

DIE WISSENSCHAFT

Herausgeber PROF. DR. WILHELM WESTPHAL

BAND 96

Sauerkraut und ähnliche Gärerzeugnisse

Geschichte, Biologie und Bedeutung
für die Ernährung von Mensch und Tier

von

Dr. med. Fritz Eichholtz

o. Professor für Pharmakologie in Heidelberg
Marine-Oberstabsarzt der Reserve



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

17 Abbildungen

ISBN 978-3-663-00989-4 ISBN 978-3-663-02902-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-02902-1

Alle Rechte vorbehalten
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1941

INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung	1
II. Geschichtliches	3
1. Über die Kohlpflanze	5
2. Über Sauerkraut und ähnliche Gärerzeugnisse	8
3. Nahrung und Schicksal	20
4. Geschichte der Silage	26
III. Biologische Vorgänge beider Herstellung von Sauerkraut und Gärfutter	35
1. Die Stufen der Gärung	36
a) Abtötung des Pflanzengewebes und Vorgärung	36
b) Bildung von Sickersaft	39
c) Die milchsaure Gärung	43
d) Säuerung und Konservierung	59
e) Fehlgärungen, Fäulnis und Schimmelbildung	59
2. Die Nebenumstände der Gärung	67
a) Die Folgen des Luftzutritts	67
b) Die Bedeutung der Kohlensäure	70
c) Die entscheidende Rolle des Säuregrades	71
d) Die Sicherung der Silage	75
α) Biologische Verfahren	76
a α) Zusatz von Bakterien-Kulturen	76
a β) Mischsilagen	79
a γ) Preßsaftsilagen	79
β) Chemische Verfahren	84
a α) Kochsalz	84
a β) Zucker	85
a γ) Mineralsäuren	89
Ameisensäure	96
IV. Die Bedeutung vergorener Nahrungs- und Futtermittel für Tier und Mensch	99
1. Das Rätsel der Milchsäure	99
2. Das Sauerkraut im Urteil der alten Ärzte	106
3. Chemie und Pharmakologie des Sauerkrauts sowie seine ärzt- liche Anwendung	110
4. Wirkung von Gärfutter auf den Tierkörper	121
V. Schluß	129

Motto:
Anno 1739

Und eben daher ist laut sicherer Nachricht /
das einzige Praeservativ vom Skorbut anheut
zur See / dass alle Schiffe eine quantität Sauer-
kraut mitführen / und ihren Bootsknechten
wöchentlich ein paarmahlen austheilen lassen

Johann Georg Heinrich Kramer,
Militärarzt im ungarischen Lager des
Reichsmarschalls Prinz Eugen

I. EINLEITUNG

Sauerkraut und Gärfutter: Das erste Wort ein Symbol des Althergebrachten, des Urwüchsigen und Urdeutschen, im übrigen bekannt als Zielscheibe unzähliger Witzbolde daheim und draußen.

Das zweite Wort demgegenüber von revolutionärem Inhalt: Der Bauer, der bisher in der Sommerzeit sein Heu bereitete, — der wundersame Duft schwebt noch von den Kindheitstagen her in unserer Erinnerung —, soll sein Gras jetzt in Gruben stecken, wobei er Gefahr läuft, es zu mehr oder weniger scheußlich riechenden Massen zu vergären.

Zwei Worte also, die völlig verschiedenen Sphären anzugehören scheinen, und doch in ihrem Wesen fast ohne Unterschied. Ihr Klang erweckt zunächst keine erhabenen Gefühle, er scheint nicht an die Grundlage unserer Lebensanschauung zu rühren.

Und doch handelt es sich um eine Frage, durch die die Menschheit seit ihrer ersten Morgenröte bewegt wird, von der die Geschichte erzählt, und deren Bedeutung in der Zukunft sich noch keineswegs abschätzen läßt. Eine Frage gleichzeitig, die nicht nur die Naturwissenschaften angeht, zu deren Verständnis vielmehr auch die Altertumswissenschaften Vorarbeiten von unschätzbarem Wert geleistet haben.

Der Verfasser hat nicht die Absicht, Rezepte für die Sauerkrautbereitung zu geben, oder die Vor- und Nachteile der ver-

schiedenen Silageverfahren für den Landwirt darzustellen. Die erstere Aufgabe hat H e n n e b e r g ^{31*)} in ausgezeichneter Weise gelöst; was die letztere angeht, so sei auf das vorzügliche Buch von R u s c h m a n n ⁷¹⁾ verwiesen. Grundlegend für diese Frage ist auch die Zusammenfassung von E. M a n g o l d im ersten Band seines „Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere“. Berlin 1929.

Das vorliegende Büchlein ist in anderem Geiste verfaßt. Es soll darstellen, wie viele neue Möglichkeiten uns die heutige wissenschaftliche Erkenntnis an die Hand gibt, in wie überraschender Weise die Erfahrungen der Medizin und der Landwirtschaft sich gegenseitig ergänzen und befruchten, wie sie zu neuem Tagewerk aufrufen, und zuletzt in höherem Sinne, wie das Schicksal der Menschen und das Schicksal des eigenen Volkes von der richtigen Ernährung mitbestimmt wird.

Wir möchten aber die Gelegenheit auch benutzen, einer breiten Öffentlichkeit die Ergebnisse der eigenen Forschung vorzulegen, die im Sinne des Vierjahresplanes und unter reger Förderung durch die zuständigen Dienststellen erfolgte.

*) Siehe Schrifttum am Schlusse des Buches.

II. GESCHICHTLICHES

I. Über die Kohlpflanze

Im klassischen Altertum war die Kohlpflanze ein beliebtes Gemüse, das frühzeitig eine Veredlung erfuhr und in einer Mannigfaltigkeit von Arten auftrat, so daß wohl — wie in späterer Zeit — jede Landschaft ihre besondere „Art“ von Kohl wachsen ließ. Man aß ihn roh, mit Zusatz von Honig, Essig und Salz, oder in Essig eingetaucht; auch wurde er leicht gekocht, für medizinische Zwecke auch doppelt gekocht, man ließ ihn in Wasser mazerieren, preßte auch den frischen Saft aus und benützte ihn so als Speise und Getränk. Er gehörte so sehr zum täglichen Leben, daß ein Gedicht von einem Ritter spricht, der zwischen Rüben und Kohl geboren sei — *eques natus inter betam et brassicam*⁸¹).

Der Kohl war aber gleichzeitig eine der wichtigsten *A r z - n e i p f l a n z e n* des Altertums, deren Heilkräfte in Lehrbüchern dargestellt, in philosophischen Kreisen erörtert und die im Volk als Panacee gegen alle Leiden geschätzt wurde. In der Tat hätten sich die Römer nach dem Zeugnis von *C a t o* sechshundert Jahre lang mit den Kohlkräutern beholfen, ehe die Ärzte ins Römische Reich gekommen seien. Aber auch dann wurde der Ruhm des Kohls kaum angetastet. Bis weit in das Mittelalter hinein erfreuten sich seine Heilkräfte der größten Wertschätzung, und wir haben Anlaß, die vielen ärztlichen Berichte, die darüber vorliegen, mit der größten Gewissenhaftigkeit zu prüfen, da kaum eine zweite Heilpflanze auf eine so gewaltige Überlieferung zurückblicken kann.

Die früheste Geschichte des Kohls ist verwebt mit der Legende. Einer der großen Weisen des griechischen Altertums, ein Mann, der — wie *B u r c k h a r d t* sagt — die Gewissen

aufwühlte und auch dem Denken einen gewaltigen neuen Stoff und eine neue Richtung gab, Pythagoras nämlich, soll nach dem Zeugnis von Plinius auch ein Buch über den Kohl geschrieben haben. Seitdem sprach das Altertum vom Pythagoräischen Kohl. Es ist indessen wahrscheinlich, daß Pythagoras nichts Schriftliches hinterlassen hat, und dieses älteste Buch über den Kohl ist wohl von einem seiner Anhänger geschrieben worden.

Cato und Plinius haben sich in ihren Schriften eingehend mit dem gleichen Gegenstand beschäftigt. Der erstere ist fast schwärmerisch in seiner Wertschätzung des Kohls — Cato brassicae miras canit laudes, sagt der kühlere Naturwissenschaftler Plinius. Diesen beiden Autoren verdanken wir hauptsächlich die Kenntnis der Heilkräfte, mit denen er nach Ansicht der Alten ausgestattet war. Später haben Dioscurides, Galen u. a. die therapeutischen Eigenschaften des Kohls in ihren Schriften dargestellt.

Seit Hippocrates sind alle Autoren sich einig, daß er eine laxative Wirkung besitzt. „Cacocymotaton est brassica“ (Oribas); „Vehementissime alvum ciet“ (Plinius). Als Nebenwirkung wird angegeben, daß er zu Blähungen führt wie Knoblauch und Mangold: Inflant ex oleribus allium, cepa, brassica (Celsus).

Nach Dioscurides ist der Kohl gut für Milzsüchtige, wozu wir bemerken, daß auch der Skorbut seit Hippocrates als eine Milzsucht aufgefaßt wurde (Lind⁴⁹). „Er gebe den Saugmüttern viel Milch“ (Plinius), besitze also die laktagoge Wirkung, die wir auch vom Gärfutter kennen. Er sei gut für dunkle, trübe Augen, wobei man an die Symptome des Vitamin A-Mangels erinnert wird. Er ist für Hippocrates eines der wichtigsten Mittel für Frauenleiden; er soll auch gegen Kopfweg, Podagra und fallende Sucht wirken (Plinius) und soll die Trunkenheit vertreiben, eine Angabe, die schon von Aristoteles gemacht wird, und die von allen späteren Ärzten wiederholt wird. Es ist für die heutige Medizin nicht leicht, solche Angaben ganz zu verstehen. Es sei aber darauf aufmerksam gemacht, daß Galen vielleicht den Schlüssel für solche Angaben liefert: „Brassica esculenta desiccandi

vim habet“, oder in die Sprache der heutigen Medizin übersetzt: Der Kohl hat austrocknende, antihydropische, diuretische Eigenschaften, ein Anspruch, der ja bekanntlich für viele Gemüse und Obstarten zu Recht besteht; zu den heutigen Indikationen der Rohkostbehandlung gehören verschiedene Krankheiten, die von den alten Ärzten mit Kohl behandelt wurden.

Äußerlich angewandt sei das gestoßene Kraut oder der Saft gut für frische und alte Wunden. „Er würde auch aufgelegt auf Nachtblattern, Rose, Rotlauf und Räudegeschwüren“, diene auch zum „Brechen der Karfunkel“ (Plinius, Dioscurides und Galen). In der Tat hat es kaum eine Krankheit oder ein Gebrechen gegeben, denen man nicht mit Kohlkräutern begegnet ist, bis ins späte Mittelalter hinein.

Wenn man indessen den Versuch macht, die Angaben der alten Autoren mit unseren heutigen Kenntnissen zu vereinbaren, so darf man nicht vergessen, daß das, was damals als Kohl bezeichnet wurde, botanisch und daher auch chemisch gesehen, etwas ganz anderes war als unser heutiger Weißkohl, der vielfach umgezüchtet worden ist. So erwähnt schon Galen, daß die vis desiccandi nicht allen Kohlarten gleichmäßig zukommt, und als besonders auffallendes Zeichen sei angeführt, daß bei der Züchtung des weißen Kopfkohls der Vitamin A-Gehalt fast völlig verloren gegangen ist.

Ein ähnliches Beispiel führt Forst auch für den grünen Salat an, der von den alten Ärzten wegen seiner schlafmachenden Wirkung verordnet wurde, was uns heute verständlich ist — weil offensichtlich noch eine nahe botanische und chemische Verwandtschaft zum wilden Salat, *Lactuca virosa*, bestand, dessen Inhaltsstoff, Lactucin bzw. Lactucopikrin, narkotisch wirkt, während unser heutiger Kopfsalat bekanntlich in dieser Hinsicht wirkungslos ist.

Die Verbreitung des Kohls erfolgte erst nach den Wanderungen der Indogermanen, die kein Wort für die Pflanze besitzen. Auch in den steinzeitlichen Siedlungen des Nordens fehlt der Kohl als Gartenpflanze noch völlig. Nichts hindert uns anzunehmen, daß die Kultur der meisten Kohlarten ursprünglich aus der Mittelmeergegend stammt (E. Schieman⁷⁶). Dort wird *Brassica silvestris*, die wildwachsende

Pflanze, die an den steinigen Küsten Westeuropas sowohl des Atlantiks wie des Mittelmeers heimisch ist, z. B. in der Gegend von Nizza, Genua, Lucca, gefunden. Es ist fraglich, ob diese wildwachsende Art früher vielleicht weiter verbreitet war; denn möglicherweise sind die wildwachsenden Kohlpflanzen des Nordens (z. B. auf Helgoland und in der Gegend des Ärmelkanals) durch Versämung von Kulturpflanzen entstanden. Nach dem Zeugnis de Candolles⁷⁾ unterschied Theophrast 3 Arten, Plinius 6, Tournefort etwa 20 und de Candolles selber mehr als 30 Varietäten.

Die Wanderungen des Gartenkohls durch die Länder werden deutlich durch die ursprünglich keltischen Namen, die mitwandern (J. Hoops³⁷⁾).

Römisch:	Brassica oder Caulis
Altfranzösisch:	Caul, caulet, bresich, cabres
Französisch:	Choux
Bretanisch:	Kaol oder Col
Altdeutsch:	Choli
Holländisch:	Kaal, Moeskaal
Angelsächsisch:	Caul, cavel
Irish:	Cal
Altnorwegisch:	Käl
Dänisch:	Kaal, Haugekaal
Isländisch:	Kal
Schwedisch:	Kal
Finnisch:	Kaali
Spanisch:	Col, berza
Portugiesisch:	couve, verca

Aber nicht nur der Name wandert mit, sondern auch seine volkstümliche Verwendung als Heilmittel, sogar mit dem Kohl in der Antike verbundene abergläubische Gebräuche und Volkssitten (M. Höfler³⁶⁾), und vieles davon ist später im Volke auf das Sauerkraut übertragen worden. Daneben gibt es indessen auch noch andere Sprachwurzeln für Kohl, und zwar solche der Slawen, der Griechen, der Basken, der Zigeuner, der Chinesen. Offensichtlich haben wir hier eine uralte und weitverbreitete Sammelpflanze vor uns.

Nach dem Capitulare de villis Karls des Großen (812) mußte der Kohl auf den kaiserlichen Landgütern gebaut werden. Von dort her und von den Klöstergärten aus wurde er

über das Land verbreitet und war wohl frühzeitig in jedem deutschen Hausgarten zu finden. Kraut und Rüben waren Jahrhunderte lang die wichtigsten Gemüse für weiteste Kreise des deutschen Volkes.

Die Kohlpflanze besitzt die merkwürdige Eigenschaft, die Nährstoffe bald mehr in den Blättern, bald mehr in Stengel und Wurzeln, bald mehr in den Samen aufzuspeichern, während der Grundbau von Blüte und Frucht derselbe oder nahezu derselbe ist (S c h m e i l - S e y b o l d ⁷⁷). Schon D a r w i n bemerkte, daß diese letzteren Teile der Zuchtwahl nicht unterworfen sind. Wir wissen nicht, wann diese verschiedenartige Verteilung der Nährstoffe so auffallend wurde, daß man mit L i n n é von den 4 Arten Brassica oleracea, campestris, rapa und napus hätte sprechen können. Wir wissen ebensowenig, wann und wo aus der Brassica oleracea diejenige Kohlsorte entstanden ist, die wir als weißen Kohlkopf, Brassica capitata alba, bezeichnen. Möglicherweise leitet sie sich her von den Lacuturischen Kohlrassen des P l i n i u s.

Der Name Kappes findet sich zum ersten Male in der Physica der H e i l. H i l d e g a r d (I. Hälfte des 12. Jahrhunderts). Wir finden ihn weiter erwähnt im Kräuterbuch von W. F u c h s (Basel 1543) und beschrieben in dem von T a b e r n a e m o n t a n u s (Frankfurt 1591), und zwar mit den folgenden Worten: „Der Kappes hat runzlechte, große Blätter / und schleusst sich alwegen eines über das ander in einer Runde / werden zulezt in der Mitte zu einem Haupt, daher es auch den Namen hat / von seinem runden Haupt so in der Mitten liegt.“ Wir lesen weiter in der Deutschen Speiskammer von C a r r i c h t e r 1631: „Gegen den Herbst seind die Köhl und weissen Kappeshäupter in allen Landen zu finden.“ Er ist wohl an den verschiedensten Stellen gezüchtet worden, wie wir ja auch verschiedene Untersorten kennen, die r u n d k ö p f i g e n , wie Frühe Dithmarscher, Westfalia, Ruhm von Enkhuizen, die s p i t z k ö p f i g e n , wie Winnigstadter, Ochsenherz, Expreß, Etampes, Filderkraut, die p l a t t r u n d e n , wie Braunschweiger, der sich besonders gut für Sauerkraut eignet, Amager, Dänischer Winterkohl u. a. (B e c k e r - D i l l i n g e n ¹).

Wir geben nunmehr die wichtigsten Bezeichnungen für *Brassica capitata alba*:

Deutsch: Weißer Kopfkohl, Hauptkraut, Heppeskraut, Kappes- oder Kabiskkraut, Häppelkraut oder schlechtweg „der Kohl“ oder „das Kraut“. Die lockeren Köpfe werden auch „Schalke“ genannt.

Holländisch: Witte Sluitkohl, Kabuyskool, Witte Kool. Dänisch: Hvitkal, Hufvudkal. Englisch: White cabbage. Französisch: Le chou cabu oder chou pommé blanc. Italienisch: Cappuccio bianco. Russisch: Katschana-*naja* Kapusta. Polnisch: Kapusta glowiesta. Ungarisch: Gejes Kaposta.

In Deutschland spricht man noch von Früh- und von Herbstkohl. Den ersteren pflegte man früher vorzugsweise Cappeskraut zu nennen, welcher Name an das italienische Cappuccio oder das französische Cabu erinnert, und dieses diente vorzugsweise zur Herstellung von Sauerkraut. Heute wird mehr der Herbstkohl dazu benutzt, da die Haltbarkeit des aus Frühkohl hergestellten Sauerkrautes weniger gut ist; besonders geschätzt sind Sorten, die große, feste, weiße Köpfe mit feinen Rippen liefern.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Weißkohls ergibt sich am besten aus dem Ausmaß der damit bebauten Feldflächen. In Deutschland waren im Jahre 1934 rund 40 000 ha mit Weißkohl bebaut⁷⁸⁾, ungerechnet den gartenmäßigen Anbau, in der Tschechoslowakei 22 000, in Ungarn 5000 ha. In letzterem Lande wurde der Weißkohl außerdem noch als Zwischenfrucht gebaut, und zwar auf der riesigen Fläche von rund 24 000 ha.

2. Über Sauerkraut und ähnliche Gärerzeugnisse

In einem bekannten Gedicht gibt Ludwig Uhland an, das Sauerkraut sei von einem Deutschen erfunden. Das ist ein Irrtum. Die Kunst des Einlegens von Sauerkraut geht vielmehr auf römischen Einfluß zurück. P l i n i u s berichtet von einem Verfahren, um grünen Kohl auf langen Seereisen frisch zu erhalten. Hierzu wurde eine Kohlart benutzt, die er als Salzkohl bezeichnet, und die in den Küstengegenden vorkommt. Dieser wurde abgeschnitten und — ohne den Boden noch einmal zu berühren — tat man ihn in vorher ausge-

trocknete Ölkrüge, die dann verstopft wurden, um den Zutritt von Luft zu verhindern (Plinius XIX, 4). Hierbei tritt nach unseren heutigen Kenntnissen eine milchsaure Gärung ein.

Es gab zur gleichen Zeit noch ein zweites Verfahren: Mit dem Worte *Compositus* nämlich wurde nach M. H e y n e ³³⁾ ursprünglich das Einlegen von Oliven in Salzlake bezeichnet, wahrscheinlich unter Zutat von Gewürzen, von welcher Komposition sich wohl der Name herleitet. Aber schon Plinius gibt das gleiche Verfahren für die jungen Triebe der Hauhechel und sein Zeitgenosse *Dioscurides*, später *Columnella*, auch für die Kohlblätter an. Auch eingeschnittene Rüben sind damals schon nach dem gleichen Verfahren konserviert worden (*Becker-Dillingen*¹⁾). Das Wort *Compositus* wurde dann zu Kumpost entstellt, und unter diesem Namen hatte sich das Sauerkraut schon im 11. Jahrhundert in Deutschland eingebürgert. Die Bezeichnung „surkrut“ ist sehr viel später entstanden (H e y n e ³³⁾). Man pflegte das zerschnittene, gehobelte oder feingestampfte Kraut unter Zusatz von Salz, Wacholderbeeren, Kümmel, Dill, Weinblättern oder ähnlichem in Holzfässern einzulegen, die nach Berichten aus dem 13. Jahrhundert im Keller jeder Haushaltung vorhanden waren (M. H e y n e ³³⁾). In Sachsen und Franken wurden die lockeren Köpfe auch vorher im ganzen abgekocht und dann in solche Mischungen eingelegt. Man sprach dann von Kumpskraut oder Kompes. In der Ostmark wurde frühzeitig das Sauerkraut auch im großen dargestellt. Aus alten Dokumenten vom Ende des 15. Jahrhunderts (*Banntaiding zu Gutenstein*) ergibt sich, daß dort bestimmte Bürger verpflichtet waren, das Kraut zu setzen und zu ernten, und andere wiederum mußten das Kraut zu dem Krautkessel fahren und weiter zu den Krautgruben.

