure wurde nicht festgestellt; das Verhältnis der freien Essigsäure zur Milchsäure betrug 2 : 8,6 bei Luzerne und 4 : 9 bei Klee, der Gehalt an gebundener Essigsäure war bei Klee 0,5%, bei Luzerne 0,30 und 0,37%. Luzerne hatte an Trockensubstanz und Rohprotein je etwa 4%, an stickstofffreien Extraktstoffen 11% und an Rohprotein etwa 50% eingebüßt, Klee hatte an Rohprotein einen größeren Verlust (11%) erlitten.

Das Gemenge von Luzerne und Wicken (Versuch 5a) hatte kurz nach Entnahme aus dem Gefäß einen scharfen, beißenden Geruch, der aber bald verschwand, das Futter roch dann gut sauer. Eine Veränderung der Struktur wurde nicht wahrgenommen. Die Säuerung war die gleiche wie bei 2a und 2c, nur gebundene Essigsäure hatte sich in größerem Ausmaße, 0,81%, gebildet. Infolgedessen stellten sich auch die Verluste an Trockensubstanz und Nährstoffen höher, teilweise auf mehr als das Doppelte.

Die Konservierung durch Luftabschluß hatte allgemein einen starken Abbau von Rohprotein bewirkt, auch Buttersäuregärung war teilweise eingetreten, in deren Gefolge sich eine Zerstörung der Blatt- und Stengelteile bemerkbar machte. Als einigermaßen gelungen konnte die Konservierung von Klee und Luzerne bezeichnet werden, weniger günstig war die des Gemenges von Luzerne und Wicken. *Vicia villosa* und das Gemenge von Pferdebohnen und Wicken waren weitgehend zersetzt, die Pferdebohnen waren völlig verdorben. Dieses unterschiedliche Ergebnis müßte, da die äußeren Bedingungen, unter denen die Versuche angestellt wurden, für alle die gleichen waren, in dem Zustand des frischen Futters bei Beginn der Ensilierung begründet sein. Die gut erhaltenen Futterarten, Klee und Luzerne, waren am Ende der Blüte geerntet worden, *Vicia villosa* bei voller Blüte und Pferdebohnen vor der Blüte. Dieser Reifezustand, mit dem sich natürlich auch der Wassergehalt änderte, war neben der vorhandenen Menge von Kohlehydraten von mitbestimmendem Einfluß für das Gelingen der Konserven. Dies drückt sich auch deutlich in den Befunden der Versuche mit einem Gemenge von Luzerne und Wicken und mit einem Gemenge von Pferdebohnen und Wicken aus. Bei beiden Versuchen wurde das Konservierungsergebnis durch Beimischen einer in einem jüngeren Wachstumsstadium geernteten Futterart ungünstig beeinflusst. Wie der Versuch mit Pferdebohnen zeigte, wirkte auch ein hoher Wassergehalt sehr ungünstig, da eine reichliche Saftbildung stattfand, die schlechte Säureverhältnisse und starke Minderung der Nährstoffe zur Folge hatte. Zwischen kurz- und langgeschnittenem Material bestand ein kleiner Unterschied, durchschnittlich von kaum mehr als 1% zugunsten des langgeschnittenen.

Wesentliche Abweichungen von diesen Befunden zeigten die Versuche einer Konservierung durch Luftabschluß unter Mitwirkung schwefliger Säure:

Versuch 1b ließ keine Veränderung der Struktur erkennen, das Futter roch nur schwach buttersauer, Saft war nicht ausgetreten. Der Gehalt an gebundener Buttersäure betrug 0,51%. Das Verhältnis von Milchsäure zu den freien flüchtigen Säuren und das Verhältnis der gesamten freien zu den gesamten gebundenen Säuren hatte gegenüber

1a und 1c eine merkliche Besserung erfahren. Die Einbuße an Trockensubstanz betrug 4,5%, an Rohprotein und stickstofffreien Extraktstoffen je etwa 12%, an Reinprotein 48%, die Verluste waren also bei 1b bedeutend niedriger als bei 1a und 1c.

Gleichfalls günstigere Ergebnisse hatte 3b gegenüber 3a: Die Pflanzenteile waren besser erhalten geblieben, es war weniger Saft abgeschieden worden. Auch die Säuerung hatte sich verbessert, wenn auch natürlich der Gehalt an gebundener Buttersäure von 0,83% als sehr hoch und die Menge der vorhandenen Milchsäure, 0,51%, als gering zu bezeichnen waren. Der Abbau war vermindert worden, Trockensubstanz hatte 9%, Rohprotein 1,3% und stickstofffreie Extraktstoffe 15,6% eingebüßt, der Verlust an Reinprotein hatte sich nicht verändert.

Bei Versuch 4a war gegenüber 4b und 4c, soweit man hier überhaupt davon sprechen kann, zum mindesten bei den Säureverhältnissen eine Besserung erzielt worden.