Wie das im einzelnen geschah, ergibt sich aus späteren Berichten (*Verhandlungen der K. und K. Landwirtschaft in Steiermark 6, 1834, S. 254*):

„Der Kopfkohlacker wird den Sommer über zwei auch drey-mal behackt, und die gelben Blätter zum Futter abgenommen. Ende Oktober beginnt die Kopfkohlfechsung, die gewöhnlich zwei drittheile der ausgesetzten Pflanzen beträgt. Man erhält

demnach von Joch 350 bis 400 Zentner Kopfkraut, welches in sogenannten Krautgruben aufbewahrt wird. Die Krautköpfe werden sonach zerschnitten, mit heißem Wasser abgebrüht, ungesalzen in Gruben von 9 Schuh tiefe und 4 Schuh breite, die mit larchenen Bohlen ausgetäfelt, eingelegt und mit Steinen geschwert, wo sich dieses Grubenkraut bis in's Frühjahr hält.“

In der älteren wissenschaftlichen Literatur wird das Sauerkraut, Sauerkohl, Zettelkraut, Kompostkraut, scherzhaft auch Saukraut, als *Brassica capitata muriatica vel composita vel muria condita* bezeichnet. Mittellateinische Ausdrücke sind auch *Caulistrum vel lapastes*.

Die Bedeutung des Sauerkrautes im wirtschaftlichen Leben des deutschen Mittelalters wird beleuchtet durch einen reichen uns überlieferten Wortschatz: Im Archiv des deutschen Rechtswörterbuch finden sich u. a. Ausdrücke wie Krautzehnd, Krautallmende, Krautsiedhäuser neben Krautdieben und Krauthütern.

Besonders aufschlußreich und vielfarbig äußert sich die schwäbische Mundart¹⁹⁾: Dort spricht man vom Krautjunker, Krauthacker, Krauthobler und vom Krutt-eiträppler. Diese Worte allein wirken wie ein lebendiges Bild und umschließen — mit den vielen zugehörigen Sprichwörtern — ein nicht unwesentliches Kapitel der schwäbischen Sittengeschichte. (Gemäß Besprechung mit E. von K ü n s s b e r g).

Für den Volkskundler aufschlußreich ist auch das geschnitzte Bildwerk des Sauerkrauteinschneiders am mittelalterlichen Rathaus von Büttelborn (gebaut im Jahre 1582).

Der Vollständigkeit halber muß erwähnt werden, daß die milchsaure Vergärung von Kohl sicher auch außerhalb des römischen Kultureinflusses geübt worden ist, z. B. bei den Tataren und wahrscheinlich bei den Chinesen. Schon rein methodisch sind ja nahe Beziehungen sichtbar zu der seit Urzeiten geübten und beliebten Bereitung von Rauschgetränken.

Aber auch für andere Pflanzen und Früchte sind an den verschiedenen Stellen der Welt ähnliche Verfahren entwickelt worden, ja, es ist mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß es sich hier um ein ursprüngliches Verfahren aus der Sammlerzeit des primitiven Menschen handelt.

Vielleicht hat die Natur selber dem Menschen dieses Geschenk dargeboten; denn man braucht krautartige Pflanzen

nur auf einen Haufen zu werfen und fest zu pressen, um ein durchaus brauchbares Gärerzeugnis zu erhalten, ein Verfahren, das noch heute an einzelnen Orten in Gebrauch ist, und von dem aus nur ein kleiner Schritt ist zum Anlegen einer Gär-



Abb. 1. Über dem Büttelborner Bäuerlein an der Sauerkrautbüt findet sich der Spruch: „Im Ried zu Büttelborn — da gibt's gut Hafer und Korn — doch das best was man baut — ist's Büttelborner Sauerkraut.“

grube. Das ganze Schicksal des Menschen konnte ja davon abhängen, ob er diesen Fingerzeig beachtete. Vielleicht fand er Gefallen an der Einfachheit der Methode, die es ihm erlaubte, für Zeiten der Not einen Dauerproviant herzustellen; der Ge-

schmack mochte ihn anziehen, wie heute noch die Kinder vom rohen Sauerkraut angelockt werden; die Nützlichkeit des Vorganges war ja augenscheinlich.

Es kam noch eine zweite wesentliche Triebfeder hinzu: Es fehlte damals nahezu alles, was heute in unseren üppig prangenden Gärten und Feldern für des Leibes Notdurft erzeugt wird, abgesehen von etwas Kern- und Beerenobst. So waren die Vorväter angewiesen auf pflanzliche Nahrungsmittel, die wir heute zum Viehfutter rechnen würden, neben Wildgrasamen und nährstoffreichen Wurzeln besonders auf die verschiedenen krautartigen Pflanzen. Vielleicht mußten sie sich auch — wie z. B. in Ostpreußen in Notzeiten noch im vorigen Jahrhundert Lindenblätter als „Kohl“ gegessen worden sind —, gelegentlich mit dem Laub bestimmter Bäume begnügen. Nach Beobachtungen an heute noch lebenden Sammlervölkern zu schließen, waren unter dem Eingesammelten auch gerbstoff- und sogar gifthaltige Pflanzenteile, die nicht ohne Vorbehandlung für den Menschen genießbar sind; denn je kümmerlicher und armseliger diese Gaben der Natur, um so mehr war es nötig, solche besonderen, zweckentsprechenden Zubereitungsverfahren anzuwenden, und darin waren die Naturmenschen offenbar recht erfinderisch.

Die Urbewohner von Australien lebten noch in der Sammlerperiode, als die Europäer zum ersten Male den Boden des Kontinents betraten; sie kannten keine Kulturpflanzen, wohl aber bereits neben anderen Verfahren der Vorbehandlung auch kompliziertere Gärmethoden (E. H a h n ²⁹). Gruben, die sich nach Anlage und Umfang zum Vergären krautartiger Gewächse eignen, sind in vielen Teilen Europas bereits aus der Bronzezeit erhalten. Etwa vor 4000 Jahren lebte in Griechenland ein Volksstamm, der im Innern der Wohnhäuser, oder in deren nächster Nähe, eine Anzahl kleinerer und größerer Gruben zu bauen pflegte, die gewöhnlich mit Lehm ausgekleidet waren, oft auch Spuren einer Austrocknung durch Feuer trugen. Solche Gruben werden von der Altertumswissenschaft als Bothroi bezeichnet und sind zum Teil von ganz ähnlicher Bauart wie die Getreidegruben der späteren Zeit. Die nächstliegende Erklärung ist, daß sie für die Auf-

bewahrung von Nahrungsmitteln bestimmt waren (Hutchinson³⁸). Die meisten zeigen keine Spuren des ursprünglichen Inhalts. Man muß daher schon an Nahrungsmittel denken, die leicht und restlos vermodern, vor allem an solche, die sich nur bei Abschluß von der Luft konservieren lassen. Das aber trifft für die krautartigen Gewächse zu. Die meisten dieser Bothroi sind daher meines Erachtens als Gärgruben zu betrachten, die man später, als sie wegen des fortschreitenden Ackerbaus oder des aufblühenden Handels wertlos wurden, anderen Zwecken zuführte, die man besonders auch als Abfall- und Aschegruben benutzte, bis das gefährliche Erdloch wieder aufgefüllt war. Nach diesen Gruben wird eine bestimmte Spanne der Bronzezeit bezeichnet (Bothroi-Periode). Nach der griechischen Sage war es erst der erfindungsreiche Pelagos, der die Menschen veranlaßte, sich des Genusses der grünen Blätter, Kräuter und Wurzeln zu enthalten (Pausanias).

Als das älteste Beispiel im Bereich des germanischen Lebensraumes — wie ein Denkmal, das aus der Vorzeit zu uns herübergelange — hat die Darstellung von Gärfutter aus Alpenampfer (*Rumex alpinus*) zu gelten. Diese uralte Sammel-pflanze, die in den Alpenländern, besonders in der nächsten Nachbarschaft von Siedlungen, wild gedeiht, dabei reiche Ernten liefert, auch in sogenannten Blaktengärten gezogen wird, ist ursprünglich wohl in rohem Zustande vergoren worden. In späterer Zeit aber pflegte man das Kraut vorher kurz abzukochen. In Gruben oder sogenannten Maßhüsli eingestampft, bildete es allmählich eine käseartige feste Masse, aus der man im Winter mit Hilfe eines besonderen Messers kleine Fladen herausbrach und nach Anrühren mit warmem Wasser an Schweine, in bestimmten Gegenden auch an Hornvieh verfütterte (Abb. 2 und 3). Bemerkenswerterweise wird dieses „Maß“ durch besondere Zutaten noch gewürzt, so durch die jungen Stengel und Blätter von *Cirsium spinosissimum*, einer Distelart, von *Chenopodium bonus henricus* (Guter Heinrich) oder durch Minzerten, was für ein einfaches Schweinefutter nicht ganz begreiflich wäre. Dieser Befund und viele andere mehr sprechen dafür, daß das spätere Schweinefutter ur-

sprünglich ein wichtiges Nahrungsmittel der Alpenbewohner selbst darstellte, in einer Zeit nämlich, da die heute gebräuch-lichen Nutzpflanzen noch nicht in jene Gegenden vorgedrungen



Abb. 2. Blacktensüdi in Inner-Arosa. Links: Blacktenbündel, Herd, Blacktensiegi mit abtropfendem Maß; rechts: Maßhus mit Gabel und Keule. Nach einer Photographie von Masarey
Aus Brockmann-Gerosch



Abb. 3. Blacktensüdi im Prättigau. Links Herd mit Blacktenschessi, dann Blacktensiegi mit Maß und Maßgrube, meist in der Erde, mit Steinplatten ausgekleidet. Rechts Brunnen. Nach einer Zeichnung von M. Weber
Aus Brockmann-Gerosch

waren. Für Hungersnöte ist das noch aus dem letzten Jahrhundert bezeugt (Brockmann-Gerosch⁶⁾). Auch der Feldahorn (Maßholder) mag in alten Zeiten eine ähnliche Bedeutung gehabt haben. Im Osten unseres Vaterlandes sind in

Notzeiten auch die Blätter von Gersch oder Gerse, Aegopodium Podagraria, der Rübe, Beta vulgaris, und sogar das nicht ungiftige Kartoffelkraut als „Kohl“ gekocht worden (E. Lemke), wobei der eine oder andere auch das Sauerkrautverfahren darauf angewandt haben mag. Wie vielseitig auch noch in der Neuzeit die milchsäure Gärung verwertet wird, lehrt uns ein Blick in die Welt.

Meister in der Herstellung von allerlei gesäuerten Nahrungsmitteln sind die Russen und Polen (Henneberg³¹). Neben dem Weißkohl werden dort z. B. Wassermelonen, Tomaten, Birnen und Äpfel gesäuert. Bei der Sauerkohlbereitung arbeiten die Russen mit Zusätzen von unzerschnittenen und ungeschälten Birnen und Äpfeln, Möhren und Zitronenscheiben, Preiselbeeren und Kümmel, gekochten roten Rüben, Kardamom und Muskatblüten. Man läßt dort bei höherer Temperatur angären; damit das reichlich sich bildende Gas entweichen kann, wird täglich ein oder mehrere Male ein Stab bis auf den Grund in die Masse hineingestoßen. Wenn die Gärung beendet und dadurch der bittere Geschmack verschwunden ist, werden die Fässer in den Keller gebracht, und jetzt erst werden die Kohlmassen mit Deckel und Steinen beschwert. Nach 7 bis 12 Tagen ist dieses Sauerkraut (Schtschikraut) fertig. Aus ihm wird durch Zusatz von Fett u. a. die Schtschisuppe hergestellt (Henneberg³¹).

Nordenskiöld⁶²) berichtet von den Tschukschen, sie seien in der Auswahl der Pflanzen nicht sehr wählerisch gewesen, hätten vor allem darauf gesehen, daß die Blätter grün und saftig und ohne scharfen Geschmack seien. Davon legten sie auch ihren Wintervorrat an. Zu diesem Zwecke wurden die Wurzeln einfach in einer Ecke des Außenzeltes gelagert. Die übrigen Vegetabilien aber wurden fest in Säcke aus Seehundsfell gestopft und machten hier einen Gärungsprozeß durch. Jede Art wurde möglichst für sich behandelt. Auch der Mageninhalt der getöteten Rentiere wurde so für den Winter aufbewahrt. Nordenskiöld selber aß zum Frühstück eine Art Sauerkohl aus gegorenen Salixblättern. Andererseits wurden von den Tschukschen auch Mischsilagen

angelegt, so das Sauerkraut Giut-Giut, bestehend aus *Oxyria digyna*, *Petasites frigidus*, *Saxifraga punctata*, *Salix bogandensis* und *Cinerea palustris* (K j e l l m a n n ⁶).

Die K o r ä k e n ⁶⁵), die südlichen Nachbarn der Tschuk-schen, benutzten die gleiche Methode der Seehundssäcke auch, um Fischrogen zu konservieren, der unter diesen Umständen ebenfalls einen Säuerungsprozeß durchmacht. Auch Fische ließen sie versäuern, die aber gewöhnlich in Gruben eingelegt wurden, was übrigens heute noch im ganzen Norden geübt wird. Eine Forellenart, die in N o r w e g e n auf diese Weise gesäuert wird (Rakörret genannt), gilt als besondere Delikatesse. Es sei erwähnt, daß wir aus derart gesäuerten Fischen das gleiche Milchsäurebakterium isolieren konnten, das sich auch im Sauerkraut vorfindet. In N o r d s c h w e d e n spielt der Gärströmling (Surströmming) eine ähnliche Rolle. In den gesamten nordischen Gebieten unseres Kontinents wurde früher auch der Nierenampfer (*Oxyria reniformis*) gesammelt, gekocht, in kleinen hölzernen Fässern oder in Gefäßen aus Birkenrinde eingestampft und später unter Zutat von Mehl zu dünnen Broten ausgebacken.

In der g r ö n l ä n d i s c h e n Literatur habe ich vergebens nach der Anwendung von Säuerungsverfahren gesucht. Man sollte glauben, daß der Eskimo in der kurzen Zeit der Vegetation für den langen Winter besonders gut vorsorgen würde. Weite Flächen sind ja im Sommer vom Grün der berühmten Skorbutpflanzen, von *Cochlearia*, *Archangelica* und *Beccabunga* bedeckt, und diese werden auch gesammelt. Man findet darüber eine einzige Bemerkung in der Skorbutmonographie von L i n d ⁴⁹), daß man nämlich die *Cochlearia* nach einem ähnlichen Verfahren einmachen könne wie das Sauerkraut, und daß sie dann vollkommen frisch und noch grün sei.

Von T a h i t i wird berichtet, daß man dort früher die Früchte des Brotbaumes durch Säuerung zu konservieren pflegte. Zu diesem Zweck pflückt man sie vor der völligen Reife und beschleunigt diese dadurch, daß man sie haufenweise aufschüttet und sich innerlich erhitzen läßt. In diesem Zustande schneidet man den Fruchtboden und die Rinde weg, füllt mit dem Fruchtfleisch eine tiefe, gepflasterte Grube, be-

deckt mit Blättern und beschwert das Ganze mit Steinen. Der Vorrat geht dann rasch in saure Gärung über.

Der Teig, der auf solche Weise entsteht, ist vollkommen durchgesäuert und schmeckt wie der schwarze westfälische Pumpernickel. Aus dem Vorrat in der Grube nimmt man täglich faustgroße Klumpen, hüllt sie in Blätter und bakt sie auf erhitzten Steinen. Sie halten sich dann einige Wochen lang und sind besonders auch auf Reisen über See der gewöhnliche Proviant.

Auf diese Weise lebte früher die Bevölkerung das ganze Jahr hindurch fast ausschließlich von den Früchten des Brotbaumes, und zwar 7 bis 8 Monate lang von den frischen Früchten und die übrige Zeit von den obigen Konserven (H. F o r s t e r ²³). Dabei war es ein Volk von großem und edlem Wuchs, erfinderisch und künstlerisch veranlagt, gleichzeitig große Krieger und mit einer eigentümlichen Empfindsamkeit und Anmut begabt, durch die alle Besucher bezaubert wurden. Sie waren bis ins hohe Alter fast ohne Gebrechen. Naturwissenschaftlich gesehen besagt dieses Völkerexperiment, daß solche milchsauer vergorenen Nahrungsstoffe einer vollendeten Entfaltung aller körperlichen und geistigen Anlagen nicht entgegenwirken, wie es ja leider bei unseren europäischen Ernährungssitten so häufig der Fall ist.

Besonders findig sind auch die J a p a n e r gewesen, um aus der Sojabohne durch Vergärung besser verdauliche und schmackhafte Nahrungsmittel herzustellen, wie z. B. das dort in den weitesten Kreisen verbreitete „Miso“. Dieses entsteht durch Mischung der leicht angekochten Sojabohne mit fermentiertem Reis, die man zusammen unter Zusatz von Salz und Wasser vergären läßt. Das säuerliche Produkt ist so weitgehend aufgeschlossen, daß es fast restlos verdaut wird (L i - Y u - Y i n g ⁵²). Aber eine ganze Reihe weiterer Gärprodukte wird aus der Sojabohne gewonnen: so stellt man durch Verreiben mit Wasser eine Sojamilch dar, die durch Einwirken von Milchsäurebakterien (Kefir, Yoghurt) in wertvolle diätetische Nahrungsmittel verwandelt wird. Auch die verschiedensten Käsearten — Tofu, Kori Tofu u. a. — werden so gewonnen.

In B u r m a gibt es Volksstämme, die aus den Blättern des Teestrauches ein Sauerkraut bereiten, das sie zum Reis essen.

Mein hochgeschätzter Freund, Dr. P a k , machte mir die Mitteilung, daß auch in seinem Heimatlande, in K o r e a , ein milchsauer vergorenes Gericht als Nationalspeise betrachtet wird. Diese wird folgendermaßen angesetzt:

Koreanische Nationalspeise

Der ganze Weißkohlkopf von *Brassica chinensis* (Pak-choi) oder von *Brassica pekinensis* (Petsai) wird eingeweicht, indem man ihn 24 Stunden in Salzwasser legt. 20 Pfund Kohl erfordern 5 Liter Wasser mit einem Gehalt von 1½ Pfund Tafelsalz. Nach 1 Tag wird der Kohl herausgenommen, mit Wasser gewaschen und das Wasser entfernt. Jetzt wird die folgende Mischung zwischen die einzelnen Blätter getan:

M i s c h u n g : Mangold, Äpfel, Birnen, Gurke, roter oder grüner Pfeffer, Zwiebel und Sellerie werden gut zerkleinert und gut gemischt; zu der Mischung kann auch gesalzener Fisch getan werden.

G e s a l z e n e r F i s c h : Der Fisch wird gesalzen und in gesalzenem Zustande ½ Jahr lang im Faß gehalten. Das Verhältnis der obigen Mischung mit oder ohne Salzfish kann je nach dem Geschmack verändert werden.

Der so präparierte Kohl wird nun in ein Faß getan und mit der folgenden Flüssigkeit übergossen, so daß der gesamte Kohl bedeckt ist:

F l ü s s i g k e i t : Fischlake wird mit Wasser verdünnt. Das Faß wird bedeckt, wie bei Sauerkohl, und wird 5 bis 10 Tage bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Der Geschmack dieser Pickels soll weder salzig noch sauer sein. Wenn er sauer wird, muß das Faß sofort in einen kühlen Keller gebracht werden. Dieser Kohl sieht aus wie frischer Kohl.

Direktor D e r s i p h von der Konservenfabrik Helvetia in Großgerau hat uns nach diesem Verfahren eine Probe angesetzt. Als während der Gärung ein fremdartiger Geruch eintrat, hielt man die Speise für verdorben. Nach dem Kochen indessen war jeder von uns ganz überrascht von dem köstlichen und gleichzeitig erfrischenden Geschmack, der durchaus nichts fremdartiges für uns hatte. Es wäre empfehlenswert, wenn man von jener Vorschrift Gebrauch machen würde, um die Erzeugnisse unserer Heimaterde besser auszunutzen.

Auch in unserem eigenen Volke haben sich milchsauer vergorene Gemüse eine weite Verbreitung verschafft, in erster Linie natürlich — um mit Ludwig Uhland zu sprechen — unser edles Sauerkraut, das sich nun schon seit vielen Jahr-

hundertern der gleichen Hochschätzung erfreut. Daneben haben eingesäuerte Bohnen, besonders im Westen unseres Vaterlandes, eine große wirtschaftliche Bedeutung und werden auch fabrikmäßig zu den bekannten Präserven verarbeitet. Auch Salzgurken und eingesäuerte Rübenschnitzel finden ihre Liebhaber. Die letzteren wurden früher auch als „Rabkraut“ bezeichnet (G r i m m s Wörterbuch).

So werden auch die vielen Versuche verständlich, das Verfahren der milchsäuren Gärung auf andere Gemüse auszuweiten, in der Hoffnung, dadurch weitere, billige, schmackhafte, bekömmliche und gesundheitlich wertvolle Nahrungsmittel herzustellen, die als Dauerproviant geeignet sind.

Von dem großen Schiffsarzt L i n d ⁴⁹⁾ wurde außer den Blättern des gewöhnlichen Gartenkohls auch der Lauch (Porée) mit Salz eingemacht. Als L i n d nach 3 bis 12 Monaten das Gemüse herausnahm, es 10 Minuten in kaltes Wasser legte und dann wie gewöhnlich kochen ließ, zeigt es sich, daß das Grün und die Zartheit der Kohlblätter, sowie der eigentliche Lauchgeschmack vollständig erhalten geblieben waren.

Während des Weltkrieges hat man in Deutschland versucht, durch Zermahlen z. B. von Erbsen und Bohnen zusammen mit Wasser eine Pflanzenmilch darzustellen, die sich mit Yoghurtbakterien vergären und zu Quark und Käse verarbeiten ließ (F e l d t ¹⁸⁾).

Dieses ist — abgesehen von den H e n n e b e r g schen Arbeiten — das einzige Zeugnis aus jener großen Notzeit, daß man wohl auch an die Gärverfahren dachte, um die gefährliche Nahrungsknappheit zu überwinden. Der wahre Grund für die Nichtachtung dieser uralten Konservierungsmethode waren die revolutionären Entdeckungen der frühesten bakteriologischen Ära, die weiteste Kreise mit einer Art von Gespensterfurcht erfüllt hatten, so daß man hinter jedem bakteriellen Lebewesen etwas Arges vermutete.

So beschäftigte sich der 14. Internationale Kongreß für Hygiene in Berlin 1907 mit der Frage der Konservierung von Lebensmitteln und zählte in seinen Schlußsätzen die bewährten, unschädlichen Konservierungs-

verfahren auf, die durch lange Übung eingebürgert sind, wie die Anwendung der Kälte, der Erhitzung, der Wasserentziehung, der Anwendung von Kochsalz, Zucker, Essig und Holzrauch, während das älteste und in gesundheitlicher Hinsicht besonders wertvolle Verfahren, das der milchsäuren Gärung, in diesen Schlußsätzen überhaupt nicht erwähnt wird.

Heute läßt man den nützlichen Bakterien mehr Gerechtigkeit widerfahren, und wir selber haben gezeigt, daß sich Gemüse, wie Mangold und rote Beete, aber auch Tomaten, Möhren, Wirsing, Schwarzwurzel u. a., nach dem Verfahren der sogenannten Preßsaftsilage (Eichholtz und Brehm¹⁴) durch die sich bildende Milchsäure konservieren lassen, und ähnliche Verfahren hat später auch Reinhold-Pillnitz⁶⁷) entwickelt. So ist das Sauerkraut der Schrittmacher geworden für weitere Bemühungen, die zum Ziele haben, die Schätze unserer Heimat Erde zweckmäßiger zu verwenden.

Nebenher sei erwähnt, daß Milchsäure oder Milchsäurebakterien auch mit vielen anderen sonstigen Nahrungsmitteln und Getränken aufgenommen werden, so in Sauermilch der verschiedensten Art, in Bier, Kwaß, Tibi, im Käse, sogar im Brot.

3. Nahrung und Schicksal

Die Geschichte der Erzeugnisse des Erdbodens ist tief und innig in die Schicksale des Menschen verwebt (G. F o r s t e r), aber wenige unserer Nahrungsstoffe sind im Lichte der Geschichte so unmittelbar verbunden mit Großtaten des menschlichen Geistes, wie gerade das Sauerkraut.

Schildern wir zunächst den Hintergrund jener Ereignisse, die blitzartig für die ganze zivilisierte Welt die Schutz- und Heilkräfte deutlich machten, mit denen diese unsere nationale Speise ausgestattet ist.

Mit der Entdeckung von Amerika durch C h r i s t o p h C o l u m b u s (12. Oktober 1492), mit der Umschiffung des Kaps der guten Hoffnung durch V a s c o d a G a m a (1497), mit der Eroberung des Stillen Ozeans durch M a g e l h a e s (1520) begann das Zeitalter der langen Seereisen auf engen, mit Menschen überladenen Segelschiffen. Diese schwimmenden Festungen entbehrten noch jeder hygienischen Einrichtung.

Die Mannschaft zu solchen Unternehmungen pflegte man durch gewaltsame Entführung aus den Wirtshäusern oder aus Hospitälern und Invalidenheimen aufzusammeln. Der Proviant dieser Leute bestand hauptsächlich aus Pökelfleisch und Schiffszwieback (*crassus et nauticus victus*). Das Trinkwasser wurde auf den Reisen bald knapp, wurde stinkig und faulig und mußte in kleinen, ungenügenden Portionen ausgeteilt werden. Das Schlimmste aber war die Unberechenbarkeit der Elemente: oft waren diese Schiffe monatelang ein Spielball der Wellen und Winde. Die stagnierende Luft in dem hermetisch abgeschlossenen Schiffskörper, die schwere Arbeit an den Pumpen, die Verheerungen, die Sturm und Wetter in der Takelage anrichteten, die Unzuverlässigkeit der Seekarten und der astronomischen Ortsbestimmungen, der drohende Schiffbruch an unbekanntem Klippen und Küsten und vieles andere machte die gewaltigen Verluste solcher Entdeckungsfahrten erklärlich. Insbesondere aber war es der Skorbut, diese „Pest des Meeres“, der auf solchen langen Reisen regelmäßig auftrat. „Das Blut gefriert in den Adern vor Entsetzen“, sagt ein alter Schriftsteller, „wenn man die Geschichte dieser ersten langen Seereisen liest.“

Wir besitzen eine lebenswahre Schilderung dieser Verhältnisse in der „Reise um die Welt“ von *Ansom* 1740 bis 1743. Auf jener Reise trat der Skorbut zum ersten Male auf, als *Ansom* den Versuch machte, das Kap Horn zu umsegeln.

Das Zahnfleisch der Betroffenen wurde blutig und schwammig, die Zähne fingen an zu wackeln, fielen aus oder wurden gelb oder schwarz, die Beine schwellen an, wurden schwarz von Hautblutungen, bedeckten sich mit Geschwüren. Die Kranken verbreiteten einen kadaverösen Geruch. Die Gelenke versteiften sich, alte Narben brachen wieder auf, und längst verheilte Beinbrüche gingen wieder auseinander, „so daß es wie ganz frischer Bruch zu sein schien“. Die Kranken litten an schwerster Atemnot, und wenn sie sich nur im geringsten und nicht weiter als von einer Ecke des Schiffes nach der anderen bewegten, starben sie auf der Stelle.

Als der „Centurion“ auf Juan Fernandez ankam, hatte er 200 Tote, und das zweite Schiff des Geschwaders, der

„Glocester“, gar zwei Drittel seiner Besatzung über Bord geworfen.

Dessen ungeachtet besaßen viele dieser alten Seeleute eine durchaus richtige Einsicht in das Wesen dieser verheerenden Seuche. Der wichtigste Schutz gegen die Krankheit besteht ja in einem hochentwickelten Instinkt, der die Skorbutkranken zwingt, nach pflanzlichen Nahrungsmitteln zu suchen. Sogar in ihren Fieberträumen tauchen sie auf: „Souvent leur imagination échauffée, dans la douce illusion d'un songe, les transporte sur la terre, et leur fait goûter les plaisirs d'un repas tels qu'ils le souhaitent“ (L i n d). So waren bei diesen Fahrten wohl ähnliche Szenen recht häufig, wie sie J o h a n n D i e t z, Schiffsarzt der Walfänger, 1685 beschreibt: „Wir warfen die Anker und setzten die Schaluppen in's Meer. Das erste war, dass wir die Scharbockkranken an's Land brachten, welche wie das Vieh, zum Theil mit dem Maul das Schlath, welches eine Art Kraut fast wie Löffelkraut, von der Erde frassen und in drei Tagen gesund wurden.“

In der Tat war längst die antiskorbutische Wirkung der Cochlearia (Löffelkraut), der Beccabunga (Bachbunge), der Archangelica (Engelswurz) von Grönlandfahrern entdeckt worden. Französische Seeleute sahen bei den Eingeborenen Neufundlands, wie man die Krankheit durch Abkochungen aus Fichtensprossen heilte (C a r t i e r 1545). Später haben besonders schwedische Ärzte mit solchen Abkochungen gearbeitet, und Kapitän C o o k pflegte unter Zusatz von Malz ein Fichtennadelbier zu brauen. Holländische Seeleute haben wohl schon im 16. Jahrhundert die antiskorbutische Wirkung von Apfelsinen und Zitronen entdeckt, und diese erwiesen sich derart wirksam, daß der Schiffsarzt Gilbert Blane⁵⁾ 1790 schreiben konnte, daß „je 50 Zitronen einen Mann mehr auf der Flotte bedeuten“. 1739 erschien dann die Medicina castrensis von Johann Georg Heinrich Kramer⁴⁷⁾, einem hohen Militärarzt im Lager des Prinzen Eugen in Ungarn, in der zuerst vom Sauerkraut als einem Heilmittel gegen Skorbut die Rede ist. „Und eben daher ist laut sicherer Nachricht / das einzige Praeservativ vom Skorbut anheut zur See / dass alle Schiffe eine quantité Sauerkraut mitführen / und ihren Boots-

knechten wöchentlich ein paarmahlen austheilen lassen.“ Eine ähnliche Bemerkung, daß man das Sauerkraut häufig oder wenigstens zweimal die Woche den Seeleuten geben sollte, findet sich auch in seiner Dissertation über Skorbut, Nürnberg 1737⁴⁷⁾: „Eosdem nautas, — diu in mare circumvagantes, praecipue in zona torrida, — hodie ubique praeservari a Scorbuto, crebra aut saltem bina, per septimanam cibatione Brassicae muria conditae, vulgo ‚Sauerkraut‘ dictae.“ Auf diesen Autor bezieht sich dann der Schiffsarzt Lind⁴⁸⁾ (1750) und erwähnt dabei den Ausbruch des Skorbut auf der englischen Flotte, während die holländischen Seeleute, deren Schiffe im gleichen Verband fuhren, die aber wöchentlich zweimal Sauerkraut zu sich nahmen, völlig frei davon waren.

Es ist sicher kein Zufall, daß man gerade bei den großen Militärärzten und Schiffärzten jener Zeit ungewöhnlich klare Vorstellungen über die Wirksamkeit derartiger ärztlicher Maßnahmen findet. Diese Männer waren ja gewohnt, sich unter Kranken, Sterbenden und Toten zu bewegen, die in Massen Opfer der gleichen Krankheit waren, und die zudem wegen der Gleichförmigkeit der äußeren Lebensbedingungen auch gleichförmige Krankheitszeichen boten. Unter diesen Umständen aber mußte man Heilwirkungen besonders deutlich erkennen, und der Eifer, das Richtige zu finden, wurde sicher nicht vermindert dadurch, daß man selbst jederzeit in Gefahr stand, mit von der Krankheit ergriffen zu werden. Das trifft übrigens nicht nur für den Skorbut, sondern auch für viele andere Krankheiten zu. Aus den Debatten jener Zeit ergibt sich aber weiter, daß die medizinischen Fakultäten noch nicht die Kraft besaßen, sich von den Dogmen der Scholastik und von den Schatten der Vergangenheit freizumachen. Noch 150 Jahre später vertrat die medizinische Wissenschaft höchst abenteuerliche Theorien über die Entstehung und Heilung des Skorbut, denen erst durch das Tierexperiment ein Ende bereitet wurde.

Es blieb aber einem großen Entdeckungsreisenden, Kapitän Cook¹⁰⁾, vorbehalten, den Beweis für die Wirksamkeit des Sauerkrautes in so überzeugender Weise zu führen, daß auch die wissenschaftliche Welt nicht mehr daran vorübergehen konnte.

Als Sohn eines armen und kinderreichen Pächters geboren, wurde er bei einem Kohlenschiffer in die Lehre gegeben, fuhr viele Jahre als einfacher Matrose, war kurze Zeit auch als Schiffskoch tätig, beschäftigte sich nebenher mit dem Studium der Mathematik und Nautik und schwang sich dann empor zu einer fast beispiellosen Berühmtheit unter seinen Zeit-

genossen, obwohl er kein Prinz, kein Eroberer und kein Rebell war und nicht mit Feuer und Schwert gearbeitet hatte, wie Lichtenberg nach dem tragischen Tode Cooks ausführte. „Wie ein schöner Stern“, so schrieb sein deutscher Reisebegleiter Georg Forster²³⁾, „mußte dieser Mann aus dem großen Haufen seiner Zeitgenossen hervorgehen.“ Er gilt noch heute nach dem Urteil von Ruge als der erste große Schiffshygieniker. Ihm standen durchaus die Kenntnisse seiner Zeit zur Verfügung. Er kannte die Heilwirkung der grünen Pflanze. Er sah aber auch die Schwierigkeit, diese auf langen Reisen frisch zu halten und die Notwendigkeit, sie in konservierter Form mitzunehmen. Und so entschloß er sich zum Sauerkraut. Ein Kupferschmied, Heinrich Zimmermann aus Wiesloch in der Pfalz, der auf der Wanderschaft nach London kam und dort von der geplanten neuen Weltumsegelung hörte, wurde Seemann auf der „Resolution“ und beschreibt, wie die Deutschen den anderen die Zubereitung des Sauerkrautes beibrachten.

Sie nahmen 60 Tonnen voll aus England mit. „In der Überzeugung,“ so schreibt G. Forster, „daß das Sauerkraut durch seine Säure der Fäulnis kräftig widerstehen müsse, aß Cook täglich selbst und bewog seine Offiziere, das gleiche zu tun. Dem gemeinen Mann, der gleich anfangs seinen Abscheu dagegen zu erkennen gegeben hatte — es sei keine Speise, die man Menschen vorsetzen sollte —, stellte er frei, sich eine Portion zu holen oder nicht. Allmählich ließ sich nun einer nach dem anderen einfallen, was der Kapitän und die Offiziere täglich mit so viel Wohlgefallen genossen, könnte doch so schlimm nicht sein. Es wurden einige Portionen geholt, bald darauf noch mehrere und endlich war die Tonne leer. Bei der Eröffnung der zweiten fand sich jeder ein und verlangte seinen Anteil. Nach 27 Monaten war das Sauerkraut aufgezehrt, und vom Kapitän bis zum geringsten Matrosen bedauerte ein jeder den Mangel eines Gemüses, mit dessen Beihilfe man das Pökelfleisch hinunterschlucken konnte, ohne den faulen, halbverwesten Geschmack desselben so ganz wahrzunehmen. Ungefähr 14 Tage vor der Ankunft in England fand sich noch eine bis dahin übersehene Tonne, und diese enthielt so frisches und schmackhaftes Sauerkraut, daß verschiedene portugiesische Herren, die auf der Reede von Fayal an Bord kamen, nicht nur mit außerordentlichem Appetit davon aßen, sondern sich den im Faß gebliebenen Rest ausbaten, um ihre Freunde an Land damit zu bewirten.“

Damit aber hatte das Sauerkraut, diese unsere vaterländische Speise, seinen Siegeszug um die Welt beendet; es hatte den steten Wechsel des Klimas, die oft gewaltigen Schwankungen zwischen der Kälte der Polarkreise und der Hitze der Tropen und die dauernden Bewegungen des Schiffes gut überstanden und hatte im Hinblick auf antiskorbutische Wirkung, Haltbarkeit und Schmackhaftigkeit alle Forderungen erfüllt, die man billigerweise an eine solche Konserve stellen kann. Bei vielen der heutigen, fabrikmäßig hergestellten Konserven legt man einen weniger strengen Maßstab an. Selten ist ein naturwissenschaftliches Experiment unter ähnlich großartigen Versuchsbedingungen durchgeführt worden, als das dieses großen Weltumseglers. Auf einer Gesamtreise von 3 Jahren und 18 Tagen hatten die beiden Schiffe nicht mehr als vier Mann verloren, von denen drei zufälligerweise ums Leben gekommen und der vierte an einer Krankheit gestorben war, die ihn vermutlich, wäre er zu Hause geblieben, weit eher ins Grab gebracht hätte.

An diesen Erfolgen konnte auch die damalige Wissenschaft nicht vorübergehen, und sie verlieh dem Kapitän bei seiner Rückkehr die höchste Auszeichnung, die sie damals zu vergeben hatte, nämlich die große Copleysche Medaille, eine schwere, goldene Schaumünze, die zu Ehren des Inhabers jedesmal besonders geschlagen wurde, und die für die beste Abhandlung über einen philosophischen Gegenstand, für merkwürdige Versuche oder große nützliche Entdeckungen bestimmt war. Die nähere Begründung aber lautete, daß das von ihm erfundene und mit bestem Erfolg angewandte Mittel zur Erhaltung der Gesundheit der Schiffsmannschaft, das Sauerkraut nämlich, und die frische Infusion von Malz eine neue Epoche in der Schifffahrt einleitete, und daß künftige Geschlechter ihm einen Platz anweisen würden unter den Freunden und Wohltätern des menschlichen Geschlechtes.

Verfolgt man die Geschichte der Seefahrt in die nächsten Jahrzehnte nach C o o k , so trifft man das Sauerkraut überall auf dem Erdball. Es gehörte damals zur regelmäßigen Ausrüstung ganzer Kriegsflotten. Zur Deckung dieses Bedarfs wurde z. B. in England eine staatliche Sauerkraut-Manufaktur

gegründet. Alle späteren Entdeckungsreisenden nahmen Sauerkraut mit und berichten darüber. Bei der ersten Besiedlung Australiens spielt es nach dem Urteil der Beteiligten keine ganz geringe Rolle.

Im Wellengang der Geschichte geht dann auch die Hochschätzung für das Sauerkraut langsam wieder verloren. Man lernte schnellere Schiffe zu bauen, man lernte sie mit Dampfkraft zu bewegen. Die Schiffe wurden unabhängiger von den Elementen, und die Seereisen wurden kürzer. Damit verlor aber auch die Pest des Meeres, der Skorbut, seine furchtbare Gewalt, und damit zugleich schwand auch das Ansehen des Sauerkrautes in der großen Welt wieder dahin. Zu den mannigfachen Attributen des Deutschen, durch die er in den Augen des Auslandes zur komischen Figur wird, gehörte wieder, daß er ein Sauerkrautesser ist, nach Meinung dieser Menschen das auffallendste Zeichen einer höchst primitiven Kochkunst. In der Tat macht die Ausbreitung des Sauerkrautes vielerorts an den völkischen Grenzen halt.

Warum bringen wir diese geschichtlichen Erinnerungen? Mit dem Herunterreißen des Sauerkrautes soll bewußt oder unbewußt unser Volk selbst und seine Kultur getroffen werden. Wir aber wollen den fremden Nationen deutlich machen, wie töricht eine solche Haltung im Lichte ihrer eigenen vaterländischen Geschichte ist. Vielleicht erreichen sie dadurch auch etwas durchaus Unerwünschtes und Unerwartetes: daß nämlich jeder, der Sauerkraut ißt, sich mehr und mehr bewußt wird, daß er zu uns gehört.

Wir werden diese freundlichen Redensarten gern auf uns nehmen, denn wenn unser Volk weniger mit Ernährungsschäden, insbesondere mit Zahnverfall zu tun hat als andere Völker, so verdanken wir das mit dieser nationalsten Erscheinung unter unseren Nahrungsmitteln.

4. Geschichte der Silage

Die gleiche milchsaure Gärung, die sich im kleinen bei der Sauerkrautherstellung abspielt, wird im großen benutzt bei der Silage oder Einkühlung der Futtermittel, durch die das sogenannte „Gärfutter“ erzeugt wird. Auch in dieser Hinsicht

war sicher die Not der große Lehrmeister der Völker, wie noch heute, der Not zu wehren, unsere stärkste Triebkraft, unser Schicksal und unsere Ehre ist, und wie noch heute aus den armen Landschaften und aus den schwersten Jahren die größten Fortschritte entstehen. Der innere Drang des tätigen Menschen muß stärker werden, je weniger wert das Klima ist, in dem er lebt, und je dürrtiger der Boden der Heimat ist.

In vielen Fällen sind unzweifelhaft die für die menschliche Ernährung ausgearbeiteten Gärverfahren einfach auf die tierischen Futtermittel übertragen worden, oder man hat dasselbe Gärfutter an Mensch und Tier verabreicht. Insbesondere werden die alten Hirtenvölker versucht haben, aus den leicht einzusammelnden krautartigen Gewächsen, die zudem das Vieh geschwinder fett machten als bloßes Gras, ein geeignetes Sauerfutter zu gewinnen. Wie im Vorhergehenden dargestellt, hat die Natur selber für diesen Zweck das Gärverfahren besonders empfohlen.

Aus sprachlichen und botanischen Gründen ist der Ausdruck *belil chamis* in Jesaias 30, 24 als saures Mengfutter aus *Rumex*-arten zu übersetzen, so daß die Stelle lautet: „Die Ochsen und die Esel, die den Acker bearbeiten, werden Sauerfutter aus Ampfer fressen, das mit der Schaufel und der Gabel geworfelt ist“ (L. K ö h l e r ⁴⁵), wobei der letztere, sonst unverständliche Gedanke meines Erachtens auf die alkoholische Gärung hindeuten mag, die durch den reichlichen Zutritt der Luft schnell in Gang gesetzt wird, so daß das Futter einen weinartigen Geschmack erhält. Aus anderen biblischen Stellen geht hervor, daß man dort zur Sommerzeit in die Berge zog, um Kraut zu sammeln (Sprüche 27, 25), und die Altertumswissenschaft hat an Ort und Stelle auch die zugehörigen Gruben aufgedeckt.

Überall, wo das Verfahren einmal bekannt war, lag es nahe, es zu verwenden, wo die gewöhnlichen Trocknungsverfahren wegen der Witterung nicht durchführbar waren, oder bei Heuarten, die vom Vieh abgelehnt wurden. Man mag aber auch bei zu großer Ernte, die sonst auf den Misthaufen wanderte, dieses Verfahren versucht haben, oder bei drohender Verderbnis, wie bei erfrorenen und kranken Hackfrüchten, Zwiebel-

vorräten u. a., oder gar bei schon leicht verschimmelten grünen Futterpflanzen.

Aber noch durch einen weiteren Umstand ist die Silage der Futterpflanzen in Gang gesetzt worden:

In verschiedenen Gegenden Spaniens, Nordafrikas, Ungarns und Rußlands waren nämlich schon in früher Zeit Einrichtungen vorhanden, die man hauptsächlich für die Lagerung von Getreide benutzte. Es wurden dort einfache Höhlen in den Felsen gehauen oder Gruben ins Erdreich gegraben und mit Steinen oder — ähnlich den Mistgruben — auch mit festem Ton oder Lehm ausgekleidet, oder auch mit Feuer innen ausgetrocknet. In diese wurde das Getreide geschüttet, mit Stroh überlegt und dann mit einer Erdschicht bedeckt. Um einen vollständigen Abschluß von der Luft zu erreichen, ließ man auch die oberste Getreideschicht verderben, z. B. durch Aufstreuen von Kalk. Es bildete sich dann eine zähe, zusammenhängende Masse, die den Luftdurchtritt verhinderte und das darunterliegende Getreide vor dem Verderben schützte.

Das Wort Silo stammt jedenfalls vom spanischen „Sylos“, was zunächst ein bestimmtes Maß von Getreide und in erweiterter Bedeutung eine Getreidegrube bezeichnet, die dieses bestimmte Maß von Getreide enthielt (G. L u t h e r ⁵³). Möglicherweise hängt das Wort zusammen mit dem griechischen Worte Siros, womit man solche Getreidegruben in Thracien und Cappadocien bezeichnete (P l i n i u s XVIII, 30). Solche schon vorhandenen Gruben hat man sicher frühzeitig auch zur Lagerung von Futtermitteln benutzt.

So ist die eigentliche Erfindung der Gärgrube für Futterpflanzen ebenfalls im Dunkel der Vergangenheit verborgen, auch wohl an den verschiedensten Stellen und immer erneut gemacht worden. Auch in der deutschen Literatur findet man sehr früh solche Hinweise.