Im Gegensatz hierzu stand die Wirkung des Zusatzes von schwefliger Säure in den Versuchen 2a und 5b. Bei beiden Versuchen war zwar der Geruch gut sauer, aber die Struktur war teilweise schlierig geworden; bei 2a wurde eine Absonderung von etwa 20 ccm Saft festgestellt. Die Säuerung hatte gegenüber 2b und 2c, bzw. 5a, eine Verschlechterung erfahren: weniger Milchsäure und bedeutend mehr gebundene Essigsäure, 1,11% bei 5b. Die Verluste hatten sich wesentlich erhöht, sie betragen im Mittel für Trockensubstanz 11% bzw. 29%, für Rohprotein 20%, für Reinprotein 65% bzw. 70% und für stickstofffreie Extraktstoffe 23% bzw. 47%.

Die Versuche über den Einfluß der schwefligen Säure auf Grünfütter bei Luftabschluß ließen eine bemerkenswerte unterschiedliche Wirkung auf Luzerne und auf das Luzerne enthaltende Gemenge (Versuche 2a und 5b) einerseits und auf das aus Wicken und Pferdebohnen bestehende Gemenge und auf *Vicia villosa* (Versuche 1b und 3b) andererseits erkennen:

Auf letztere Gruppe wirkte der Zusatz von schwefliger Säure außerordentlich günstig: die Verluste an Rohprotein, Trockensubstanz und stickstofffreien Extraktstoffen waren bei *Vicia villosa* nur etwa die Hälfte und bei dem Gemenge von Wicken und Pferdebohnen nur ein Drittel der Verluste in den Versuchen ohne Zusatz schwefliger Säure. Der Gehalt an freier und gebundener Buttersäure war niedriger, während sich der Gehalt an Milchsäure etwas erhöht hatte. Im Einklang mit dem analytischen Ergebnis stand auch eine deutliche Verbesserung des Futters hinsichtlich Struktur, Geruch und Saftbildung.

In den Versuchen 2a und 5b war das direkte Gegenteil eingetreten: das Futter wies die 2—3fachen Verluste der Versuche ohne Zusatz von schwefliger Säure auf. Der Abbau des Reinprotein war um etwa 12%

erhöht worden; Saft war ausgetreten, Blatt- und Stengelteile waren etwas schlierig geworden. Auch das Säureverhältnis hatte sich verschlechtert: weniger Milchsäure, mehr gebundene Essigsäure.

Vergleicht man für die betreffenden Futterarten die Ergebnisse der Versuche über die Wirkung der Kohlensäure bei Luftabschluß mit denen der Versuche über die Mitwirkung der schwefligen Säure, so fand man, daß der Einfluß der schwefligen Säure dem der Kohlensäure entgegen gesetzt war: während Kohlensäure auf die eine Gruppe günstig wirkte, war auf diese die Einwirkung von schwefliger Säure schädlich, bei der anderen Gruppe war es umgekehrt. Der günstige Einfluß der schwefligen Säure beruht auf ihrer desinfizierenden Wirkung. Warum diese bei Luzerne nicht eingetreten war, konnte bei diesen Versuchen nicht geklärt werden, da eine bakterielle Untersuchung nicht durchgeführt wurde. Es ist aber auch möglich, daß bei der Einwirkung der schwefligen Säure auf Grünfutter rein chemische Umsetzungen in Frage kommen, die je nach Zusammensetzung der einzelnen Futterarten verschieden sind.

Versuchsreihe C. Konservierung unter Druck eines Teiles der Kohlensäure.

1. Versuchsanordnung.

Für diese Versuchsreihe mußte eine Anlage gewählt werden, die es gestattete, eine größere Menge Kohlensäure als bei den Versuchen der Reihe B zu erhalten und mit ihr einen Druck auf das eingefüllte Futter auszuüben; der andere Teil der Kohlensäure mußte entweichen können, ohne daß hiermit eine schädliche Einwirkung auf den Verlauf der Ensilierung verbunden war. Diese Möglichkeiten bot eine Apparatur, die nach dem Prinzip des Gasometers aufgebaut wurde: das zu konservierende Futter wurde, kurzgeschnitten, in einen Zylinder mit einem Fassungsvermögen von etwa 1 l so fest als möglich eingepreßt, es waren durchschnittlich 600 g. Über dieses Glas, den Behälter, wurde ein breiterer, aber gleichhoher Zylinder, das Deckglas, wie eine Glocke gestülpt, und beide wurden in einen doppelt so hohen Zylinder gestellt, in den Paraffin bis zur Höhe des Behälters zugegeben wurde. Die zwischen Behälter und Deckglas befindliche Luft, die letzteres nach Zugabe des Paraffin hochtrieb, wurde durch Druck so weit entfernt, daß der Boden des Deckglases auf die Öffnung des Behälters aufzuliegen kam.

In einen Teil der Gasometer wurde $\frac{1}{2}$ % Traubenzucker eingestreut, um den Einfluß einer Zugabe von Kohlehydraten auf die Silage zu prüfen.

Die Versuchsreihe C wurde wie folgt angesetzt:

1a Rotklee am Ende der Blüte;

b Rotklee am Ende der Blüte mit Zusatz von $\frac{1}{2}$ % Zucker.