In der Zeit O. v o n M ü n c h h a u s e n s ⁵⁰) wurden im Norden unseres Vaterlandes mehr Rüben, im Süden mehr Kohlabfälle für Futterzwecke eingesäuert. Auch als Viehfutter bestimmte Sellerieblätter wurden so konserviert. In der S c h w e i z wurden neben dem Alpenampfer seit langem auch die Blätter des Huflattichs (Tussilago farfara) und der Brenn-

nessel (*Urtica dioica*) und wahrscheinlich auch der Pestwurz (*Petasites officinalis*) in Gruben und Fässern eingestampft. In der Umgegend von **L y o n** wurden die grünen Weinblätter seit unvordenklichen Zeiten einsiliert. Das Laub wurde dort mit etwas Wasser bespritzt, von Arbeitern festgetreten, dann mit Brettern und Steinen beschwert. Es bildete sich so ein vorzügliches Futter für Kühe und Ziegen, und man erzeugte damit einen ganz besonders berühmten Käse (*Fromage du mont Dore*). Auch Apfeltrester wurde dort in der gleichen Weise seit langem verwertet. Etwa seit 1855 wurden in **N o r d - f r a n k r e i c h** auch die Blätter der Futterrüben im großen vergoren. Im Schoße Württembergs hat das Verfahren dann zuerst seinen Apostel gefunden in der Person von **R e i h l e n**, der um das Jahr 1870 herum Mais und andere grüne Futtermittel in Gruben einsäuern ließ.

So war in der Tat der ganze materielle Inhalt dieses Verfahrens bekannt, und der eine oder andere Landwirt handelte auch danach. Es bedurfte dann allerdings eines Mannes, der dem Verfahren die nötige Sicherheit verschaffte. Dieses war **A u g u s t e G o f f a r t**, Direktor der Hochöfen von **Monceaux** bei Charleroy und gleichzeitig Besitzer der Domäne **Burtin** in der armen, häufig durch Mißwuchs bedrohten **Sologne**, dieser Wiege einer neuen Industrie, wie **G o f f a r t** sie nennt. „Der Eine“, sagt **A d o l f M a y e r**⁵⁷⁾ zu diesem wichtigen Schritt, „macht zu seiner Zeit die eigenthümliche Erfindung, aber sie schlummert und führt ihr Dasein in einem beschränkten Kreise. Ein anderer gibt hinzu — scheinbar nichts, das aber in Wahrheit die volle Hälfte ist, und das ich nennen möchte die **E n e r g i e d e r I d e e**, d. h. in Wirklichkeit den Überblick über die Tragweite der Methode, wodurch allein bekannt wird, wann und unter welchen Umständen sie Vorteile verspricht.“ Das heute übliche Verfahren: Festtreten der vorher gehäckselten Masse, wiederholte Nachfüllung der Grube, deren Inhalt in den ersten Tagen zusammensackt, das Abdecken mit trockenem Stroh und die gründliche Belastung des Deckels mit Steinen, Lehm oder Brennholz — **G o f f a r t** forderte 400 bis 500 kg für das Quadratmeter — stammt in seiner scharfen Fassung von diesem Landwirt, der 25 Jahre lang nach

der bestgeeigneten Methode gesucht und dann eine bis dahin unerhörte Ertragsfähigkeit seines Betriebes erzielt hatte. Den Weg, den er dabei gegangen ist, beschreibt G o f f a r t mit den folgenden Worten: „Alles studieren, alles verfolgen, alles vergleichen, immer in der Bresche stehen, das System zu verändern wissen, wenn man erkennt, dass man sich getäuscht hat.“ Und an einer anderen Stelle macht er die treffende Bemerkung, daß in Zukunft der Landwirt gleichzeitig ein Industrieller sein müßte, wie er selber denn auch diese beiden Berufe aufs glücklichste miteinander verbunden hat.

G o f f a r t hatte seine großen Erfolge hauptsächlich mit Mais erzielt, und so ist es verständlich, daß im Heimatlande der Maispflanze, in Nordamerika, das Verfahren zuerst aufgenommen wurde. Der Mais war nämlich besonders ungeeignet zur Heugewinnung. Seine Ernte fiel in die spätere Jahreszeit, wo die Tage kürzer und die Nächte tauig werden und das Heumachen an sich schon schwieriger war. Besonders schlecht ließen sich die groben Stempel trocknen, und alle diese Umstände führten dazu, daß ungeheure Stoffverluste eintraten. Im Jahre 1882 enthüllten amerikanische Farmer G o f f a r t zu Ehren eine Gedenkbüste, um die großen Vorteile der neuen Methode und die Dankbarkeit an den Erfinder zu bezeugen.

Einen treffenden Beweis für den Wert dieses Gärfutters bildet noch heute der alte Versuch von H e n r y (1882), der eine bestimmte Menge von Mais nahm und die Hälfte einsiliierte. Nach 2 bis 3 Monaten begannen die Fütterungsversuche an Milchkühen: Das Trockenfutter reichte 48 Tage, das Sauerfutter 67 $\frac{1}{2}$ Tage. Das Sauerfutter erhöhte die tägliche Milchlieferung um 10 0/0 und die tägliche Buttermenge um 11 0/0. In Deutschland wurde die Methode in weitesten Kreisen bekannt durch einen kurzen aber treffenden Bericht, den der Gutsbesitzer W. L a s z c z y n s k i⁴⁸⁾ an den damaligen Oberpräsidenten der Provinz Posen richtete. Er war vom Landwirtschaftsministerium zum Studium des Verfahrens zu G o f f a r t geschickt worden und hatte dann auf seinem eigenen Gute das Verfahren erfolgreich durchgeführt.

Der zweite wesentliche Fortschritt erfolgte durch die Verwertung des Zwischenfruchtbaues für Silagezwecke. Bereits um das Jahr 1850 herum soll der Professor für Physiologie D o y è r e von der Landwirtschaftsschule in Versailles derartige Versuche angestellt haben. Auch G o f f a r t (1876) be-

tätigte sich auf diesem Gebiete. Später hat der holländische Landwirt *van der Breggen* (1880) mit besonderem Erfolge Futterroggen und andere grüneschnittene Getreidearten zu Gärfutter verarbeitet. (Zitiert nach *Adolf Mayer*⁵⁷). Man hat anscheinend auch frühzeitig gesehen, daß Stroh und spreuartige Abfälle, die noch einen gewissen Nährwert besitzen, und die bis dahin auf den Komposthaufen wanderten, in solchen Silagen weiter aufgeschlossen werden. Doch wird die Haltbarkeit des Gärfutters durch Strohzusatz verschlechtert, und zwar wegen der Luft, die aus dem Innern der starren Halme nicht auszutreiben ist.

Ein wichtiger Fortschritt der Silagetechnik wurde dann nach Vorarbeiten von *A. Christensen*, *Fingerling* u. a. durch den Finnen *Virtanen* erzielt, das sogenannte *A. J. V. - Verfahren*. Wiederum gab die Not den Anstoß. Das einfache Einsäuern nach der *Goffart*schen Methode ist nämlich bei Wiesenpflanzen sehr schwierig. Solche Silagen verderben sehr leicht. Andererseits ist im regnerischen Klima Finnlands die Heubereitung oft unmöglich. *Virtanen*⁸³) zeigte nun, daß man durch Zusatz von Salzsäure eine regelrecht verlaufende Milchsäuregärung erzwingen kann, da die schädlichen Begleitbakterien sich in saurem Medium nicht entwickeln können. Mit Hilfe seiner Methode wurde die finnische Landwirtschaft unabhängig vom Wetter; es ließen sich Futtermittel konservieren, deren feldmäßige Trocknung nicht möglich war, bei genügendem Anbau von Futterpflanzen konnte man nun die Eiweißbedürfnisse des Milchviehs befriedigen, und das ganze Jahr hindurch erhielt man eine Sommermilch mit hohem Vitamingehalt. In Deutschland hat sich besonders das von *Kirsch*⁴³) ausgearbeitete Verfahren vielfach bewährt. Während beim *Virtanen*-Verfahren der Säurezusatz so hoch ist, daß oft jeder Gärungsvorgang praktisch unterdrückt ist, verfolgt das „deutsche Verfahren“ nur den Zweck, durch mäßig saure Reaktion den reinen Ablauf der Milchsäuregärung sicherzustellen. Erleichtert wird dieser biologische Vorgang noch besonders durch gleichzeitigen Zuckerzusatz. Es wird nicht gesäuert wie nach *Virtanen*, sondern nur angesäuert. Als besonders empfehlenswert hat sich in dieser Hinsicht der nach

dem B e r g i u s - Verfahren gewonnene Holzzucker erwiesen, der neben Traubenzucker kleine Mengen von Mannose, Xylose und Fruktose und außerdem nicht unbeträchtliche Salzsäurereste enthält. An Stelle der Salzsäure sind dann auch andere Mineralsäuren wie Schwefelsäure und Phosphorsäure und andere vom Reichsnährstand anerkannte Mischungen von Mineralsäuren verwendet worden.

In allerletzter Zeit indessen geht man aus technischen, biologischen und besonders aus gesundheitlichen Gründen mehr und mehr zur chemischen Sicherung der Silage mit Hilfe von Ameisensäure über. Für Deutschland wird als besonderer Vorteil der Silage noch erwähnt, daß die Ausdehnung des Zwischenfrucht-Futterbaues, vor allem im Herbst, von der Konservierung im Silo abhängig ist, denn eine andere Konservierungsart kommt in dieser Jahreszeit kaum mehr in Frage. (Gemäß Besprechung mit R. G u t e r m a n n.)

Im Nebeneinander mit der technischen Entwicklung der Silage erfolgte die wissenschaftliche Erschließung der G ä r u n g s v o r g ä n g e. Handelte es sich dabei doch gleichzeitig, abgesehen von der praktischen Bedeutung, um eine Frage von höchstem Reiz für die gesamten Naturwissenschaften. Die Geschichte dieser Forschung ist bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts eine laufende Kette von Vorurteilen, Dogma und Irrtum. Der berühmte Chemiker S t a h l bezeichnete die Fermentation als eine „durch eine wässrige Flüssigkeit verursachte, zusammenstoßende und reibende Bewegung unzähliger, als Salz, Öl und Erde — zwar nicht aufs innigste und allerfesteste, doch in gewissem Maße miteinander verknüpfter Teilchen, wodurch die Verbindung ihrer Grundanfänge allmählich geschwächt wird.“ Die innere Bewegung, welche im Ferment tätig ist, wurde nach dieser Ansicht auf das gärende Material übertragen. Eine ähnliche Lehre wurde auch durch L i e b i g vertreten, diesen Feuerkopf unter den Chemikern, der mit seinen sprühenden Ideen auch das Gebiet der Gärungen befruchtete, wenn er sich auch gleichzeitig der richtigen Erkenntnis in den Weg stellte: Er äußerte nämlich die in ihren Einzelheiten oft abgeänderte Theorie, nach

der das sogenannte Ferment zerfällt und dabei seine Zersetzung auf das Substrat überträgt.

Diese und ähnliche Spekulationen wurden mit einem Schlage beiseite geschoben, als P a s t e u r nachwies, daß es Lebewesen sind, die die Alkohol- und Milchsäuregärung, aber auch die Fäulnis herbeiführen.

Es wäre reizvoll, der Frage nachzugehen, in welchem Zusammenhang die G o f f a r t s c h e n Arbeiten mit den großen wissenschaftlichen Entdeckungen jener Jahre stehen. Der klassische Versuch des berühmten Chemikers G a y - L u s s a c (1810), daß kleinste Spuren von Luft und Sauerstoff in Weintraubensäften die Fermentation in Gang setzen, war ja nicht nur in der wissenschaftlichen Welt Gemeingut geworden. War doch gleichzeitig mit der Erfindung von A p p e r t aus dem Jahre 1804, nach der man Nahrungsmittel in gläsernen Flaschen oder anderen Geschirren luftdicht verpacken und durch Erhitzen haltbar machen kann, die Konservenindustrie begründet worden, und auch für sie war der G a y - L u s s a c s c h e Versuch gleich wichtig. Man hat den Eindruck, daß G o f f a r t bei seinen subtilen Maßnahmen, den Rest der Luft aus dem Futterstock zu entfernen, unter dem Eindruck dieser Erfahrungen steht. Durch D o y è r e , den er mit größter Hochachtung erwähnt, und besonders durch den befreundeten Professor der Chemie B a r r a l , der auch die chemischen Analysen der von G o f f a r t gelieferten Futterproben durchführte, war er ohne Zweifel mit den heißumstrittenen P a s t e u r s c h e n Untersuchungen bekannt, durch die die ganze wissenschaftliche Welt in den Jahren der G o f f a r t s c h e n Erfindung in Spannung gehalten wurde. So konnten ihm die grundlegenden Arbeiten P a s t e u r s über die Alkohol- und Milchsäuregärung 1857, über die Buttersäuregärung 1862 und über die Fäulnis 1863 nicht ganz entgehen. Denn alles, was an nützlichen und schädlichen Vorgängen in der Silage abläuft, hatte dadurch sein Fundament erhalten, und es war gezeigt worden, daß ohne Berücksichtigung der Lebensvorgänge in der Welt des „unendlich Kleinen“ jede Theorie sinnlos wird.

Nachträglich erwies es sich dann durch die Arbeiten von E d u a r d B u c h n e r 1897, daß Bakterien und Hefen diese

Gärungen zustande bringen mit Hilfe bestimmter, in ihrer Leibessubstanz eingeschlossener Fermentsysteme, die man aus solchen Lebewesen als chemische Stoffe gewinnen kann, die dann die gleichen „Gärungen“ auf katalytischem, nicht biologischem Wege in Gang setzen.

Letzten Endes sind also bei dieser Gärung, ausgelöst durch Bakterien oder Hefen, chemische Reaktionsketten am Werk. Insofern ist nachträglich eine Ehrenrettung der früheren Theorien erfolgt, obwohl deren Urheber selber die eigentliche Triebfeder nicht erkannt hatten. Die weitere Erforschung der Milchsäurebakterien in Sauerkraut und Silage ist besonders verknüpft mit den Namen H e n n e b e r g , O r l a - J e n s e n , G o r i n i u. a. Diesem kurz umrissenen Bild von der Geschichte der Silage aber würde noch ein wichtiger Ausschnitt fehlen, wollte man nicht der gewaltigen Fortschritte gedenken, die unsere Pflanzenzüchter bei fast allen Futtermitteln erzielt haben, besonders bei der Süßlupine und bei den kälteresistenten Futterpflanzen. Auch die große Gestalt von B a u r steigt dabei in unserer Erinnerung auf.

Die Einführung der Silage hat sich nicht ohne Widerstände vollzogen. Viele Landwirte betrachten ja jede Neuerung mit größter Zurückhaltung. Vielleicht haben sie mit anderen Versuchen zu viel Lehrgeld zahlen müssen. Jeder landwirtschaftliche Betrieb macht ohne Zweifel ein großes Ganzes aus, in dem die einzelnen Teile zusammenhängen wie Glieder einer Kette, und oft bedeutet ein Vorteil an der einen Stelle einen doppelten Schaden an einer anderen.

Die Gärfutterbereitung dagegen ist — wenn sie gelingt — ein reines Gewinngeschäft, das in nichts anderem besteht, als in der Vermeidung von sonst unvermeidlichen, fühlbaren Verlusten, in der Verwertung der im Zwischenfruchtbau zusätzlich anfallenden Futtermittel. Alle möglichen Abfälle von Futterwert, die als solche nicht zu verwenden sind, können, der Silage zugemischt, vorteilhafte Dienste leisten. Die Einsäuerung bildet zudem im Falle der Not, wenn Verderben droht, einen einfachen Ausweg; an keiner Stelle der Wirtschaft können wesentliche Nachteile entstehen, letzten Endes führt sie zu gesunden Tieren und zu gesunder Milch.

III. BIOLOGISCHE VORGÄNGE BEI DER HERSTELLUNG VON SAUERKRAUT UND GÄRFUTTER

Die kunstgerechte Silierung von Futtermitteln umfaßt eine Reihe von aufeinanderfolgenden, auch ineinander verwebten Teilvorgängen, die, richtig geleitet, insgesamt den Zweck verfolgen, mit einem möglichst geringen Verlust an Nährwert, Mineralsalzen und Vitaminen ein Futter von den besten diätetischen, Geschmacks- und Geruchseigenschaften zu gewinnen.

Diese Konservierung erfolgt mit Hilfe der gebildeten **Milchsäure. Biologisch gesehen**, ist das Futter-silo — nach **Ruschmann**⁷¹⁾ — nichts anderes als ein großes Gefäß zur Züchtung von Milchsäurebakterien (oder gegebenenfalls von Hefen), und die Aufgabe besteht darin, die nützliche Flora der Milchsäurebakterien möglichst rein zur Entwicklung zu bringen und das Aufkommen unerwünschter Keime zu verhindern. Glücklicherweise erreicht man diese beiden so verschiedenen Aufgaben mit den gleichen Mitteln. **Chemisch gesehen** wirken diese als Katalysatoren, die aus bestimmten Zuckerarten Milchsäure herstellen, und zwar mit solcher Geschwindigkeit, daß die Bakterien in jeder Stunde ihr eigenes Gewicht an Milchsäure produzieren. Die Aufgabe besteht darin, solche nützlichen Katalysen in Gang zu setzen und unnütze oder gar gesundheitsschädliche zu verhindern. Da man nämlich im allgemeinen voraussetzen darf, daß die nützlichen Katalysatoren selber in genügenden Mengen bereits mit der Futterpflanze eingebracht werden, so besteht für den Chemiker die Aufgabe darin, das geeignete chemische Milieu für die gewünschten Katalysen herzurichten. Sieht man näher hin, so spielen sich in den Gärbehältern ganze Dramen ab.

1. Die Stufen der Gärung

a) Im ersten dieser Teilvorgänge findet die Abtötung des lebenden Pflanzengewebes statt. Je schneller dieser Vorgang erfolgt, desto weniger Nährwerte gehen durch die Atmung des noch lebenden Blattes verloren. Man erreicht eine solche schnelle Abtötung durch Erstickung der Blätter, indem man durch feste Pressung die Luft aus dem Futterstock entfernt (vgl. S. 67). Auch durch Zusatz von Mineralsäuren wird die Atmung der Blätter herabgesetzt. Bei einem p_{H} -Wert von 4,0 ist die Atmung nur noch sehr gering und hört gänzlich auf bei p_{H} 3,0 (Virtanen). Mit dem Absterben verliert sich auch die Elastizität der Blätter, und der Futterstock sinkt in sich zusammen, und zwar besonders bei ungehäckseltem Futter um 30 bis 40 % der ursprünglichen Füllhöhe, so daß man in der Gärfutterpraxis beim Einfüllen vorteilhaft einen Holzaufsatz verwendet, um den Gärraum möglichst auszunützen.

Der Atmungsvorgang der Pflanze erfolgt unter Verbrauch von Sauerstoff und Bildung einer annähernd äquivalenten Menge von Kohlensäure. Die letztere trägt dazu bei, daß die Luft aus dem Futterstock entfernt wird.

In diesem ersten Stadium findet auch schon eine Art von Vorgärung statt. Es treten nämlich die verschiedensten aerob lebenden und sauerstoffverbrauchenden Bakterien auf, besonders solche der *Coli-Aerogenes-Gruppe*. Darunter finden sich Gelatine verflüssigende Arten (Beynum und Pette⁴), Gas-bildende und Indol-bildende Bakterien (Ruschmann⁷¹). Später sind auch Betakokken (Orlajensen⁶⁴) und andere heterofermentative Milchsäurebakterien tätig, Stämme also, die wie das *Bacterium coli* neben Milchsäure mehr oder weniger große Mengen von Bernsteinsäure, Essigsäure, Ameisensäure, Äthylalkohol, Kohlendioxyd und Wasserstoff erzeugen, und die zum Teil auch noch nach vollendeter Sickersaftbildung tätig sind. Gelegentlich sind auch bereits Hefen mit im Spiel, die nützlich sein können, indem sie gleichfalls Sauerstoff verbrauchen, die aber ebenso ihren Beitrag leisten zu der im Anfang stürmischen CO_2 -Entwicklung. Gneist findet, daß durch diese Vorgänge bei

einer Temperatur von 18° und einem p_H von 4,2 ein Verlust von 10% der verdaulichen stickstofffreien Extraktstoffe stattfinden kann.

Durch solche aerob verlaufenden biologischen Vorgänge kann im Stadium der Vorgärung eine starke Selbsterwärmung des Futterstockes auftreten, die unter Umständen bis zur Selbstentzündung fortschreiten kann. Je mehr Luft im Futterstock,

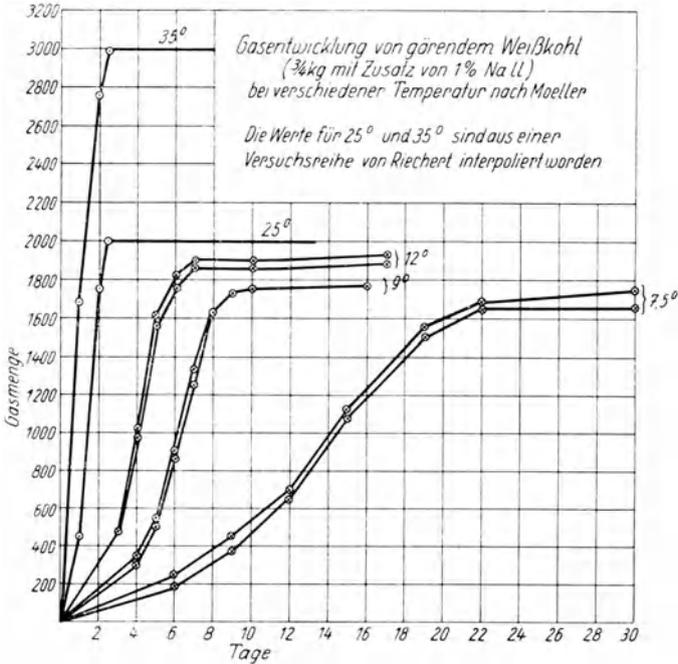


Abb. 4

um so höher steigt die Temperatur; je niedriger aber die Temperatur des Futterstockes nach dem Einlegen, um so richtiger war die angewandte Arbeitsweise. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß durch diese Umsetzungen in erster Linie leicht vergärbare Kohlehydrate betroffen werden, die damit für die spätere Milchsäuregärung verloren gehen. Selbsterwärmung und Gasentwicklung sind demnach die auffallenden Zeichen für Nährwertverluste im Stadium der Vorgärung. Gemein-

Tabelle 1

Art der Vergärung von Weißkohl	pH-Wert nach 36 Tagen			Flüchtige Säuren in % nach 36 Tagen			Vitamin-C-Wert nach 36 Tagen in mg/100 g		
	7,5°	9°	12°	7,5°	9°	12°	7,5°	9°	12°
	bei gleichmäßiger niedriger Temperatur	4,61 4,57	4,44 4,33	4,24 4,13	0,18 0,16	0,13 0,18	0,17 0,19	31,1 24,2	22,6 25,7
2 Tage Vorgärung bei 20–30° dann gleichmäßige niedrige Temperatur .	4,25	4,13	4,07	0,07	0,06	0,15	29,0	25,7	28,4
	4,19	—	3,96	0,08	—	—	21,0	—	22,4

sam mit Moeller habe ich die durch Gasentwicklung entstehenden Verluste bei verschiedener Gärtemperatur am Beispiel des Weißkohls untersucht (Abb. 4).

Die Geschwindigkeit der Kohlensäurebildung — denn die Hauptmenge des gebildeten Gases besteht aus CO₂ — ist daher in hohem Maße abhängig von der Temperatur, und der wesentliche Vorteil des Angärenlassens im warmen Raum besteht darin, daß die gasbildende Phase schneller zu Ende geht. Bei Temperaturen zwischen 20 und 40° ist diese nach rund 48 Stunden beendet, bei 12° in unseren Versuchen erst nach 6 bis 7 Tagen, bei 10,5° nach 8 Tagen, bei 9° nach 11 Tagen, und bei 7,5° dauerte sie sogar 22 Tage. Während dieser Zeit ist mit Schaumbildung und einem Auftreiben des Gärgutes zu rechnen, und es bedarf besonderer Aufsicht, wenn keine Verluste eintreten sollen.

Auf der anderen Seite schwankt auch die Gesamtmenge des gebildeten Gases nicht unerheblich und ist offensichtlich geringer bei niedriger Temperatur von 7,5 und 9°. Besonders große Gasmengen gehen bei Temperaturen von

35° und darüber verloren. Das aber bedeutet, daß nach der Vorgärung größere und kleinere Mengen vergärbarer Kohlehydrate übrigbleiben. Das Endprodukt muß daher mehr oder weniger ausgegoren sein, wobei allerdings deutliche Beziehungen zur Güte und Bekömmlichkeit des Sauerkrautes noch nicht ersichtlich sind.

Besser wissen wir Bescheid über die Beziehungen der Vorgärung zu bestimmten chemischen Eigenschaften der Endprodukte (siehe Tabelle 1). Durch ein rasches Angärenlassen wird demnach der p_{H} -Wert des vergorenen Weißkohls erheblich verbessert. In der Tat ist unterhalb einer Gärtemperatur von 12° — nach dem p_{H} -Wert zu urteilen — ein einwandfreies Gärerzeugnis nicht zu gewinnen. Läßt man dagegen 2 Tage lang bei Temperaturen zwischen 20 und 30° angären und anschließend bei niedriger Temperatur weitergären, so ist das Endprodukt sogar nach einer Vergärungstemperatur von 7,5° noch durchaus brauchbar. Auffällig sind auch die Schwankungen im Gehalt an flüchtigen Säuren, deren Fehlen ein Kennzeichen für eine besonders reine Gärung ist. Durch rasches Angärenlassen wird nämlich die Bildung solcher Produkte der Nebengärung wesentlich vermindert. Auch ist der Tabelle zu entnehmen, daß ein ungünstiger Einfluß dieser Maßnahmen auf den Vitamin-C-Gehalt offensichtlich nicht vorhanden ist. Nach neueren Untersuchungen von W. Riechert haben allerdings Temperaturen von über 30 Grad einen katastrophalen Rückgang des Vitamin-C-Gehaltes zur Folge, und das Gärerzeugnis weist auch andere Zeichen einer Fehlgärung auf. Aus all diesen Gründen scheint es daher günstig, wenn die Vorgärung möglichst bald zum Abschluß kommt, um der eigentlichen Milchsäurebildung Platz zu machen.

b) Der zweite Vorgang, der notwendig ist, um den Boden vorzubereiten für die Milchsäurebakterien, besteht in der Bildung von Sickersaft, der aus den Pflanzen austritt, die Zwischenräume mit ausfüllt und den Nährboden für die Milchsäurebakterien darstellt. Pflanzen mit starker Sickersaftbildung, wie etwa die verschiedenen Kohlarten, lassen sich besonders leicht silieren. Bei anderen Futterpflanzen muß

nachgeholfen werden. Die Sickersaftbildung kann dann mechanisch herbeigeführt werden durch Häckseln der Pflanze. Je feiner gehäckselt wird, um so stärker ist die Sickersaftbildung. Mais-, Weißkohl-, Rübenblätter und andere liefern auch bei grober Häckselung genügend Sickersaft, andere, wie Wicken, bedürfen besonders kurzer Häckselung. Die hochwertigen Blätter werden so mit minderwertigen Stielen und Stämmen, auch wasserreiche mit trockenen Teilen der Pflanze gut durchgemengt, was für die Silage wichtig ist. Die Häckselung hat bekanntlich auch unmittelbar einen Einfluß auf die Verdaulichkeit des Futtermittels. Es gibt Häckselmaschinen, die nach einem Bilde von G o f f a r t Schneidezähne oder Mahlzähne aus Erz besitzen, die sehr viel wirtschaftlicher arbeiten als der Kauapparat des Milchviehs. Dadurch aber wird die Kauarbeit vermindert und die Resorptionsfähigkeit des Futters erhöht. Auch wird durch die kurze Häckselung und gute Mischung des Gehäckselten verhütet, daß die Tiere nur die weichen Teile herausfressen, das härtere und weniger gut schmeckende aber liegen lassen. Je sperriger das Material ist, und je weniger Blatt es besitzt, um so größer ist die Gefahr der Verderbnis, um so feiner muß gehäckselt werden, und um so größer ist auch die Notwendigkeit eines chemischen Sicherungszusatzes.

Die Sickersaftbildung wird verstärkt durch festes Einstampfen und Anwendung von hohem Druck bei der Pressung, wodurch ja gleichzeitig die Luft aus dem Futterstock vertrieben wird. An den Rändern des Silos muß besonders gut eingestampft werden, da hier die Gefahr der nicht genügend ausgetriebenen Luft und einer unzureichenden Sickersaftbildung besonders groß ist.

Der natürliche Sickersaft der Pflanze läßt sich durch Anfeuchten der Futtermittel mit Brunnenwasser nicht ohne weiteres ersetzen. Dieses kann zwar das Heraustreiben der Luft fördern, bildet indessen an sich keinen geeigneten Nährboden für Milchsäurebakterien, die außerordentlich anspruchsvolle Lebewesen sind. Allmählich indessen werden chemische Stoffe aus dem absterbenden und toten Pflanzengewebe ausgelaugt, und es hat sich erwiesen, daß alle Nähr- und Wachstumsstoffe, die die Milchsäurebakterien nötig haben, letzten Endes

in eine solche Mazeration übergehen. In der Tat ist Zusatz von Brunnenwasser zur Silage auch in früherer Zeit schon üblich gewesen, obwohl der Sickersaft in seiner Eigenschaft als bakterieller Nährboden dadurch verschlechtert wird und z. B. eine vermehrte Bildung von Essigsäure erfolgt.

Nach O. v o n M ü n c h h a u s e n ⁶⁰⁾ sammelte man in Franken, wenn der weiße Kopfkohl abgehauen wurde, sorgfältig alle abfallenden Blätter und Strünke, stampfte sie in große, weite Wannen, streute etwas Salz dazwischen und bedeckte das Kraut oben mit Brettern und Steinen, so daß es nicht in die Höhe treten konnte. Dann goß man Wasser darüber, so daß das in Gärung geratene Kraut durchaus davon bedeckt war. Im Winter wurden dann die Blätter herausgenommen, klein gestampft und dem Milchvieh verabreicht. Diesen Abfall der Blätter nannte man die S c h l ü p k e. Auch Futterrüben wurden damals unter Wasserzusatz eingesäuert.

In neuerer Zeit wird gelegentlich auch das Sauerkraut unter Wasserzusatz angesetzt, obwohl die Qualität darunter merklich leidet; insbesondere findet sich ein höherer Gehalt an Essigsäure. Das wird vermieden durch das von uns eingeführte Preßsaftverfahren (E i c h h o l t z und B r e h m ¹⁴⁾), bei dem man — z. B. durch Zusatz von Maispreßsaft — unter allen Umständen eine starke milchsäure Gärung erzwingt, ein Vorgehen, das sich besonders eignet, wenn man des besseren Aussehens halber die Struktur der Gemüsepflanzen erhalten will, oder bei Pflanzen mit geringem eigenen Feuchtigkeitsgehalt.

Die wesentliche Bedingung für das Gelingen solcher wässriger Silagen besteht darin, daß man ein nachträgliches Abfließen oder eine Verdunstung der Feuchtigkeit nach Möglichkeit verhindert. Wenn nämlich unter gleichzeitigem Eindringen von Luft die Oberfläche trocken fällt, geht sie schon nach kurzer Zeit in Zersetzung über, als Zeichen dafür, daß die Auflockerung des Pflanzengewebes in solchen wässrigen Silagen besonders weitgehend ist. Die Preßsaftsilage eignet sich daher besonders auch zum Aufschließen von Gemüsen, die in rohem Zustand eine lange Kochzeit nötig haben. Will man mit Preß-

säften arbeiten, die verhältnismäßig zuckerarm und eiweißreich sind, so empfiehlt sich nach G. R u s c h m a n n und H. B a r t r a m ⁷²⁾ ein Zusatz von 1 % Rohzucker. Unter solchen Umständen können auch schwer silierbare junge Hafer-Erbsen-Gemenge im eigenen Preßsaft siliert werden.

Bei den gebräuchlichen Silierungsverfahren hingegen ist allzugroße Feuchtigkeit im Futterstock sicher nicht günstig, und die meisten Silagen verderben um so schneller, je nasser sie sind (R u s c h m a n n ⁷¹⁾). Der Grund liegt wohl darin, daß diese Feuchtigkeit infolge von Temperaturunterschieden oder infolge langsamen Absickerns im Futterstock umherwandert. Dadurch aber werden die Nester von Buttersäurebakterien und anderen unerwünschten Begleitbakterien, die sich hier und da gebildet haben, weiter verschleppt und können sich über den ganzen Futterstock verbreiten. Bei der Preßsaftsilage ist eine solche Nesterbildung unmöglich, wenigstens solange man den Zutritt von Luft verhindert.

Wenn man von den Sonderverfahren absieht, wird daher von vielen Praktikern vorgeschlagen, den Sickersaft später abzulassen. In der Vorschrift für das A. J. V.-Verfahren wird der Saftabfluß als durchaus notwendig bezeichnet, da sonst das stark mit Mineralsäure behandelte Futter von den Tieren nicht gefressen wird. Auch für das deutsche Verfahren und für die Amasilsilierung wird von bestimmten Fachleuten dringend geraten, in jedem Fall den Saft abfließen zu lassen, da sonst das Futter zu „matschig“ wird. Über den richtigen Zeitpunkt des Saftabflusses ist man sich heute indessen noch nicht ganz einig. Das eine scheint sicher, daß der Höhepunkt der Milchsäurebildung beim Ablassen überschritten sein soll. Allerdings ist dabei nach W. K i r s c h zu beachten, daß infolge des Abflusses Luft eingesaugt wird, was unter Umständen zum Verderben des Futters führt. An anderer Stelle ist indessen ausgeführt worden (vgl. S. 87), daß z. B. zuckerhaltige Preßsäfte auch die Gegenwart von etwas Luft vertragen. Hierauf beruhen wohl die unterschiedlichen Erfahrungen der einzelnen Forscher. Auch wäre es eine Verschwendung, wollte man den Sickersaft einfach wegfließen lassen, denn er enthält durchaus nahrhafte Bestandteile. So entstehen z. B. bei der A. J. V.-

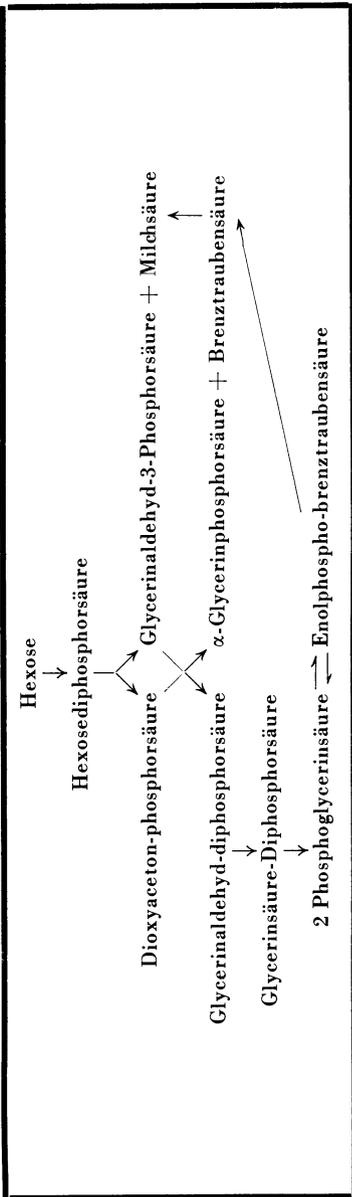
Silage die Hauptnährstoffverluste durch den Abfluß im Saft. Die Verluste durch den Sickersaft sind aber auch bei anderen Verfahren nicht gering. Man kann ihn dann in Eimern auffangen und zweckmäßig verwerten, oder trockenes Futter, Häcksel und anderes damit tränken. Im Haushalt wird bei der Sauerkohlbereitung bekanntlich der reichlich sich bildende Sickersaft nach einigen Tagen durch Abschöpfen entfernt. In den Sauerkrautfabriken fließt der Saft durch seitlich in der Holzwand oder auch durch unten am Boden des Behälters angebrachte Löcher und Rinnen ab. H e n n e b e r g ³¹⁾ hat schon 1916 empfohlen, die überflüssigen Säfte zur Darstellung von Futterhefe zu benutzen.

Die Sickersaftbildung wird auch durch chemische Mittel herbeigeführt, die auf osmotischem Wege den Sickersaft aus den Pflanzen herauslocken, wie Kochsalz und Zucker. Darüber sind an anderer Stelle Einzelheiten angeführt (vgl. S. 84). Durch Abtötung des lebenden Pflanzengewebes und Bildung von Sickersaft ist nun der Boden bereitet worden für den Hauptakt des Dramas. Aus dem Gewirr der verschiedenartigsten Kleinlebewesen tritt nämlich wie ein Deus ex machina eine einzige Bakterienart in den Vordergrund.

c) Dieser dritte Vorgang besteht im Auftreten von Milchsäurebakterien und damit einer milchsauren Gärung, deren richtiger Ablauf über die Güte der Silage entscheidet. Je schneller sie einsetzt, und je höhere Säurewerte erreicht werden, um so vollständiger wird das Wachstum anderer unerwünschter Spaltpilze, auch der pathogenen, zurückgehalten, da diese bei genügend saurer Reaktion nicht mehr entwicklungsfähig sind.

Verantwortlich für diese biologische Säuerung ist eine Gruppe von Milchsäurebakterien, die überall im Boden, auf allen Futterpflanzen, in Gefäßen und Behältern vorkommt. Diese spalten ein Molekül Traubenzucker quantitativ in zwei Moleküle Milchsäure. Die dabei vor sich gehenden Einzelreaktionen sind außerordentlich verwickelt, auch heute noch nicht restlos aufgeklärt. Der augenblickliche Stand ist in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2. Biologische Umsetzung von Hexosen zu Milchsäure nach Harden, Warburg, Meyerhof u. a.



Unter anaeroben Verhältnissen findet man 94 bis 100 % des verschwundenen Traubenzuckers als Milchsäure wieder. Aerob indessen entstehen Verluste dadurch, daß andere Abbauelemente eingeschlagen werden. Neben dem Traubenzucker werden besonders gut Maltose, Galaktose und Pektin vergoren, aber auch Rohrzucker, Milchzucker, Lävulose, Mannit und Sorbit, in geringem Maße auch Stärke, Dextrin, Arabinose und Dulzit. Xylose ist nur unter bestimmten Bedingungen (Art des Eiweißes) zu vergären, gar nicht dagegen Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure und alle untersuchten Fruchtsäuren. Nur von der giftigen Oxalsäure wird angegeben, daß sie bei der Gärfutterbereitung verschwindet. Orla-Jensen hat nachgewiesen, daß solche Bakterien bei der Vergärung von Pentosen nicht Milchsäure, sondern Essigsäure bilden.

Bakteriologisch gesehen können die verschiedensten sogenannten echten Milchsäurebakterien ins Spiel kommen und werden in der Tat in Silagen auch

nachgewiesen. Im allgemeinen — sofern man nämlich durch rasches Arbeiten, festes Einstampfen und starke Sickersaftbildung den Prozeß der Vorgärung möglichst abkürzt — verläuft die Gärung nur unter mäßiger Temperaturerhöhung, da die sauerstoffbedürftigen Bakterien unter diesen Umständen ihre Tätigkeit bald einstellen, ebenso wie die meisten Milchsäurebakterien, wenn eine bestimmte Höchsttemperatur erreicht ist. Die beste Temperatur für die Milchsäurebildung wird mit rund 25° angegeben, und solche Wärmegrade pflegen bei der kunstgerechten Silierung infolge Selbsterwärmung auch aufzutreten. Der Futterstock erinnert dann in der ersten Zeit der Gärung an einen Wärmeregler, der automatisch durch die sauerstoffbedürftigen und temperaturempfindlichen Bakterien auf eine nur wenig erhöhte Temperatur einreguliert wird. In der Tat sollte möglichst die Temperatur von 25° nicht überschritten werden. Diese Art der Gärung bezeichnet man dann als *Kaltsilage*. Sie ist dadurch ausgezeichnet, daß der Nährwert und die wertvollen Einzelbestandteile des Futterstockes weitgehend erhalten bleiben, während das Auftreten einer höheren Temperatur immer mit größeren Verlusten verbunden ist. Bei dieser Kaltgärung findet man im mikroskopischen Bild hauptsächlich lange Milchsäurestäbchen (Laktobazillen) oder kugelförmige Milchsäurebakterien (Streptokokken).

Bei bestimmten Verfahren wird angestrebt, daß die Selbsterwärmung des Futterstockes in den ersten Tagen weiter fortschreitet. Man spricht dann von *Warmsilage*. Die üblichen Milchsäurebildner werden hierbei abgetötet, und andere, wärmeresistente Milchsäurebakterien treten an ihre Stelle, hauptsächlich solche vom Typ des *Bacterium Delbrücki* (Demeter¹²). Läßt man die Temperatur im Futterstock noch weiter ansteigen, so gehen auch die letzteren zugrunde — zusammen mit anderen schädlichen Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen —, und der Vorgang erinnert dann an ein Einwecken im großen Maßstabe. Mit der Warmsilage sind gewaltige Nährwertverluste verbunden. Trotzdem hat sie eine begrenzte örtliche Bedeutung, da bestimmte, in den Futterpflanzen enthaltene Gifte dabei zerstört werden, wie das der Fall ist bei den bitteren Lupinen, dem Schachtelhalm (Duwok), dem Shorgum und wahrscheinlich auch bei Kartoffelkraut. Bei der Kaltsilage bleiben solche Gifte erhalten. In allerletzter Zeit ist vorgeschlagen worden, zur Herstellung von Gemüsesilagen Kulturen von Yoghurtbakterien zu benutzen, die bei Temperaturen

zwischen 45 und 50⁰ rasch die gewünschte Milchsäurekonzentration herstellen (Reinhold-Pillnitz⁶⁷). Auf diese Weise ließe sich die Gärung wesentlich verkürzen.

Die genauere Kenntnis der Bakteriengruppe, die bei der Kaltvergärung tätig ist, wurde ungemein erleichtert durch die Entdeckung, daß in guten Silagen, unabhängig von der Art der Futterpflanze, aber auch in gesäuertem Weißkohl, Bohnen und Gurken, regelmäßig neben der Milchsäure ein bestimmter Gehalt an Acetylcholin vorhanden ist (Keil³⁹). Auf diese Weise gewann man ein weiteres chemisches Kennzeichen, um in der großen Gruppe der Milchsäurebakterien diejenigen herauszufinden, die in der Silage tätig sind. Die Eigenschaft, Acetylcholin zu bilden, ist unter den Bakterien so selten, daß man dieses Stigma beinahe vergleichen kann mit dem Fingerabdruck, den die Detektive benutzen, um einen Verbrecher herauszufinden, und diesen Fingerabdruck hinterläßt dann das Bakterium im Sickersaft. Es erhielt daher den Namen *Streptobacterium acetylcholini* (Keil^{39, 41}).

Die Verhältnisse auf dem Gebiete der Milchsäurebakterien waren bis dahin besonders unerfreulich, da eine Einigung unter den Sachbearbeitern nicht zu erzielen war. Es gab Forscher, die ein Milchsäurebakterium sofort mit einem neuen Namen belegten, wenn es aus einem anderen Medium gezüchtet war. Das würde ungefähr das gleiche sein, als wenn man einer Kuh „Angler Rasse“, die gewohnt war von Wiesengras zu leben, einen anderen Namen gibt, weil sie nunmehr Landsberger Gemenge frißt. In der Tat haben wir nachgewiesen, daß das sogenannte *Bacterium cucumeris fermentati*, das Hennenberg aus sauren Gurken züchtete, und das *Bacterium utile* (Hennenberg³²), das in Hefefabriken als sogenanntes Flockenmilchsäurebakterium technisch angewandt wird, in keiner Weise grundsätzlich verschieden sind vom *Streptobacterium plantarum* (Orla-Jensen⁶⁴) und von unserem *Bacterium acetylcholini*. In Hinsicht auf Milchsäurebildung, Temperaturempfindlichkeit, Wirkung von Desinfektionsmitteln sind sie praktisch identisch. Es bestehen auch nahe Beziehungen zu den Enterokokken, unter denen sich acetylcholin-positive Stämme finden (Habs²⁸). Das *Bacterium acetylcholini*

ist auch enthalten in Bakterienmischungen des Handels, wie *Coregulan* (E. Frey²¹), und bildet den Hauptbestandteil des Schaeffer'schen Silagemittels.