- 2a Luzerne am Ende der Blüte;
 - b Luzerne am Ende der Blüte mit Zusatz von $\frac{1}{2}$ % Zucker.
- 3a Blaue Lupinen (*Lupinus angustifolius* L.), Anfang der Blüte;
 - b Blaue Lupinen, Anfang der Blüte mit Zusatz von $\frac{1}{2}$ % Zucker.
- 4a Pferdebohnen, Anfang der Blüte;
 - b Pferdebohnen, Anfang der Blüte mit Zusatz von $\frac{1}{2}$ % Zucker.
- 5 Peluschken und *Vicia villosa*, Zottelwicke; Anfang der Blüte.

2. Befunde.

Nach Ansetzen der Gasometer wurde dieselbe Beobachtung wie bei der Versuchsreihe B gemacht:

Innerhalb des abgedeckten Raumes entstand infolge der Sauerstoffaufnahme durch die Pflanzen ein Unterdruck, demzufolge das Paraffin zwischen Deckglas und Behälter hochstieg. Nach etwa 3 Stunden begann die Entwicklung von Kohlensäure, welche die Sperrflüssigkeit verdrängte und das Deckglas hob, das nach 2—3 Tagen seine größte Höhe erreicht hatte, die es mit minimalen, durch Außentemperaturunterschiede bedingten Schwankungen während der Dauer der Versuche beibehielt.

Während der Ensilierung nahmen Klee und Luzerne (Versuch 1a und b und 2a und b) eine dunklere Färbung an, sonst war äußerlich keine Veränderung festzustellen. Die Lupinen (Versuche 3a und b) sonderten etwas Saft ab, am Boden war ein geringer, gelblichweißer schleimiger Belag wahrzunehmen; Saft und Belag nahmen nicht weiter zu. Das Futter hatte sich am Ende der Versuche ungefähr um $\frac{1}{2}$ cm gestzt, die Farbe war dunkler geworden. Die Pferdebohnen und das Gemisch von Peluschken und Wicken (Versuche 4a und b und 5) verdarben zusehends: Nach etwa 7 Wochen machte sich eine starke Saft- und Belagbildung am Boden der Gefäße bemerkbar, und damit verbunden sank das Futter in den Behältern bedeutend zusammen. Die Farbe wurde bei den Pferdebohnen schwärzlichgrün, Peluschken und Wicken waren etwas heller gefärbt.

Diesen während der Dauer der Versuche gemachten Wahrnehmungen entsprachen die Befunde beim Entleeren der Gasometer:

Klee und Luzerne (Versuche 1a und 2a) erwiesen sich als sehr gut erhalten, die Struktur war durchgehend fest wie bei dem frischen Material; Saft war nicht ausgetreten, ebensowenig hatte sich ein Belag gebildet. Der Geruch war angenehm säuerlich, bei 1a brotähnlich, bei 2a weinsäuerlich. Der Klee nahm etwa eine halbe Stunde nach Öffnen des Behälters einen braunen Farbton an, die Luzerne dunkelte ebenfalls etwas nach. Die Säuerung war ausgezeichnet: Buttersäuregärung hatte nicht stattgefunden, freie und gebundene Essigsäure waren in geringen Mengen vorhanden; Milchsäure hatte sich in reichem Masse gebildet. Das Verhältnis der freien Essigsäure zur Milchsäure war mit 0,32 : 0,84

bei 1a sehr gut, noch besser bei 2a mit 0,23 : 0,92. Bei 1a betrug die Verluste der Trockensubstanz 17%, des Rohprotein 12%, des Reinprotein und der stickstofffreien Extraktstoffe je 20%. 2a hatte nur etwa 1% Trockensubstanz, 0,65% stickstofffreie Extraktstoffe und 3,4% Rohprotein eingebüßt, größer als bei 1a war der Verlust an Reinprotein mit 37%. Der verhältnismäßig hohe Verlust an Rohprotein bei Klee brauchte nach dem guten Gesamtbild, das diese Konserve bot, keine Minderung der Nährstoffe zu bedeuten, da, wie schon eingangs erwähnt, ein Abbau der Proteine noch nicht ein Verlust sein muß.

Die Lupinen (Versuch 3a) machten, abgesehen von der bemerkten Saft- und Belagbildung, gleichfalls einen gut erhaltenen Eindruck: Blatt- und Stengelteile hatten ihre feste Struktur behalten, der Geruch war angenehm säuerlich. Buttersäure wurde nicht festgestellt; der Gehalt an Milchsäure war normal, desgleichen ihr Verhältnis zu den gefundenen Mengen freier Essigsäure, 0,71 : 0,28. Bedenklich war der hohe Gehalt von 0,71% an gebundener Essigsäure und der starke Abbau des Reinprotein mit über 60%. An Trockensubstanz, Rohprotein und stickstofffreien Extraktstoffen war ein Verlust von je 8—9% eingetreten.

Versuche 4a und 5 hatten sich in einen dunklen saftigen Brei verwandelt, der ebenso wie das Gas, das sich über dem Behälter im Deckglas befand, einen unangenehmen Geruch verbreitete. Es wurden freie und gebundene Buttersäure gefunden, bei Versuch 5 0,99% gebundene Buttersäure; der Gehalt an gebundener Essigsäure betrug über 0,80%, der an Milchsäure war sehr niedrig, 0,41% und 0,51%. Die Verluste an Reinprotein überstiegen 60%, der Verlust an Trockensubstanz war groß, 24% bei 4a; außerordentlich hoch war der Abbau der wertvollen stickstofffreien Extraktstoffe, bei 4a über 60%, bei 5 über 40%, Rohprotein hatte 8, bzw. 10% eingebüßt. Die Verluste durch gasförmige Abbauprodukte waren bei 4a um 0,5%, bei 5 um 0,75% höher als der ungefähre Durchschnitt der Versuche 1a, 2a und 3a.