Zur Zeit besagen unsere Versuche, daß aus chemischen Gründen das *Streptobacterium acetylcholini* einer der Hauptträger der Milchsäurebildung in der Silage sein muß, eine Ansicht, die für das damit wahrscheinlich identische *Streptobacterium plantarum* schon von Orla Jensen geäußert worden war, und zwar aus bakteriologischen Gründen. Dabei erfolgt der Nachweis des Acetylcholins, das im Bakterienleib selber durch die Anwesenheit einer Cholinesterase entsteht, mit größter Genauigkeit durch einen einfachen pharmakologischen Versuch, nämlich dadurch, daß man Silagesaft oder Bakterienkulturen in Pflanzensaft auf den isolierten Rattendarm einwirken läßt.

Um ein tieferes Verständnis für die biologischen Vorgänge in der Silage zu erhalten, ist es zweckmäßig, einen Blick zu werfen in die Werkstätten der Forschung, wo man sich mit den Lebensbedürfnissen und den Lebensäußerungen dieser besonderen Bakterienart beschäftigt hat.

Nach Habes²⁸) gehört das *Bacterium acetylcholini*, wenn man die medizinisch-bakteriologische Systematik anwendet, zu den Streptobakterien. Es ist sichtlich unterschieden von denjenigen Streptokokken, die sich mit den üblichen Kulturmethoden aus Kuhkot, Kuhmilch und anderen züchten lassen. Das wird besonders deutlich, wenn man zur näheren Charakteristik der Stämme die in der Bakteriologie gebräuchlichen Stoffwechselreaktionen untersucht (N. Ruckers⁷⁰). Mit Hilfe der Natriumformiatmethode, die uns diese besondere Bakterienart anreicht, gelang indessen bald der Nachweis in den gleichen Medien. Auch aus den Enterokokken des menschlichen Darmes lassen sich acetylcholin-positive Stämme herauszüchten, und damit teilen sich die Enterokokken in zwei verwandte Typen, von denen das acetylcholin-positive mehr an das pflanzliche Milieu, das entsprechend negative mehr an das des Darmes angepaßt ist. Unter den Bodenbakterien ist es nur ausnahmsweise zu finden, ebenso selten auf frischen Pflanzen, dagegen ist es z. B. im Komposthaufen auf ver-

westen Pflanzen in Menge vorhanden. Für den Gärungs-
bakteriologen ist wesentlich, daß es — wie oben erwähnt —
identisch ist mit dem *Streptobacterium plantarum* (Orla
Jensen).

Dieses Bakterium kann nun morphologisch in ganz ver-
schiedenen Formen auftreten, und zwar entweder als Kokke
oder als Stäbchen, am häufigsten in Kulturen in Diplokokken-
form. Es hat den Anschein, als ob das *Bacterium plantarum*
seu *acetylholini* am Anfang der Säuerung mehr in Kokken-
form, später mehr in Stäbchenform auftritt. Es ist von uns in
vielen Unterrassen gezüchtet worden, die bald weniger, bald
stärker säuern, bald weniger, bald mehr Acetylcholin bilden.
Die meisten von uns gezüchteten Stämme sind homofermen-
tativ, das heißt, sie bilden aus Traubenzucker nur Milchsäure.
Indessen finden sich auch Stämme darunter, die etwas Essig-
säure statt Milchsäure bilden, wie z. B. ein Stamm vom *Strepto-*
bacterium plantarum, den Orla Jensen uns überließ. Durch
diesen Befund ist — abgesehen von der Tätigkeit der Essig-
bakterien, der Colibakterien und anderer heterofermentativer
Milchsäurebakterien und abgesehen von der Bildung der Essig-
säure aus Pentosen — eine neue Quelle dieser flüchtigen Säure
aufgedeckt worden. Nach unserer Auffassung ist das *Strepto-*
bacterium plantarum eine Grenzrasse des *Streptobacterium*
acetylholini, die in extremer Weise nur auf das pflanzliche
Medium eingestellt ist (Niederdepp e).

Nach Keil und Weirauch entwickelt sich das Bac-
terium *acetylholini* sowohl in der Luft als auch bei Luft-
abschluß. Bei einer Temperatur von $+4^{\circ}$ ist es nicht mehr
entwicklungsfähig und außerstande, Milchsäure und Acetyl-
cholin zu bilden. Bei 10° entwickelt es sich langsam im Laufe
weniger Wochen. Bei tieferen Temperaturen bleibt der Milch-
säurebildner indessen lebensfähig, um bei mäßiger Tempe-
raturerhöhung sofort wieder anzufangen, sich zu vermehren
und Milchsäure und Acetylcholin zu erzeugen.

Bei niedrigen Temperaturen werden sich im Grünfutter
hauptsächlich Hefen entwickeln. Bei hohem Zuckergehalt im
Futterstock ist dann die Gefahr vorhanden, daß größere Alko-
holmengen gebildet werden (vgl. S. 57). Diese doppelte Ge-

fahr, die mangelnde Milchsäure- und die gesteigerte Alkoholbildung, ist daher in der kälteren Jahreszeit, an hochgelegenen Stellen, in Silos, die an kühlen Orten angelegt sind, besonders groß. Das Silo sollte dann besser an wärmerer Stelle eingebaut werden. Man erinnere sich dabei auch an das übliche Verfahren der Sauerkrautbereitung, daß man nämlich das zerschnittene Kraut zunächst im warmen Raum für einige Tage angären läßt — um eine schnelle Säuerung zu erreichen und damit das Aufkommen unerwünschter Keime rasch zu verhindern — und es dann ins Kühle stellt (zweckmäßigerweise bei ungefähr 10° und darunter), wobei es mit Vitamin C angereichert wird (Link⁵⁰). Die beste Temperatur für die Milchsäurebildung in Kaltsilagen wird mit 25 bis 35° angegeben, und dem entspricht das Wirkungsoptimum für unsere Bakterienart. Aus anderen Gründen empfehlen wir indessen, den Wert von 30° nicht zu überschreiten.

Bei Temperaturen über 37° geht das Bakterium nach einiger Zeit zugrunde. Auch bei Überimpfung auf besonders guten Nährboden erholt es sich dann nicht mehr. Bei solchen höheren Temperaturen werden außerdem Coli- und Buttersäurebakterien begünstigt und gewinnen gleich von Beginn her die Oberhand.

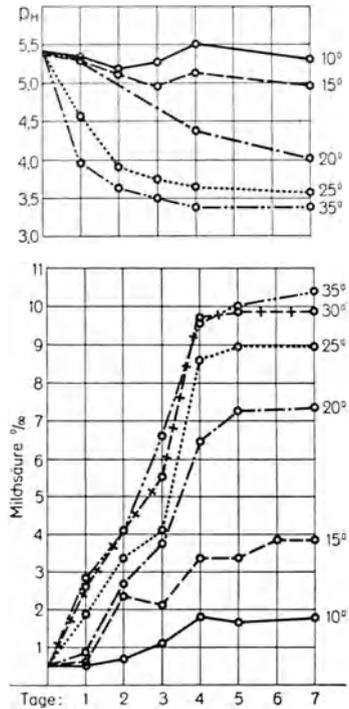


Abb. 5. Milchsäurebildung und p_{H} -Verschiebung des Keilschen Stammes in Abhängigkeit von der Zeit bei verschiedenen Temperaturen (nach Moeller und Ferdinand *)

*) Aus Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. II. Abteilung. Bd. 97, S. 96, 1937. Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Der Milchsäurebildner entwickelt sich noch, wenn der Säuregrad auf einen p_H -Wert von 3,0 angestiegen ist, doch ist die Milchsäurebildung hierbei verschwindend gering. Bei einem p_H von 3,3 bis 3,5 indessen findet noch eine deutliche Milchsäurebildung statt, während alle anderen Lebewesen, die im Sauerfutter vorhanden sind, bei solchen Säuregraden zugrunde gehen oder wenigstens ihre Tätigkeit einstellen. Dem entsprechen die Angaben von B e y n u m und P e t t e , sowie von

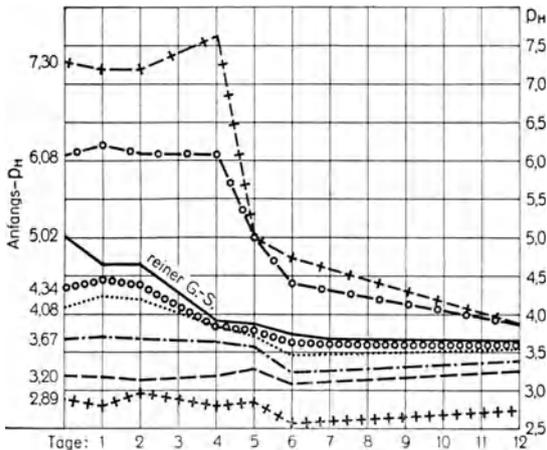


Abb. 5a. Einfluß der Anfangsazidität auf die p_H -Verschiebung des Keilschen Stammes

V i r t a n e n für das Futtersilo. Im A. J. V.-Verfahren kann daher Milchsäure nur auftreten, wenn ein p_H von mehr als 3,3 bis 3,5 vorhanden ist. Noch stärkere Säuregrade in einer mit Mineralsäure gesicherten Silage sind daher allein auf den Gehalt an freier Mineralsäure zu beziehen.

Das Bacterium plantarum seu acetylcholini ist aber weiter außerordentlich unempfindlich gegen chemische Zusätze der verschiedensten Art. Es wird erst bei einem Kochsalzzusatz von 12 % völlig gehemmt und wächst noch bei einem Zuckergehalt von 40 %. Es ist merkwürdig empfindlich gegen bestimmte Fäulnisprodukte, wie Indol und Skatol, auch gegen Indolessigsäure und Indolpropionsäure (W e l s c h), demgegenüber aber äußerst widerstandsfähig gegen andere Desinfektions-

mittel (V o l l h e r b s t). In praktischer Hinsicht ist wichtig, daß es sich in einer 2 0/0igen Lösung von ameisensaurem Natrium entwickelt und Milchsäure bildet, während viele andere Begleitbakterien durch solche Konzentration von Natriumformiat vernichtet werden. Daraus haben sich besondere Kulturmethoden für unser Bakterium entwickelt. Andererseits wird auch der große Vorteil einer durch Ameisensäurezusatz chemisch gesicherten Silage aus den Lebensbedingungen dieser Bakterienart verständlich. Als Beweis für die elektive Unempfindlichkeit der wichtigsten Silagebakterien gegen Natriumformiat sei die folgende Tabelle 3 wiedergegeben⁸⁸⁾.

Unser besonderer Milchsäurebildner bedarf für sein Wachstum eines geeigneten Nährbodens. Er ist wählerisch und anspruchsvoll. Doch gedeiht er in allen bisher untersuchten Preßsäften von grünen Futterpflanzen, wie von Mais, Weißkohl, Sonnenblumen, Gras u. a., in den Preßsäften aus Knollenpflanzen, wie Kartoffeln, Zwiebeln u. a., auch in Gurken-, Bohnen- und Tomatensäften.

In Preßsäften aus Äpfeln gedeiht das Bakterium nicht, und M o e l l e r hat nachgewiesen, daß darin bestimmte, für das Bakterium lebensnotwendige Aminosäuren fehlen. Apfeltrester dagegen sind ein ganz guter Nährboden. Auch in Pferdeserum, einem in der Bakteriologie besonders häufig verwendeten Nährboden, kommt das Bakterium nicht hoch, und hierbei hat sich erwiesen, daß ein Zusatz von Spuren eines Mangansalzes genügt, um das Bacterium acetylcholini wachsen zu lassen. Auf diesem Wege aber gelangten wir dazu, uns nach und nach einen nahezu vollständigen Überblick über den Bedarf dieser Bakterienart an Nähr- und Wuchsstoffen zu verschaffen.

Der Grundversuch über den Nähr- und Wuchsstoffbedarf der Milchsäurebakterien stammt von P a s t e u r , der 1857 in Hefekochsaft nach Zusatz von 5 0/0 Traubenzucker eine milchsäure Gärung herbeiführte. Vorarbeiten auf diesem Gebiete lagen auch bereits vor von dänischen Forschern (O r l a J e n s e n), sowie von Nordamerikanern (P e d e r s o n , S n e l l). Es kam uns auch zustatten, daß so viele der von unseren Bakterien benötigten Nähr- und Wuchsstoffe bereits in den Händen anderer Forscher waren. So lieferte uns K ö g l Proben

Tabelle 3. Übersicht der Eigenschaften der untersuchten Stämme bei Wachstum in Gurkensaft nach Welsch.

Zeit und Temperatur		nach 13 Tagen; bei 25° C.		nach 10 Tagen; bei 25° C.							
Bakterien	Stamm	Wachstumsgröße und Geschwindigkeit	A 1)	maximale Säuerung		max. Essigsäurebildg. %					
				p _H	$\frac{0}{100}$ M(s ²)						
		Kochsalz %		Natriumformiat %		Glucose %					
		a	b	a	b	a	b				
Bact. acetylcholini . . .	10 S	stark, schnell	+	3,56*	11,88*	0,03	> 6	< 1	10	> 26,5	45
Bact. acetylcholini . . .	St 233	stark, schnell	+	3,69	8,77	0,04	> 4	< 1	8	> 26,5	45
Bact. acetylcholini . . .	Pf 44	stark, schnell	+	3,50	12,33	0,04	> 8	< 1	8	> 26,5	45
Bact. cucumeris ferment.	B 1	stark, schnell	+	3,61	11,95	0,03	> 8	< 1	10	> 26,5	45
Bact. utile	B 3	stark, schnell	+	3,71*	9,28	0,03	> 8	< 1	10	> 26,5	45
Streptobact. casei ³⁾ . . .	M 14	stark, schnell	+	3,65*	10,83	0,03	> 6	< 1	>	> 26,5	45
Streptobact. plantarum .	P 24	stark, schnell	+	3,63	10,90*	0,21**	> 6	< 1	10	> 26,5	45
Grenzwerte aller acetylcholin-positiven Stämme				3,5-3,7	9	12					
Enterokokkus	St 17	mittelstark	—				> 4	< 1	1	> 26,5	45
Enterokokkus	St 19	mittelschnell	—	4,15	6,33	0,02	> 6	< 1	2	> 26,5	45
Streptobact. casei	C 11	mittelschnell	—	3,46	13,01	0,02	4	< 1	4	> 26,5†	45
Bact. lactis acidi	B 2	stark, langsam	—	3,37	15,46	0,04	> 6	> 4	8	> 26,5	45

1) Acetylcholin. — 2) Milchsäure. — 3) Dieser Stamm wurde aus anderen Gründen nochmals von Prof. Demeter bezogen. Derselbe (sowie ein weiterer) zeigte diesmal auch nach sehr vielen Passagen in Gurkensaft keine Acetylcholinbildung. — * Nach 9 Tagen. — ** Bei 37° C. — † In den ersten Tagen Hemmung schon bei kleinerer Konzentration.

von seinem Biotin, Richard Kuhn solche von seinem Lactoflavin und Adermin. Die Methoden der Reindarstellung der Aminosäuren und anderer zu solchen Untersuchungen nötiger einfacher Stoffe lagen fertig vor, und die meisten dieser Stoffe konnte man im Handel erhalten. Wir standen auf den Schultern von unzähligen Forschern, die vor uns waren. So trug neben den Männern auch die Zeit selber

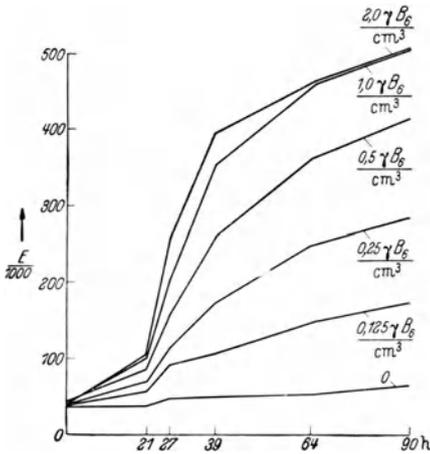


Abb. 6a.

Wachstumswirkung von synthetischem Adermin
(Mittelwerte aus je drei Versuchen).

Nach E. F. Moeller*)

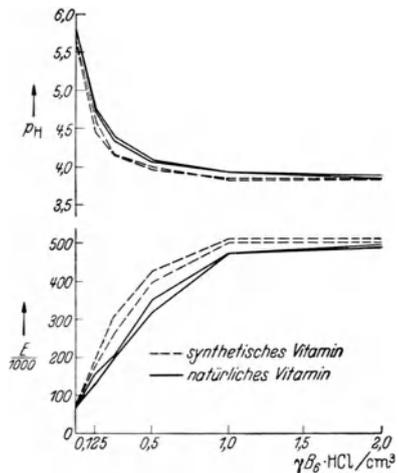


Abb. 6b.

Säurebildung und Zellvermehrung
nach 90 Stunden

dazu bei, daß uns heute ein nahezu abgeschlossenes System der Nähr- und Wuchsstoffe dieser Bakterienart bekannt ist.

Es sollen nicht die Einzelheiten der mühseligen Untersuchungen geschildert werden, denen sich mein Mitarbeiter Dr. Moeller unterzog. Der Fortschritt erfolgte durch immer weiteres Aufspalten des Pasteurischen Hefe-Kochsaftes in wirksame Einzelfractionen, durch Absondern chemischer Individuen, durch Verknüpfung unserer Beobachtungen mit anderen, auch entfernteren Erfahrungen der Naturwissenschaften, durch Messen, Zählen und Wägen, kurz mit den gebräuchlichen Hilfsmitteln, deren sich der heutige Mensch bedient, um das feinste Getriebe der Natur auseinanderzulegen. Als Beispiel für die Wirksamkeit der Wuchsstoffe

*) Aus Die Naturwissenschaften 1939, Heft 14, Verlag von Julius Springer, Berlin W 9.

sei die lichtelektrische Messung der Wachstumswirkung von synthetischem Adermin wiedergegeben; als Test diente das *Bacterium acetylcholini* (Moeller) (Abb. 6 a und 6 b).

Nachdem ein beträchtlicher Teil des Weges durchschritten war, fühlten wir, daß unsere eigenen Kräfte nicht ausreichten; und so wandten wir uns an Richard Kuhn, der eine Reihe ausgezeichnete Mitarbeiter, darunter besonders Th. Wieland und K. Schwarz, für unsere Frage einsetzte. Dieser Gemeinschaftsarbeit ist das nachfolgende System zu verdanken.

Das *Bacterium acetylcholini* verhält sich nicht wie andere niedrige Organismen, etwa Torulahefe, die sich aus den einfachsten Stoffen, aus Mineralsalzen, Zucker und anorganischem Stickstoff, das Wunderwerk des Protoplasmas, mit allen Fermenten, aufbaut. Es hat sich vielmehr herausgestellt, daß es in seinem Nahrungsbedarf nicht viel weniger kompliziert ist als die Säugetiere. Ein Vergleich dieser zu den niedersten Lebensformen gehörigen Bakterienart mit der höchsten Stufe der Schöpfung, dem Menschen selber, ist in der folgenden Tabelle 4 durchgeführt.

Der Gedanke, daß die lebende Natur von einem einheitlichen Bauplan durchzogen ist, entspringt ursprünglich der vergleichenden Zoologie (Buffon 1749). Kein geringerer als Goethe hat die frühe Geschichte dieses Gedankens dargestellt und sich durch Entdeckung des Zwischenkiefers am menschlichen Schädel selber in diese Annalen eingetragen. Wir würden über den Menschen herzlich wenig Sicheres wissen, wenn wir nicht an den kleinen Laboratoriumstieren, sogar an Fröschen, Kröten und Fischen, den Sinn und die Wirkungsweise der einzelnen Organe ergründet hätten.

Wir wissen heute, daß dieser urtümliche und allgemeine Bauplan sich sehr viel weiter zurückverfolgen läßt, als die Zoologen jemals geträumt haben. Als der Menscheng Geist in die geheimnisvolle Welt der kleinen und kleinsten Lebewesen eindrang — Leeuwenhoek war der erste, der diese Welt gesehen hat —, ahnte man noch nicht, daß sogar dort noch die gleichen chemischen Grundprozesse vor sich gehen wie in den höher organisierten Tieren. Wie im Samenkorn bereits alles

Tabelle 4. Lebensnotwendige Bestandteile der Nahrung

Mensch	Streptobacterium acetylcholini			
Lebensnotwendige Elemente: Na, K, Ca, Mg, C, O, H, N, S, P, Fe, Mn, Cu, Zn, Co, F, Cl, Br, J	Lebensnotwendig: Na, K, Mg, C, O, H, N, S, P, Fe, Mn, Cl	Nicht lebensnotwendig:		Noch unbekannt: Ca Cu, Zn, Co
Lebensnotwendige Kohlehydrate: Traubenzucker Ribose Thyminose	Traubenzucker			Ribose Thyminose
Lebenswichtige Aminosäuren: Valin Leucin Isoleucin Methionin — Lysin Threonin Tryptophan Histidin Phenylalanin Arginin —	Valin Leucin Isoleucin Methionin Arginin Glutaminsäure Asparaginsäure	Lysin Threonin Tryptophan Histidin Phenylalanin		
Lebensnotwendige Vitamine bzw. Wachsstoffe: A B ₁ B ₂ B ₆ Nikotinsäureamid Panthotensäure ? Biotin C D E F? K	B ₁ B ₂ B ₆ Nikotinsäureamid ? Panthotensäure Biotin	C		D E F K

angelegt ist, was später die erblühte Pflanze vor unseren Augen entfaltet, ebenso ist in diesen kleinsten der kleinen Lebewesen bereits der Bauplan sichtbar, der die gesamte Tierwelt durchzieht, von den primitiven Formen hinauf zu den höchsten.