Nach diesen Versuchen ist zu sagen, daß die Konservierung von Klee und Luzerne gut gelungen war. Der Abbau war teils sehr gering, teils überschritt er nicht die als normal anzusehenden Werte. Lupinen waren nicht völlig einwandfrei konserviert, eine Zersetzung war eingetreten. Das Gemenge von Peluschken und Wicken und in noch höherem Maße die Pferdebohnen waren verdorben; Buttersäuregärung war nur bei diesen beiden Futterarten aufgetreten.

Die Versuche 1b, 2b, 3b und 4b, denen $\frac{1}{2}$ % Zucker zugesetzt worden war, unterschieden sich in bezug auf äußere Merkmale, Struktur, Geruch, Saft- und Belagbildung nicht von den betreffenden Versuchen ohne Zusatz, wohl aber zeigten die Analysen einige Änderungen:

Der Gehalt an Milchsäure war nicht unerheblich gestiegen, er hatte im Vergleich durchschnittlich über 15% zugenommen, während der

Gehalt an flüchtiger und gebundener Essigsäure zurückgegangen war. Hiermit hing auch das Ansteigen des durch gasförmige Produkte entstandenen Verlustes zusammen, der bei 2b und 3b zwar nur wenig größer war, aber bei 1b 2,4% mehr als bei 1a betrug; Zucker hatte die Milchsäuregärung erhöht und gleichzeitig entstand Kohlensäure. Die Verluste an Eiweiß waren bei 1b und 2b ganz bedeutend herabgesetzt worden, 2b hatte überhaupt keine Einbuße an Rohprotein erlitten und 1b nur eine solche von 3,4%; die Verluste an Rohprotein waren etwa 5% geringer als bei 1a und 2a. Ebenso hatte sich bei 1b der Abbau der stickstofffreien Extraktstoffe und der Trockensubstanz um die Hälfte verringert, während hier bei Luzerne größere Verluste auftraten.

3b und 4b hatten durch Zucker zwar eine Besserung der Säureverhältnisse erfahren, aber der Abbau der Nährstoffe war nur wenig gemildert worden.

Eine Zugabe von Zucker zu dem zu ensilierenden Grünfütter übte demnach einen günstigen Einfluß aus, indem sie das Säureverhältnis zugunsten der Milchsäure verschob. Milchsäuregärung trat bei Zuckerzusatz schneller ein, daher wurde weniger Essigsäure, besonders weniger gebundene Essigsäure gebildet und zum Teil auch der Abbau wichtiger Nährstoffe vermindert.

Zu der Versuchsreihe C muß noch bemerkt werden, daß die beschränkte Druckfestigkeit der verwendeten Glasgefäße nicht gestattete, das teilweise dickstengelige, sperrige Material so stark zusammenzupressen, wie es in großen Silos leicht möglich ist. Daher waren in den Gefäßen zu Beginn der Versuche erhebliche Mengen Luftsauerstoff vorhanden, die einer schädlichen aeroben Atmung und Gärung relativ mehr Spielraum ließen, als dies bei Anlagen im großen der Fall wäre. Trotzdem zeigte diese Versuchsreihe, daß die Erhaltung eines Teiles des Kohlensäuredruckes günstigere Resultate ergibt als ein bloßer Luftabschluß. Hinsichtlich Reifezustandes und Wassergehaltes wurden auch hier dieselben Feststellungen wie bei Versuchsreihe B gemacht, daß nämlich älteres Wachstumsstadium und größerer Trockensubstanzgehalt die Silierfähigkeit von Grünfütter begünstigt. Festgestellt wurde außerdem, daß die Menge Kohlensäure, die zu Beginn der Versuche gebildet wurde, während der Dauer der Versuche nicht zurückging.

Versuchsreihe D. Konservierung unter Druck der gesamten Kohlensäure.

1. Versuchsanordnung.

Die Gefäße der Versuchsreihe D mußten einem starken Druck gegenüber von großer Festigkeit sein und einen gasdichten Verschuß besitzen. Wegen der größeren Zahl von Einzelversuchen und der geringen verfügbaren Mittel erschienen hierfür dickwandige Glasflaschen mit Patent-

verschluß mit einem Fassungsvermögen von $\frac{1}{2}$ l geeignet. Die Flaschen wurden mit durchschnittlich 200 g des kurzgeschnittenen Materials fest gefüllt. Sofort, nachdem sie gefüllt waren, wurden sie gewogen, desgleichen am Ende der Versuche kurz vor dem Öffnen, um zu prüfen, ob Kohlensäure infolge einer eventuellen Undichtigkeit hatte entweichen können, womit ja eine Gewichtsabnahme verbunden gewesen wäre. Eine Gewichtsabnahme wurde bei keinem der Gefäße festgestellt.

Die Versuchsreihe wurde mit folgenden Futterarten angestellt:

- 1 Rotklee am Ende der Blüte.
- 2a Blaue Lupinen am Anfang der Blüte;
- b Blaue Lupinen am Anfang der Blüte mit 10% Wasserzusatz;
- c Blaue Lupinen am Anfang der Blüte mit 15% Wasserzusatz;
- d Blaue Lupinen am Anfang der Blüte mit 20% Wasserzusatz;
- e Blaue Lupinen am Anfang der Blüte mit 25% Wasserzusatz;
- f Blaue Lupinen am Anfang der Blüte mit 25% Wasserzusatz und $\frac{1}{2}$ % Zucker.
- 3a Peluschken, Anfang der Blüte;
- b Peluschken, Anfang der Blüte nach 12proz. Wasserverlust + 25% Wasserzusatz;
- c Peluschken, Anfang der Blüte nach 12proz. Wasserverlust mit 25% Wasserzusatz und $\frac{1}{2}$ % Zucker;
- d Peluschken, Anfang der Blüte nach 12proz. Wasserverlust mit 35% Wasserzusatz.
- e Peluschken, Anfang der Blüte nach 12proz. Wasserverlust mit 35% Wasserzusatz und $\frac{1}{2}$ % Zucker.
- 4a Pferdebohnen zu Beginn der Blüte;
- b Pferdebohnen zu Beginn der Blüte nach 20proz. Wasserverlust.
- 5a Gemenge von Peluschken und *Vicia villosa* zu Beginn der Blüte nach 30proz. Wasserverlust;
- b Gemenge von Peluschken und *Vicia villosa* zu Beginn der Blüte nach 35proz. Wasserverlust;
- 6 Luzerne am Ende der Blüte.

2. Befunde.

Während der Dauer der Versuche traten bei 1, 2a und 6 dieselben Erscheinungen wie bei Versuchsreihe C auf: Klee und Luzerne zeigten bis auf ein Dunkelwerden der Farbe keine Veränderung, die Lupinen sonderten Saft ab und bildeten am Boden der Gefäße einen geringen, schleimigen, gelblichweißen Belag, beide Erscheinungen kamen bald zum Stillstand. Versuche 2b—f hatten eine dem Wasserzusatz entsprechende, größere Saft- und Belagbildung aufzuweisen, in dem Gefäß mit Zuckerzusatz waren diese geringer.

Bei 3a fand nur wenig Saftabsonderung statt, ein Belag wurde nicht beobachtet. Versuche 3b—e zeigten wie 2b—f entsprechende Saft- und Belagbildungen. Versuche 4a und 5a verhielten sich wie 2a, 4b und 5b wie 3a.

In den Gefäßen herrschte, wie beim Öffnen festgestellt wurde, allgemein ein starker Gasdruck, besonders stark bei den Versuchen 2b—f und 3b—e. Bei 5b war er derartig stark, daß trotz aller angewandten Vorsicht ein Teil des Futters und des Saftes herausgeschleudert wurde; infolgedessen konnte für 5b der Verlust durch gasförmige Produkte nicht festgestellt und die Analysenresultate nicht auf das Ausgangsmaterial umgerechnet werden.

Sowohl die Untersuchungen der äußeren Beschaffenheit als auch die Analysen hatten das Ergebnis, wie es nach den Beobachtungen, die während der Versuchsdauer gemacht wurden, erwartet werden durfte.

Versuch 1 hatte eine Einbuße von 6,3% an Trockensubstanz und von 13% an stickstofffreien Extraktstoffen erlitten. Von Rohprotein waren 0,6% und von Reinprotein 13,5% abgebaut worden. Der Gehalt an Milchsäure betrug 0,94%, die Mengen freier und gebundener Essigsäure waren gering, 0,16% und 0,47%. Der Geruch war angenehm säuerlich, brotähnlich, die Struktur war fest wie beim frischen Futter.

Luzerne (Versuch 6) wurde nicht analysiert, die äußere Beschaffenheit war ganz vorzüglich, der Geruch war weinsäuerlich, die Pflanzenteile waren unverändert geblieben.

Die Lupinen (Versuch 2a) hatten an Trockensubstanz 5,5%, an Rohprotein 7,1%, an stickstofffreien Extraktstoffen 17,8% und an Reinprotein 63,1% eingebüßt. Die Säuerung war verhältnismäßig gut, doch schlechter als bei Versuch 1 dieser Versuchsreihe, da weniger Milchsäure gefunden wurde, 0,68%. Der Geruch war angenehm säuerlich, ähnlich dem von mild gesäuertem Sauerkraut; eine Veränderung der Struktur war nicht erfolgt.

Versuche 4a und b und 5a und b ergaben ähnliche Befunde: Der Geruch war gut sauer, die Pflanzenteile waren völlig erhalten geblieben. Bei allen 4 Versuchen war Saft ausgetreten, den erwähnten Belag hatten nur 4a und 5a gebildet. Bei diesen beiden hatte das Gas, das beim Öffnen entwich, im Gegensatz zu den anderen Versuchen einen unangenehmen Geruch, während das Futter selbst angenehm sauer roch. Buttersäure wurde nicht gefunden; der Milchsäuregehalt betrug bei 4a und b über 0,90%, bei 5a nur 0,63%, bei 5b aber 1,28%; das Verhältnis zur freien Essigsäure war normal. Es wurden verhältnismäßig große Mengen gebundener Essigsäure festgestellt, besonders bei 5b (0,94%). Die Einbuße an Trockensubstanz betrug 4,5% bei 4a, 9,1% bei 4b, und 10,9% bei 5a. Der Rohproteinverlust war bei 4a und 5a etwa je 4%, bei 4b 8,5%. An stickstofffreien Extraktstoffen hatte 4a 16,1%, 4b 21,0% und 5a 41,3% eingebüßt. Sehr hoch war auch der Abbau des Reinprotein, bei 4a 53%, bei 4b 62% und bei 5a 60,1%.