Alle Glieder bilden sich aus nach ewigen Gesetzen
Und noch die seltenste Form bewahrt im Geheimen das Urbild
(G o e t h e 1819)

In der Tat treten viele Reaktionen, die im menschlichen Körper am Werke sind, mit einer wunderbaren Klarheit an diesen einfachsten lebenden Modellen zutage: Der Aufbau und Abbau der Eiweißkörper, die Kettenreaktionen, die mit dem Stoffwechsel der Kohlenhydrate verknüpft sind, fast die gesamte Reihe der Fermentreaktionen.

Wir haben uns nunmehr den anderen Milchsäurebildnern zuzuwenden, die in dieser dritten Phase des Gärungsvorganges noch eine zusätzliche Säuerung bewirkten.

Von diesen muß zunächst das *Streptobacterium casei* erwähnt werden, das nach den Untersuchungen von *Orla Jensen* in allen Silagen zu finden ist. Typische Stämme dieser Bakterienart stehen innerhalb der Gruppe der Streptobakterien auf dem äußersten Flügel, indem sie extrem an das Medium der Milch angepaßt sind, auch kein Acetylcholin bilden, während den anderen äußersten Flügel ein typischer, extrem den pflanzlichen Medien angepaßter Stamm des *Bacterium plantarum* (*Orla Jensen*) einnimmt. Es säuert im Gegensatz zum *Bacterium acetylcholini* sowie *B. plantarum* zwar sehr langsam, aber gleichzeitig sehr intensiv, und die Endwerte der Säuerung werden eher vom *Bacterium casei* hergestellt. Morphologisch läßt es sich kaum vom *Bacterium acetylcholini* unterscheiden. Seine typischen Stämme zeichnen sich dadurch aus, daß sie Casein spalten, während das *Keilsche* Bakterium mehr auf freie Aminosäuren angewiesen ist. Wie bereits früher erwähnt, sind uns einige Stämme von *Streptobacterium casei* bekannt geworden, die gleichzeitig neben Milchsäure auch Acetylcholin bilden. Diese beiden Arten von Milchsäurebakterien verhalten sich demnach wie

zwei Brüder, von denen der eine ein Sprinter, der andere ein Langstreckenläufer ist.

Im ganzen gesehen wirkt daher das *Bacterium casei* in der gleichen Richtung wie das *Bacterium plantarum*. Seine Anwesenheit besagt, daß das Medium reich an Nährstoffen der verschiedensten Art ist. Insbesondere bedürfen viele Stämme im Vergleich mit dem *Bacterium acetylcholini* noch eines zusätzlichen Faktors, der z. B. in Hefe vorkommt, und der von Moeller als „Caseifaktor“ bezeichnet wird, obwohl noch nicht eindeutig feststeht, ob es sich hierbei um eine einheitliche Substanz handelt.

Eine dritte Gruppe von Milchsäurebildnern, die sogenannten Betakokken — auch als Pediokokken (Hennberg) oder *Leuconostoc* (Pederson) bezeichnet —, gehört zu den heterofermentativen Bakterien und bewirkt — gemeinsam mit bestimmten Heferasen — die typische Aromabildung im Sauerkraut (Pederson⁶⁵). Im Hinblick auf die eigentliche Milchsäurebildung sind sie im allgemeinen von untergeordneter Bedeutung. Darüber hinaus lassen sich in jedem Falle noch viele andere bakterielle Lebewesen aus solchen Silagen züchten, wobei nicht leicht zu entscheiden ist, ob das einzelne wirklich die chemischen Vorgänge wesentlich mit beeinflußt, die sich im Gärfutter abspielen. Im Gegenteil wird man bei vielen dieser Begleitbakterien an Statisten erinnert, die bei den Trauerspielen auftreten, die ganz das Aussehen eines Schauspielers haben, die indessen auf den Gang der Handlung kaum einen Einfluß haben.

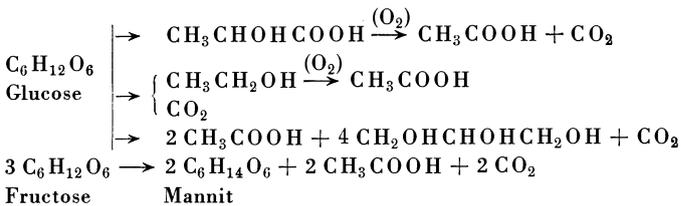
An dieser Stelle muß auch das Auftreten von anaerob wachsenden Hefear ten in der Silage erwähnt werden. Hierbei handelt es sich zum Teil um obergärige, zum Teil um untergärige Formen. Es ist nicht ganz geklärt, inwieweit sie in der Lage sind, selber Milchsäure zu produzieren; die von Moeller untersuchten, aus Silage isolierten Heferasen haben das nie vermocht. Andererseits tritt aber auch ein Milchsäureverlust durch solche Heferasen nicht ein, jedenfalls nicht bei Abwesenheit von Sauerstoff. Als Ergebnis der Hefetätigkeit ist der Alkoholgehalt der Silage anzusehen. In gut

verlaufender Silage beträgt dieser 0,3 % (Virtanen). In anderen Fällen, besonders aber bei Zusatz von Zucker und bei Vergärung bei niedriger Temperatur, können erheblich größere Alkoholmengen erzeugt werden, bis zu mehreren Prozent. Dann kann das Futter intensiv nach Alkohol riechen und einen weinartigen, angenehmen Geschmack bekommen, was den Kühen offensichtlich lieb ist. Ja es kann bei hohem Zuckergehalt des Gärfutters der Fall eintreten, wie mir von glaubwürdiger Seite versichert wurde, daß der ganze Tierbestand eines Bauernhofes, von der ältesten Milchkuh bis zum jüngsten Ziegenbock, jeden Abend angetrunken war. In einem anderen Fall meinte der Besitzer, seine Milchkühe hätten den Veitstanz bekommen, weil sie, statt zu fressen, im Gänsemarsch im Kreise herum liefen. Erfahrungsgemäß ist solches alkoholisches Gärfutter indessen schlecht haltbar und sollte möglichst rasch verbraucht werden. Die Tätigkeit der Hefen wird durch die Entnahme des Gärfutters aus dem Silo angefacht, und zwar um so mehr, je besser die Luft Zutritt erhält. Dann kommt es — wenn man das Futter mehrere Stunden ablagern läßt — zur raschen Bildung weiterer Alkoholmengen. Von diesem Kunstgriff macht man schon seit Goffart weithin Gebrauch, um die Freßlust des Milchviehs anzureizen. Nach Henneberg³⁾ bilden diese Hefen auch Aromastoffe, die eine Bedeutung bei der Sauerkrautherstellung besitzen. Dort arbeitet man auf Vorschlag von Henneberg auch mit künstlichem Zusatz solcher Aromabildner, z. B. von Champagnerhefe. Doch können sicher auch andere Lebewesen als Aromabildner auftreten, wie z. B. eine „aromatische gasbildende Rasse“ des *Bacterium cucumeris fermentati* (Henneberg). Andere Forscher, wie Pederson, halten die heterofermentativen Betakokken für die typischen Aromabildner des Sauerkrautes. Andererseits läßt man Weißkohl auch unter Zusatz von Wein oder sogar Champagner vergären: Für die Herstellung von Weinkraut sind die besonderen Bestimmungen der Hauptvereinigung der Deutschen Gartenbauwirtschaft zu berücksichtigen, wonach der Weinzusatz auf 50 kg Sauerkraut mindestens 1 Liter betragen soll. Champagnerkraut war vor dem Weltkriege in bestimmten Schlemmergaststätten zu erhalten.

d) Durch die Tätigkeit der Milchsäurebakterien ist nun die vierte Phase der Gärung in Gang gesetzt worden, nämlich die der Säuerung und Konservierung (vgl. S. 71). Es sei schon jetzt bemerkt, daß für nahezu alle biologischen Vorgänge, die sich weiter in der Silage abspielen, der Säuregrad von entscheidender Bedeutung ist. Grob gesprochen läßt sich sagen, daß wenn ein Futterstock ein p_H unterhalb von 4,2 aufweist, die Silage als gut konserviert bezeichnet werden kann, bei einem p_H oberhalb 4,2 dagegen muß man im allgemeinen annehmen, daß der Futterstock verdorben ist oder dem Verderben entgegengeht. Der p_H -Wert von 4,2 soll möglichst innerhalb von 4 Tagen erreicht werden, um alle Fehlgärungen nach Möglichkeit zu unterdrücken. Bei der Salzsäuresilage nach Virtanen wird sogar ein p_H -Wert zwischen 3,0 und 4,0 für notwendig erachtet, und zwar wegen der bekannten Schichtstruktur des mit Salzsäure behandelten Futterstockes. Von der obigen Regel, daß nämlich unterhalb von p_H 4,2 keine Fehlgärungen auftreten, machen eigentlich nur die Schimmelpilze eine Ausnahme, die bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sauerstoff noch bei einem p_H -Wert von kleiner als 2,0 wachsen. Auf die Frage, mit welchen Mitteln man diesen genügend hohen Säuregrad erzielen soll, wird erst im nächsten Kapitel eingegangen.

e) Ausgenommen unter extrem günstigen Bedingungen hat man mit einem fünften Vorgang zu rechnen, nämlich mit dem Emporkommen von weiteren Spaltpilzen und von Schimmelpilzen. Es treten Fehlgärungen auf, die nicht nur unerwünscht, sondern auch gefährlich sein können. Man erkennt solche Fehlgärungen unter anderem sehr frühzeitig am veränderten Geruch und Geschmack. Sie gehen nämlich einher mit der vermehrten Bildung von Buttersäure, Essigsäure und Propionsäure, die man auch als die flüchtigen Säuren des Gärfutters bezeichnet, und die sich am besten mit der von Eyrich¹⁷⁾ ausgearbeiteten Methode bestimmen lassen. Fehlgärungen lassen sich weiter erkennen an der Zunahme des p_H -Wertes, am Verschwinden der Acetylcholinreaktion und ganz besonders genau am Ansteigen des Ammoniakgehaltes.

Verantwortlich dafür sind Bakterien der Coli-Aerogenesgruppe, Buttersäure-, Essigsäure- und Propionsäurebakterien und die verschiedensten Fäulnisbakterien und Schimmelpilze, gelegentlich auch Hefen. Solange nicht eine genügende Säuerung des Futterstockes erzielt ist, kann das Hochkommen unerwünschter Keime in jeder Phase des Silagevorganges erfolgen. Ist z. B. das Futtermittel besonders stark mit Bakterien der Coli-Aerogenesgruppe und anderen Kotbakterien verschmutzt, wie das z. B. bei Rieselgras oder schlecht gewaschenen Rübenblättern der Fall ist, so finden sich schon frühzeitig, und zwar schon während der Vorgärung, die typischen Stoffwechselprodukte dieser heterofermentativen Milchsäurebakterien. Diese vergären nämlich Hexosen nach den folgenden Gleichungen (K l u y v e r ⁴⁴, B e r n h a u e r ³):



so daß neben Milchsäure erhebliche Mengen von Alkohol, Essigsäure, Kohlensäure entstehen. Für das Schicksal eines solchen Gärerzeugnisses aber ist wichtiger, daß schon im Beginn der Gärung infolge Abspaltung von Ammoniak und anderen stickstoffhaltigen Basen aus den Aminosäuren eine Tendenz nach der alkalischen Seite eintreten kann, so daß die gebildeten Milchsäuremengen nicht mehr genügen, um den erforderlichen Säuregrad herzustellen. In solchen Fällen können daher schon kurz nach dem Einlegen alle jene Veränderungen in Gang gesetzt werden, die man für gewöhnlich erst nach dem Aufkommen der Buttersäure- und Fäulnisbakterien zu befürchten hat. Im ganzen gesehen, ist indessen die Bedeutung der Coli-Aerogenesgruppe für das Schicksal der Silagen — von bestimmten Einzelfällen abgesehen — nicht als entscheidend anzusehen.

Die **Buttersäurebazillen** sind zunächst in Sporenform in der Silage enthalten, und sie sind gewöhnlich die ersten, die mit dem unfreundlichen Spiel der Fehlgärung beginnen. Sie sind die eigentlichen Bösewichter im Drama. Daneben finden sich Sporen von Fäulnisbazillen, die zum Teil aerob leben und nur in Gegenwart von Sauerstoff hochkommen, wie *Bacillus mesentericus*, *B. subtilis* und andere, zum Teil sich aber auch bei Abwesenheit von Sauerstoff entwickeln, nachdem die Buttersäurebakterien den Boden vorbereitet haben, wie *Clostridium putrificum*, *Bacillus putrificus*, *B. vermicosus* und andere. Die letzteren sind daher auch bei gutem Luftabschluß des Gärfutters gefährlich.

Die Buttersäurebazillen sind nicht — wie man früher annahm — dadurch schädlich, daß sie Eiweiß zersetzen, wie später die eigentlichen Fäulnisbakterien. Sie erzeugen daher im Stoffwechsel auch keine Gifte und schaden daher an sich der Verträglichkeit des Gärfutters nicht; stark buttersaures Futter wird vom Vieh gelegentlich sogar ganz gern genommen. Sie vergären vielmehr zunächst die verschiedenen Zuckerarten unter Bildung der zwar unangenehm und penetrant riechenden, aber sonst tierphysiologisch harmlosen Buttersäure. Die dabei verbrauchten Zuckermengen werden der Milchsäureproduktion entzogen. Weit schlimmer ist eine andere Eigenschaft der Buttersäurebakterien, daß sie nämlich — wenn der Zucker verbraucht ist — sich auch an die bereits gebildete Milchsäure und die gebildeten Laktate heranmachen und so die starke Milchsäure durch die neunmal schwächere Buttersäure ersetzen. Dadurch aber wird oft das Schicksal der Silage entschieden, denn sobald die Reaktion zunehmend alkalisch wird, keimen auch die Fäulnisbakterien aus ihren Sporen aus, und schwere Verluste an Eiweiß unter Bildung der bereits oben erwähnten Ptomaine sind zu befürchten. Auch muß man mit der völligen Zerstörung der meisten Vitamine rechnen.

Man hat sich früher kein richtiges Bild davon machen können, unter welchen Umständen eigentlich diese Entwicklung der Buttersäurebildner vor sich geht. Man glaubte besonders, das hänge zusammen mit einem schlechten Luftabschluß oder mit dem Auftreten von Schimmelpilzen. Heute wissen wir,

daß bei der Füllung der Silos eine gleichmäßige Gärung, die den ganzen Futterstock durchsetzt, oft nicht zu erreichen ist. Es bilden sich vielmehr einzelne Schichten, die nach der Milchsäuregärung eine weniger stark saure Reaktion besitzen. Auch bei Zusatz von Mineralsäuren ist es schwierig, den ganzen Siloinhalt gleichmäßig damit zu durchtränken. In solchen Schichten keimen aber, sobald die Reaktion nicht mehr den kritischen Säuregrad von p_{H} 4,2 besitzt, Nester von Buttersäurebakterien aus den Sporen aus, vergären die erreichbare Milchsäure nahezu restlos, werden auch infolge der durch Temperaturunterschiede einsetzenden Strömungen weiter verschleppt; die Nester vergrößern sich allmählich, so daß die Reaktion in immer weiteren Bezirken alkalisch wird; und am Ende wird der ganze Futterstock den Fäulnisbakterien als Beute übergeben.

Nach dieser von B e y n u m und P e t t e eingehend begründeten Theorie müssen alle Silagen, die im Beginn einen p_{H} -Wert von mehr als rund 4,2 aufweisen, bei zunehmendem Alter immer mehr alkalisch werden, so daß man im reifen Futterstock eine Reaktion vom p_{H} -Wert 4,2 bis 4,5 immer seltener findet.

Die Silagen unterhalb von 4,2 sind daher als haltbar (stabil) zu bezeichnen, die oberhalb dieses p_{H} sind labil und werden von Verderben bedroht. Das in der beigegebenen Abbildung 7 schraffierte Gebiet ist das der labilen Silagen (B e y n u m und P e t t e, S. 363).

Dem entsprechen auch die Erfahrungen der Praxis, wonach Grassilagen, die unter Zusatz von Zucker oder Molke eingelegt werden, nach der vollständigen Reifung entweder einen p_{H} -Wert von 3,5 bis 4,3, oder einen solchen von 4,7 bis 5,5 aufweisen, während z. B. bei Grassilagen mit Zuckerzusatz ein p_{H} -Wert zwischen 4,3 und 4,7 überhaupt nicht zur Beobachtung kam. Aus der Abbildung 8 ergibt sich aber weiter, daß bei eiweißreichen Leguminosen der Zusatz von Zucker in Form von Molke überhaupt versagte und eine genügende Säuerung nur in einem einzigen Falle herbeiführte (vgl. S. 85).

Verantwortlich für diese verhängnisvollen Vorgänge ist ein bestimmtes Buttersäurebakterium, das als Clostridium

tyrobutyricum (Beynum und Pette⁴) bezeichnet wird, während andere Buttersäurebildner, wie Clostridium saccharobutyricum, Milchsäure und Laktate nicht vergären können.

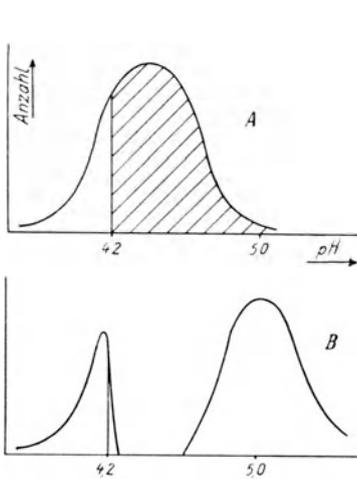


Abb. 7.
 A. Theoretische Verteilung junger Silagen im p_H -Gebiet.
 B. Theoretische Verteilung alter Silagen im p_H -Gebiet.
 (Nach Beynum und Pette)

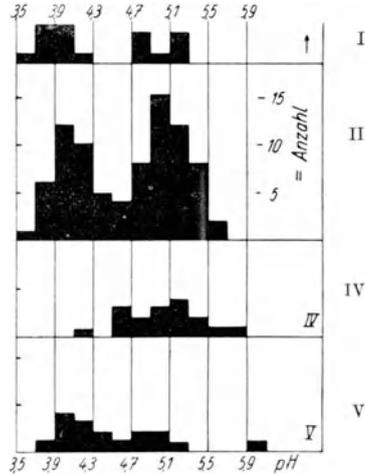


Abb. 8. Verteilung der untersuchten alten Silagen der Praxis im p_H -Gebiet
 I. Grassilagen mit Zuckerzusatz.
 II. Grassilagen mit Molkezuführung,
 IV. Leguminosen mit Molkezuführung,
 V. Silagen anderer Futtermittel mit Molkezusatz.
 (Nach Beynum und Pette)

Es ist die gleiche Bakterienart, die auch für die Käserei besonders gefährlich ist. Die chemische Umsetzung erfolgt dabei nach dem folgenden Schema:



Es bildet sich daher bei diesem Vorgang neben Buttersäure noch Kohlensäure und Wasserstoff, d. h. es treten neue Gärungsgase auf. Ist erst einmal die Milchsäure durch Buttersäure ersetzt und die Reaktion dadurch weniger sauer geworden, so ist das Schicksal der Silage entschieden. Dann übernehmen nämlich die aus ihren Sporen auskeimenden Fäulnisbakterien die weitere Zersetzung des Futterstockes. Der Eiweißgehalt sinkt rasch ab, und aus den Aminosäuren

entwickeln sich — neben chemisch noch unbekanntem Giftstoffen, wie z. B. dem hochwirksamen Sepsin, — die bekannten Fäulnisprodukte, z. B. die *Amine* — von Methylamin bis zum Isomylamin —, die *Diamine*, wie Putrescin und Cadaverin, höhere *Alkohole* vom Typ der Fuselöle. Auch können *Gase*, wie Schwefelwasserstoff, Sumpfgas, Wasserstoff u. a. auftreten.

Die basischen Produkte der bakteriellen Eiweißzersetzung bezeichnete man früher auch als *Ptomaine* und brachte sie in Zusammenhang mit den gelegentlichen, durch verfaulte Massen herbeigeführten Vergiftungen, die sich hauptsächlich durch Störungen im Magen-Darm-Kanal äußern. Diese Gefahr ist indessen in früherer Zeit erheblich überschätzt worden, und viele dieser Ptomaine, wie z. B. Putrescin und Cadaverin, sind überhaupt ungiftig. Daher bezeichnet man solche Bruchstücke der Aminosäuren lieber als *Aporrhemen*. Ergänzend sei dazu bemerkt, daß solche Eiweißbruchstücke nicht durchweg aus der Tätigkeit von Bakterien stammen. Es können auch die in der Pflanze vorhandenen Enzyme einen ähnlichen Abbau der Eiweißkörper herbeiführen, wobei allerdings niemals Giftstoffe entstehen. Solche Enzyme können auch in völlig ausgereiftem Gärfutter noch vorhanden sein; das Nachdunkeln von Mangoldstielen und anderen Gemüsen kurz nach der Entnahme aus den Gärbehältern beruht z. B. auf der Unversehrtheit der Peroxydasen. Durch kurzes Erwärmen auf 60 bis 70° werden alle Enzyme vernichtet, so daß das beschriebene Nachdunkeln oder die enzymatische Zersetzung der Eiweißkörper oder der Ascorbinsäure nicht mehr vor sich gehen. Durch das sogenannte *Blanchieren* der Gemüse soll — neben der erwünschten Abtötung von Kleinlebewesen — auch das Wirken der Enzyme beendet werden, und zwar zerstört kochendes Wasser von 100° die Oxydasen schon innerhalb 1 Minute.

Ist erst einmal alkalische Reaktion eingetreten, so können sich auch *pathogene Keime* entwickeln, die sich in saurer Reaktion nicht vermehren können, zum Teil auch schnell abgetötet werden, die aber bei alkalischer Reaktion in Pflanzensäften ein üppiges Wachstum zeigen können. Beson-

ders gefürchtet sind die Erreger des Botulismus, sowie die der infektiösen Magen-Darmerkrankungen (Paratyphus — Enteritisgruppe).