Versuch 3a hatte gut sauren Geruch, die Struktur war die des frischen Futters geblieben; es war Saft ausgetreten, jedoch kein Belag

gebildet worden. Von der Trockenmasse waren 8,1% verlorengegangen, von Rohprotein 1,7%, von stickstofffreien Extraktstoffen 5,6% und von Reinprotein 37%. Die Säureverhältnisse waren sehr gut: Es war viel Milchsäure, 1,07%, und wenig freie und gebundene Essigsäure, 0,4% und 0,27%, und keine Buttersäure vorhanden.

Die Versuche mit steigendem Wasser- und teilweise Zuckerzusatz (2a—f und 3a—e zeigten übereinstimmend folgendes Bild:

Mit steigendem Wassergehalt nahm die Menge des ausgetretenen Saftes zu, auch der gelblichweiße Belag am Boden der Gefäße vermehrte sich dementsprechend. Während 3a überhaupt keinen Belag aufzuweisen hatte, trat ein solcher bei 3b—c in geringem Maße auf; auch bei längerer Dauer der Ensilierung änderte sich die Menge des Belages und Saftes nicht mehr. Eine Zugabe von Zucker verminderte Saft- und Belagbildung. Bei den Lupinen, 2a—f, hatte sich die Struktur von etwa 15% Wasserzugabe an (Versuche c—f) verschlechtert, die Pflanzenteile waren zum Teil schlierig geworden. Das beim Öffnen dieser Gefäße entweichende Gas roch unangenehm, während das Futter selbst einen gut sauren Geruch, wie 2a und b, hatte. In dem Versuch, dem Zucker zugesetzt worden war, konnte in bezug auf Geruch und Struktur eine deutliche Besserung gegenüber dem nicht mit Zucker versetzten Futter wahrgenommen werden. Bei den Versuchen 3a—e wurde dieser unangenehme Geruch des entweichenden Gases nicht festgestellt. Der untere Teil des Versuches 3d war etwas schlierig, während in 3e trotz gleichen Wassergehaltes die Struktur des Futters sich nicht verändert hatte, was wohl der Wirkung der Zugabe von Zucker beizumessen war.

Die Säureverhältnisse wurden mit steigendem Wassergehalt schlechter: Der Gehalt an Milchsäure nahm stetig ab, während gleichzeitig die Mengen freier und gebundener Essigsäure stark anstiegen; bei 2d und e wurde freie Essigsäure überhaupt nicht gefunden, wohl aber ein ganz bedeutender Prozentsatz an gebundener Essigsäure (0,96 und 0,97%). Ein Zusatz von Zucker wirkte außerordentlich verbessernd. Eine Buttersäuregärung hatte bei keinem der Versuche stattgefunden.

Das Verhältnis der Milchsäure zur freien Essigsäure und das der Milchsäure zur gebundenen Essigsäure änderte sich bei Wasser- und teilweisem Zuckerzusatz folgendermaßen (siehe Zusammenstellung auf Seite 213).

Den Säureverhältnissen entsprach der Abbau der Trockensubstanz und der Nährstoffe, wie die Analysen für 3a—e zeigen, 2b—f wurden nicht analysiert: Mit steigendem Wassergehalt machten die Verluste rasche Fortschritte. Sie stiegen auf das Doppelte und Dreifache, besonders stark wurde hiervon das Reinprotein betroffen, das bei 3b 77%, bei 3d 80% einbüßte; auch die Rohfaser wurde durch Wasserzusatz stark in Mitleidenschaft gezogen. Die Versuche mit Zuckerzusatz

Versuch	Zusatz	Milchsäure: freier Essigsäure	Milchsäure: gebundener Essigsäure
2a	0% Wasser	2,4 :1	1,9 :1
b	10% „	1,7 :1	1,13:1
c	15% „	1,7 :1	0,7 :1
d	20% „	0,36:0	0,38:1
e	25% „	0,36:0	0,38:1
f	25% „ u. 1/2% Zuck.	2,0 :1	1,25:1
3a	0% Wasser	2,7 :1	4,0 :1
b) 12%	25% „	1,8 :1	1,4 :1
c) Wasser-	25% „ u. 1/2% Zuck.	3,9 :1	2,65:1
d) verlust	35% „	1,3 :1	1,14:1
e)	35% „ u. 1/2% Zuck.	1,7 :1	1,5 :1

zeigten bei weitem nicht eine derart große Einbuße an Trockenmasse und Nährstoffen, die Verluste wurden fast um die Hälfte vermindert, vor allem die Verluste an Rohprotein.

Die Konservierung unter dem Druck der gesamten entstandenen Kohlensäure ergab durchaus eine gute brauchbare Silage. Buttersäuregärung wurde bei keiner Futterart festgestellt, die Verluste an Trockenmasse und Nährstoffen waren verhältnismäßig gering. Klee und Luzerne waren ausgezeichnet konserviert, mit geringer Verschlechterung des Reinprotein folgten die Peluschken. Die Lupinen, Pferdebohnen und das Gemenge von Peluschken und Wicken konnten trotz des gebildeten Belages und des hohen Reinproteinabbaues als verwendbare Konserven angesprochen werden. Sowohl durch die Versuche, die mit frischem Futter angesetzt worden waren, als auch ganz besonders durch die, bei denen ein Wasserzusatz erfolgt war, wurden die in Versuchsreihe B und C gemachten Feststellungen bestätigt, daß ein jüngerer Reifezustand und größerer Wassergehalt ungünstig für die Konservierung von Grünfütter waren. Die Folge war eine Minderung des Milchsäuregehaltes, Erhöhung des Gehaltes an freier und gebundener Essigsäure und Erhöhung der Verluste an Trockensubstanz und Nährstoffen. Einer Zersetzung, die in einigen Versuchen begonnen hatte und äußerlich durch Belagbildung und Verschlechterung der Struktur zu erkennen war, wurde binnen kurzem Einhalt geboten. Ein Zusatz von Zucker hatte günstigen Einfluß. Durch die Erhaltung des gesamten Druckes der Kohlensäure war eine wesentliche Besserung gegenüber den Versuchsreihen B und C erzielt worden.

III. Zusammenfassung.

Es wurde experimentell geprüft, ob und unter welchen Bedingungen es möglich ist, die im Silo durch Atmung und Gärung entstehende Kohlensäure für die Konservierung von Grünfütter nutzbar zu machen. Hierfür wurden 4 Möglichkeiten ins Auge gefaßt, und zwar:

- A. Konservierung ohne Luftabschluß.
- B. Konservierung mit Luftabschluß.
- C. Konservierung unter Druck eines Teiles der Kohlensäure.
- D. Konservierung^r unter Druck der gesamten Kohlensäure.

Versuchsreihe A zeigte, daß es unmöglich ist, eine Kohlensäureatmosphäre über der Futtermasse zu lagern und dadurch eine Einwirkung des Luftsauerstoffes auf das Futter zu verhindern. Die Kohlensäureschicht bleibt nicht erhalten, sie wird vielmehr durch Diffusion von Silo- und Außenluft völlig entfernt. Das Ergebnis war immer ein verdorbenes Futter, gleich welcher Art das Ausgangsmaterial war.

Versuchsreihe B zeigte den Einfluß der Fernhaltung der atmosphärischen Luft durch einen geeigneten Abschluß des Silos, ohne daß hierbei für Erhaltung des Kohlensäuredruckes besonders Sorge getragen wurde. Diese Methode bietet die Möglichkeit, ein brauchbares Silofutter zu erzielen, vorausgesetzt, daß das Futter nicht zu wasserreich ist, und daß Kohlehydrate in ausreichender Menge zwecks Bildung von Milchsäure vorhanden sind. Sind diese Bedingungen nicht in genügendem Maße erfüllt, so tritt weitgehende Zersetzung des Futters ein. Aber selbst im günstigsten Falle fand immer noch ein starker Abbau vor allem des Reinproteins statt, auch die Möglichkeit einer unerwünschten Buttersäuregärung war bei bloßem Abschluß der Luft vorhanden. Verwendung von schwefliger Säure wirkte nur zum Teil günstig.

In der Versuchsreihe C war der Kohlensäuredruck gegenüber den unter B beschriebenen Versuchen bedeutend erhöht. Im allgemeinen ergab sich, daß die erzielte Erhöhung des Kohlensäuredruckes gegenüber Versuchsreihe B eine beachtenswerte Verbesserung des Silofutters zur Folge hatte. Buttersäuregärung war nur noch in einigen Fällen, bei Pferdebohnen und einem Gemisch von Peluschken und Wicken, wahrzunehmen. Zusatz von Zucker bewirkte eine Erhöhung des Milchsäuregehaltes und dadurch eine Verbesserung der Silage.

In Versuchsreihe D wurde das Futter in luftdicht verschlossenen, gasdichten Behältern aufbewahrt; der Druck, den die Kohlensäure ausübte, war hier noch bedeutend höher als bei den Versuchen der Reihe C. Sämtliche konservierten Grünfütterarten zeigten eine sehr gute Beschaffenheit, wenn auch der Abbau verschieden hoch war und die Einbuße an Rohprotein stellenweise bis zu annähernd 60% stieg. Buttersäure war nirgends vorhanden, auch nicht in den Gefäßen, die einen hohen Wasserzusatz erhalten hatten.

In sämtlichen Versuchen wurden die Ergebnisse außer durch den Kohlensäuredruck durch den Wassergehalt und durch den Reifezustand der verwendeten Futterproben beeinflußt. Ein hoher Wassergehalt begünstigte in allen Fällen den Abbau des Eiweißes und die Bildung flüchtiger Säuren. Entsprechend wirkte auch der Reifezustand der

Futterpflanzen. Im allgemeinen ist es günstiger, wenn die Vegetation fortgeschritten und der Trockensubstanzgehalt erhöht ist. In Übereinstimmung mit früher von *Eckles*¹³ in Missouri erhaltenen Befunden ergab sich auch bei den hier beschriebenen Versuchen, daß eiweißreiches Grünfutter bei einem Trockensubstanzgehalt von 30% am besten zum Einsäuern geeignet ist. Da das Abwelken wasserreichen Grünfutters unter ungünstigen klimatischen Verhältnissen mit bedeutenden Verlusten an Nährstoffen verbunden ist, erscheint es ratsamer, eiweißreiches Futter ebenso wie den Mais erst in reiferem Zustande in die Behälter zu bringen. Jedenfalls ist die Bedeutung der Erhaltung der im Silo durch Atmung und Gärung entstehenden Kohlensäure für die Konservierung von Grünfutter erwiesen, so daß die technische Durchbildung dieses Verfahrens sehr angezeigt erscheint. Der hohe Wert wirtschafts-eigenen, eiweißreichen Futters dürfte die Aufwendung von entsprechenden Unkosten für die Konstruktion gasdichter Silos gestatten.

Leider ist es mir nicht möglich, Herrn Prof. Dr. *Löhnis* selbst meinen tiefempfundenen Dank für die Anregung zu vorliegender Arbeit sowie für das mir während ihrer Durchführung dauernd bereitwilligst gezeigte Entgegenkommen auszusprechen. Ein allzu früher Tod setzte seinem Schaffen ein Ziel. In der Erinnerung wird jedoch der aufrichtigste Dank stets fest eingegraben bleiben.

Mein Dank gilt ferner Herrn Prof. Dr. *Golf* für die Bereitwilligkeit, mit der er in freundlicher Weise vorliegende Arbeit übernahm.

Benutzte Literatur.

- ¹ *Wiegner*, Mitt. d. D.L.G. **40**, 321—332 (1925). — ² *Honcamp*, Z. Tierzüchtg **8**, H. 2. 229. — ³ *Palladin*, Biochem. Z. **18**, 176 (1909). — ⁴ *Löhnis*, Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie. Berlin 1910. — ⁵ *Reetz*, Z. Tierzüchtg **13**, H. 1 (1928). — ⁶ *Völtz*, Landw. Jb. **38**, Erg.-Bd. 3—5. — ⁷ *Crasemann*, Untersuchungen über Futterkonservierung. Diss., S. 45. Zürich 1924. — ⁸ *Völtz*, zit. nach *Honcamp* a. a. O. — ⁹ *Kellner*, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. 9. Aufl., S. 251. 1920. — ¹⁰ *Kuchler*, Dtsch. landw. Presse **54**, 63 (1927). — ¹¹ *Kuchler*, Landw. Jb. Bay. **1927**, 449. — ¹² *Troscher*, Dtsch. landw. Presse **55**, 483 (1928). — ¹³ *Eckles*, Agr. Exp. Stat. Columbia, Missouri. Bull. S. 162. 1919. — ¹⁴ *Samarani*, Silos per foraggi. Sec. ed. Piacenza 1929. — ¹⁵ *Kirsch*, Fortschr. Landw. **3**, 1919—1922 (1928). — ¹⁶ Schrift der Silo- und Kulturtechnik A.G. Gärtner u. Aurich, Dresden-A. 24 — *Höhne*, Ill. Landw. Ztg **1928**, 35. — ¹⁷ *Höhne*, Ill. Landw. Ztg **48**, 493 u. 669 (1928). — ¹⁸ *Kuchler*, Die zeitgemäße Grünfütterkonservierung. S. 252. Freising-München 1926. — ¹⁹ *Scheunert*, Ill. Landw. Ztg **42**, 229—230 (1922). — ²⁰ *Kulcke*, Versuche über Grünfütterkonservierung. Diss., S. 28. Leipzig 1929. — ²¹ *Schmidt*, Leopoldina (Lpz.) **1**. 69—72 (1926); **2**. 107—116. — ²² *Zeiler*, Ill. Landw. Ztg **40**, Nr 49/50, 229—230 (1920). — ²³ *Wiegner*, Anleitung zum quantitativen chemischen Praktikum. Berlin 1926.

Lebenslauf.

Ich, *Otto J. Fischer*, wurde am 8. IV. 1903 in Voitersreuth i. V. als Sohn des Chefs des Zollamtes in Voitersreuth *Louis Erdmann Fischer* geboren. Von Ostern 1909 bis Ostern 1913 besuchte ich die Bürgerschule in Chemnitz, von Ostern 1913 ab das humanistische Gymnasium, das ich Ostern 1922 mit dem Reifezeugnis verließ. Infolge der äußerst schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse war ich gezwungen, zunächst 1 Jahr lang als Werkstudent in verschiedenen technischen Betrieben tätig zu sein. Von Ostern 1923 an war ich als Student der Chemie an der Universität Leipzig immatrikuliert. Im Sommer 1926 habe ich das erste chemische Verbandsexamen bestanden. Seit Ostern 1928 arbeitete ich in dem Laboratorium von Herrn Prof. Dr. *Löhnis* und schloß 1930 meine Dissertation ab.