Die Entwicklung der aerob wachsenden Schimmelpilze kann bei Luftzutritt sehr bald nach dem Einlegen beginnen, noch bevor Buttersäure- und Fäulnisbakterien auskeimen. Unter solchen Umständen verhalten sich die Schimmelpilze ähnlich wie die Buttersäurebakterien insofern, als sie ebenfalls die Milchsäure angreifen. Auch in der Nachbarschaft der Schimmelkolonien wird daher die Reaktion weniger sauer, und dies führt dann sekundär zum gesetzmäßigen Auskeimen der Buttersäure- und Fäulnisbakterien.

Die meisten Schimmelarten dürfen an sich wohl als harmlos gelten, und verschimmeltes Brot z. B. ist häufig in Kriegs- und Notzeiten ohne besonderen Schaden verzehrt worden, ja, die Gesundheitsbehörden haben ausnahmsweise solches Brot ausdrücklich im Handel zulassen müssen. Viele Schimmelarten gelten sogar als Delikatesse, wobei an die verschiedenen Schimmelkäse erinnert sei. In bestimmten Gegenden hat man früher auch das Brot erst tüchtig verschimmeln lassen, bevor es gegessen wurde. In anderen Fällen indessen können in verschimmelten Bezirken gefährliche Giftstoffe auftreten. Dabei kommen nach Fröhner²²⁾ die folgenden Pilzarten in Betracht: *Mucor*, der Blasenschimmel, mit vielen Unterarten; *Aspergillus*, der Kolbenschimmel, besonders mit der Unterart *Aspergillus glaucus*; *Penicillium glaucum*, der Pinselschimmel, der besonders auf Brot vorkommt, und *Oidium lactis*, der Milcheischimmel. Der letztere stellt sich besonders leicht auf saurer Milch ein.

Diese Schimmelpilze wirken — wenn überhaupt — nicht dadurch giftig, daß sie in die Blutbahn übergehen, wie die meisten pathogenen Bakterien. Diese Form der Infektion (z. B. Aspergillose bei Schafen), ist außerordentlich selten. Es handelt sich vielmehr um noch unbekannte Giftstoffe der verschiedensten Art, die von ihnen produziert werden, die auch die verschiedensten Krankheitsbilder zur Folge haben. Die Bildung dieser Giftstoffe erfolgt ohne jede bekannte Regel, und nicht jedes verschimmelte Nahrungsmittel führt zu einer

schweren Vergiftung. Man sagt, daß ihre Bildung abhängig ist von der herrschenden Temperatur, vom Nährboden und vom Entwicklungsstadium der Pilze. Besonders in den Fruktifikationsorganen der Schimmelpilze sollen gelegentlich gefährliche Gifte gebildet werden.

Im einzelnen ist indessen die Giftwirkung der Schimmelpilze wissenschaftlich noch sehr wenig geklärt; auch kann das Gift durch das sekundäre Auftreten von Krankheitskeimen in den verschimmelten Bezirken entstehen:

Die im R o d e n w a l d t s c h e n Institut in Batavia studierte Bonkrekvergiftung hat dort eine sehr merkwürdige Aufklärung erfahren. Das in bestimmten Gegenden Mitteljavas zum Würzen der Speisen verwendete Bonkrek entsteht aus den Preßrückständen der Kokosölgewinnung, die der Einwirkung von Schimmelpilzen (Rhizopusarten) ausgesetzt werden. Gelegentlich entsteht nun in diesem verschimmelten Bonkrek ein tödlich wirkendes Gift, das auch durch Kochen und Rösten in seiner Giftwirkung kaum abgeschwächt wird, und das den Untergang ganzer Familien herbeiführen kann. Es hat sich herausgestellt (v a n V e e n und M e r k e n s ⁸²), daß in solchen Fällen in den stark lufthaltigen, verschimmelten Massen ein bestimmtes Bakterium (Bonkrekbakterien) auftritt, das seinerseits aus Kokosfettsäuren die eigentlichen Giftstoffe bildet.

Betroffen werden von einer Vergiftung durch verschimmeltes Futter in erster Linie die Pferde, die besonders empfindlich sind, daneben auch andere Haustiere, wie Kühe und Schafe. Der Verlauf kann sehr stürmisch sein und innerhalb von 24 Stunden zum Tode führen. Gelegentlich kann sich die Vergiftung aber auch über mehrere Tage und Wochen hinziehen. Am häufigsten sieht man Vergiftungserscheinungen von seiten des Magen-Darmkanals, wie Appetitlosigkeit, Kolik, Verstopfung, auch Durchfälle, durch die schleimige oder blutige Massen entleert werden. Gelegentlich ist aber auch das Zentralnervensystem betroffen, und man findet Symptome eines Hirnödems, wie Schwindel, Taumel u. a., gelegentlich auch Lähmungen, die bald die Nerven der Gliedmaßen und des Rumpfes, bald die Kopfnerven betreffen. In seltenen Fällen werden ausgesprochene Veränderungen der inneren Drüsen, besonders von Leber und Nieren, beobachtet. D a s V e r f a u l e n u n d V e r s c h i m m e l n k a n n l e t z t e n E n d e s i n V e r m o d e r n ü b e r g e h e n .

Schon G o f f a r t hat darauf hingewiesen, daß Gärfutter bei schlechter Silierung ein Gift für die Haustiere werden kann. Der erste, so berichtet er, gebe ihm an, daß er nur zur Hälfte einsilierten Mais geben dürfe, sonst gingen ihm die Tiere zugrunde. „Ein Drittel“, so habe ihm ein anderer gesagt, „sei das Äußerste, was die Tiere in ihren Rationen vertragen könnten.“ Ein weiterer Landwirt hätte sogar behauptet, daß er kaum ein Viertel geben dürfe. „Machen Sie bessere Silagen“, ruft G o f f a r t aus, „das ist der Kern der Frage.“ Die Erfahrung lehrt, daß das Gärfutter, vom besonders leicht silierbaren Mais abgesehen, beim heutigen Stande der Silagetechnik nur bis zu einer ganz bestimmten täglichen Dosis unschädlich ist. Je schlechter es ist, desto weniger sollte täglich gegeben werden. Die Tiere selber, denen ein stark aufgeweichtes, matschiges, wennsonst auch erstklassiges Gärfutter verabfolgt wird, verlangen ihrerseits nach festerem Futter. In den Versuchen von G o f f a r t wurden die Maisstengel mit gehäckselt, so daß die Tiere ihre Kauwerkzeuge besser betätigen konnten. Es ist zu hoffen, daß die tägliche Dosis an Gärfutter beträchtlich erhöht werden kann, sobald die völlige technische Beherrschung der Gärung gewährleistet ist, und daß man dann die alten G o f f a r t'schen Erfahrungen auch für andere Futterpflanzen wird bestätigen können.

In wirklich gutem Gärfutter indessen findet sich neben den verschiedenen Hefearten eine Reinkultur von Milchsäurebakterien. Während die Keimzahlen in schlechten Silagen sogar größer werden können, verschwinden aus gutem Gärfutter die Milchsäurebakterien mehr und mehr, so daß ein völlig ausgereiftes, einwandfreies Gärfutter letzten Endes praktisch steril ist. Diesen Zustand kann man als die letzte Stufe der Silage bezeichnen.

2. Die Nebenumstände der Gärung

a) Die Luft ist der schlimmste Feind der Silage, und ein einwandfreies Gärfutter ist nur zu erzielen, wenn die Luft gleich zu Beginn aus dem Futterstock möglichst vollständig ausgetrieben wird, wenn man gleichzeitig aber Maßnahmen

trifft, um ihr Wiedereindringen zu verhindern. Vor mehr als einem Jahrhundert zeigte G a y L u s s a c , daß durch aller- kleinste Luft- oder Sauerstoffmengen die alkoholische Gärung in Traubensäften prompt angefacht wird, und ähnliches gilt auch für viele der unerwünschten biologischen Vorgänge, die im Gärfutter ablaufen.

Um das Austreiben der Luft möglichst vollständig zu machen, wird gewöhnlich die Futterpflanze gehäckselt. Indessen lassen sich saftreiche Pflanzen auch ohne Häckselung einsäuern (vgl. S. 40). Einen weiteren Teil der Luft entfernt man durch festes Einstampfen, das an den Rändern der Silos besonders gründlich erfolgen muß, wo leicht Luft zurückbleibt, und das sind gleichzeitig jene Stellen, wo am leichtesten Fäulnis und Schimmelbildung auftreten. Bei den meisten Futterpflanzen sind indessen die Luftreste durch Häckseln und Einstampfen nicht auszutreiben, da das frische Pflanzengewebe elastisch ist und zurückfedert. Beim Absterben der Blätter verliert sich diese Elastizität, der Futterstock sinkt in sich zusammen unter Austreiben der eingeschlossenen Luftmassen, ein Vorgang, der durch Zusatz von Mineralsäuren beschleunigt werden kann. Das Zusammenfallen der Blätter erfolgt dann so prompt, daß man unter Umständen auch ganze Blätter einlegen kann, ohne sie vorher zu zerkleinern. Auch durch die Sickersaftbildung wird die Luft ausgetrieben, und ähnliches erreicht man durch Zusatz von Preßsäften. Bestimmte Sauerstoffmengen werden auch durch die absterbenden Blätter verbraucht, wobei sich gleichzeitig Kohlensäure bildet, die rein mechanisch bei der Verdrängung der Luft mithilft. Alle diese Vorgänge aber tragen dazu bei, daß der Futterstock bei richtiger Arbeitsweise mehr oder weniger luftfrei wird.

Besonders wichtig aber ist der L u f t a b s c h l u ß . Es gibt Futterpflanzen, bei denen man in dieser Hinsicht wenig kleinlich zu sein braucht. Bei der Herstellung von Sauerkraut im Haushalt stellt man ja bekanntlich den Luftabschluß auf sehr einfache Weise her, indem man eine Decke von flach aufgelegten, ungeschnitzelten Kohlblättern etwa handdick auflegt, mit Tuch und Holzdeckel abschließt und mit Steinen beschwert. Bestimmte Futterpflanzen, wie z. B. Mais, können unter be-

sonders günstigen klimatischen Umständen sogar einfach in Haufen an der Luft vergoren werden, wenn man nur für festes Zusammenpressen sorgt (G o r i n i). Nach den vorliegenden Untersuchungen findet in solchen Gärfutterhaufen nur eine mäßige Temperaturerhöhung statt, und auch die Energieverluste scheinen an Ort und Stelle nicht besonders groß zu sein. Auch der Alpenampfer läßt sich einfach in solchen Haufen vergären.

Im allgemeinen indessen ist bei unseren Futterpflanzen ein fester Luftabschluß unentbehrlich. Man erzielt ihn mit Deckeln der verschiedensten Konstruktion, die mit Steinen, Lehm, Brennholz u. a. belastet, in neuerer Zeit auch durch Preßvorrichtungen bewegt werden, so daß bei Aufhören der elastischen Spannung im Futterstock ein genügend hoher Druck erzeugt wird, um die Massen unter Austreiben der noch zurückgebliebenen Luftreste weiter zusammenzupressen. Erfahrungsgemäß ist dazu ein Druck von 400 bis 500 kg für den Quadratmeter Oberfläche erforderlich. Ist das Gewicht geringer, so bleibt Luft zurück; ist es größer, so kann eine zu starke Bildung von Sickerkraft erfolgen, der dann überfließt und verloren geht.

Heute arbeitet man vielfach nach dem folgenden einfachen Verfahren, um eine sorgfältige Abdeckung und Beschwerung des Futters zu erreichen:

Auf das Futter bringt man zunächst eine Spreuschicht und dann noch am gleichen Tage eine 40 cm³ hohe lehmige Erdschicht, die gut festgestampft und feucht gehalten werden muß. Vor dem Aufbringen der Erdschicht muß die Futteroberfläche in der Mitte nach oben gewölbt werden, weil sich das Futter erfahrungsgemäß in der Mitte stärker setzt als am Rand. (Aus der „Amasil“-Vorschrift.)

Man kann den Luftabschluß auch mit Hilfe von Kohlensäure herstellen, die im Überdruck unter den Gärdeckel gepreßt wird. Läßt sich ein sicherer Luftabschluß nicht erzielen, so muß man den sich bildenden Schimmel von Zeit zu Zeit entfernen, wie das bei den Sauerkrautfässern geübt wird. Man kann indessen auch dem überstehenden Saft ein Desinfektionsmittel zur Verhütung von Schimmelbildung und Fäulnis zusetzen. Das älteste und einfachste Verfahren besteht darin, daß man eine große Menge Seesalz oder Kochsalz

auf die oberste Schicht streut. In letzter Zeit empfiehlt Reinhold, dem überstehenden Preßsaft einen Zusatz von 2 g Benzoesäure je Liter zuzusetzen. Da dieser überstehende Saft vor dem Gebrauch abgeschöpft wird, können sich nur geringe Mengen des Desinfektionsmittels dem Gärgemüse selber mitteilen. Für solche Zwecke eignen sich besonders auch die Benzoesäureester (vgl. S. 82).

b) Bereits an anderer Stelle ist dargetan worden (S. 36), daß die in der ersten Phase der Silierung gebildete Kohlensäure aus den verschiedensten Quellen stammt: Aus der Restatmung der absterbenden Pflanze, aus der Tätigkeit der anwesenden Hefen, besonders aber aus der Gärung der heterofermentativen Bakterien der Coli-Aerogenesgruppe. Jeschneller diese Vorgänge durch die fortschreitende Säuerung und durch das Verschwinden der Luft aus dem Futterstock beendet werden, um so geringer sind die gebildeten Kohlensäuremengen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Bakterien der Coli-Aerogenesgruppe durch eine mäßige Säuerung kaum beeinflußt werden; auch können sie anaerob wachsen, sofern genügend Kohlehydrate zur Verfügung stehen. Die Kohlensäureproduktion, die mit diesen Lebewesen zusammenhängt, wird daher nur durch besonders starke Säuerung vollständig aufgehoben, z. B. durch künstlichen Zusatz erheblicher Mengen von Mineralsäuren. Ähnliche Dienste leistet das Angärenlassen bei höherer Temperatur, wie das beim Einlegen von Sauerkraut üblich ist, in Silagen aber infolge Selbsterwärmung des Futterstockes vor sich geht. Unter solchen Bedingungen kann die Kohlensäurebildung rasch zu Ende gehen. In anderen Fällen muß man damit rechnen, daß ein fast vollständiger Verbrauch der durch heterofermentative Bakterien vergärbaren Kohlehydrate erfolgt.

Es ergibt sich daraus, daß der Gehalt des Sauerkrautes an Kohlehydraten, die durch heterofermentative Bakterien — etwa der Coligruppe — unter Bildung von Kohlensäure, Wasserstoff u. a. vergoren werden, je nach der Herstellungsweise erheblich schwanken kann, und daß ein aus dem Handel entnommenes Sauerkraut gelegentlich noch erhebliche Mengen gärungsfähiger Stoffe enthält. Möglicherweise wird es

dann bei Neigung zu Blähungen besonders schlecht vertragen (vgl. S. 120).

Die gebildete Kohlensäure hat indessen noch eine sehr wesentliche Aufgabe im ferneren Silierungsvorgang. In einem gut gebauten Silo bildet sie eine weitere Sicherung gegen den Zutritt der Luft und damit gegen das unerwünschte Wuchern der Schimmelpilze und anderer luftbedürftiger Mikroben, während die anaerob lebenden Milchsäurebildner vom Typus des *Streptobacterium plantarum et casei* durch Kohlensäure in ihrer Tätigkeit nicht beeinflußt werden. Einzelne Arten von anaerob lebenden Hefen können auch bei stark saurer Reaktion noch Kohlensäure liefern (R u s c h m a n n). Bestimmte Silierungsverfahren machen Gebrauch von der erhöhten Haltbarkeit des Gärfutters, wenn dieses unter einer Wolke von Kohlensäure liegt (Moraviaverfahren u. a.).

Beim Öffnen von Gärfutterbehältern kann die Kohlen säureschicht unter Umständen meterhoch über dem Futterstock liegen, und eine eingeführte brennende Kerze soll zum Zeichen des guten, luftdichten Abschlusses sofort verlöschen. Wird diese Kohlensäure aus Unvorsicht oder Unkenntnis eingeatmet, so kann sie zu schweren Erstickungserscheinungen und zu Betäubung führen, und gelegentlich sind Todesfälle nach wenigen Atemzügen beschrieben worden. Man pflegt die Kohlensäure zu entfernen, indem man einen brennenden Strohwisch hineinwirft und anschließend die Probe mit der brennenden Kerze anstellt. Auch tut man unter Umständen gut, die Leute vorher anzuseilen, bevor sie in das Silo hinuntersteigen.

c) Es ist das Verdienst von V i r t a n e n ⁸³⁾, daß er uns das Verständnis vermittelt hat für die vielerlei chemischen und biologischen Vorgänge, die durch ein Mehr oder Weniger an Säure beeinflußt werden. Sobald der kritische p_H -Wert von 4,2 durch die anwesende Säure nicht mehr eingestellt werden kann, fangen die Buttersäurebakterien an, aus ihren Sporen auszukeimen. Sie verwandeln allmählich die starke Milchsäure in die schwache Buttersäure, und sobald nun ein p_H -Wert von 5,0 erreicht ist, entwickeln sich auch die Fäulnisbakterien aus ihren Sporen, und das Gärfutter ist nunmehr

als verdorben zu betrachten. Die Abhängigkeit der verschiedenen Kleinlebewesen des Gärfutters vom p_H -Wert ergibt sich aus der Zusammenstellung von R u s c h m a n n (Abb. 9).

Ebenso wichtig ist eine genügende Säuerung als Schutz gegen das Aufkommen pathogener Keime. Für alle Erzeugnisse, die für die menschliche Ernährung bestimmt sind, bedarf es einer besonderen Sicherheit. Als kritische Zahl ist hier beim heutigen Stande der Wissenschaft ein p_H -Wert von 4,0

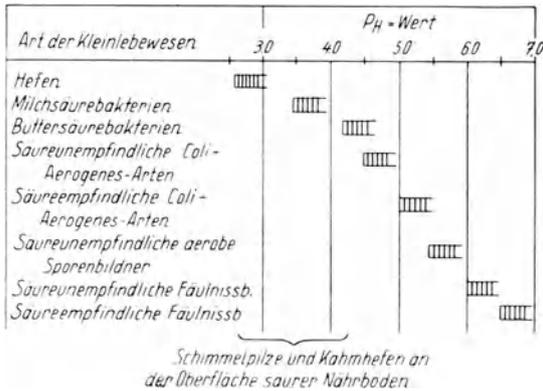


Abb. 9. Wachstumsgrenze der Gärfutter-Kleinlebewesen (nach G. R u s c h m a n n)

anzusehen, unterhalb dessen nicht ein einziger bekannter bakterieller Krankheitserreger mehr entwicklungsfähig ist, und die wichtigsten, darunter Typhus-, Ruhr-, Cholerabakterien, sowie die Erreger der B a n g s c h e n Krankheit werden durch eine so stark saure Reaktion nach einiger Zeit auch abgetötet (Abb. 10).

Wer einen bösen Hund hat, legt ihm einen Maulkorb an, um ihm das Beißen zu verwehren. Unter diesem Bilde läßt sich der Einfluß der Säure auf die Buttersäure- und Fäulnisbakterien sowie auf pathogene Spaltpilze begreifen.

Hierzulande sollte man besonders vorsichtig sein mit allen eiweißhaltigen Nahrungsmitteln, bei denen leicht eine zu geringe Säuerung entsteht. Aus diesem Grunde kann der Autor sich z. B. mit sauer eingelegten Pilzen nicht befreunden. Es wird aber weiter deutlich, daß jede Verschmutzung der ein-

gelegten Nahrungsmittel zu schwerer Fehlgärung mit Aufkommen pathogener Keime führen kann; daher die häufig wiederkehrende Mahnung, sorgfältig zu vermeiden, daß die einzulegenden Blätter mit dem Erdboden in Berührung kommen. Auch die weitverbreitete Sitte des vorhergehenden Abbrühens des einzulegenden Gemüses wird wohl zum Teil auf

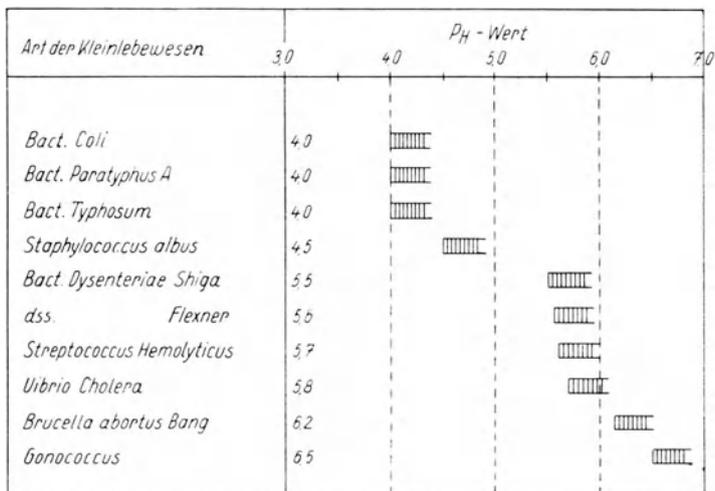


Abb. 10. Wachstumsgrenze der wichtigsten pathogenen Bakterien

die schlechten Erfahrungen zurückzuführen sein, die bei Fehlgärung eintreten, was man gelegentlich mit schwerer Krankheit zu bezahlen hatte.

Gleichzeitig besitzt die anwesende Säure eine rein chemische Wirkung, die zur Konservierung von Eiweiß, Kohlehydraten und Fetten sowie von Vitaminen beiträgt. Von sehr vielen solcher lebenswichtigen Bau- und Betriebsstoffe des lebenden Organismus ist bekannt, daß sie in saurer Reaktion besser haltbar sind als in alkalischer. Dies gilt z. B. für die Vitamine B₁ und C; besonders für das letztere, das sich in alkalischer Reaktion sehr rasch zersetzt.

Als Folge dieser biologischen und chemischen Stabilisierungsvorgänge ergibt sich ein erhöhter Nährwert und eine bessere allgemein biologische und diätetische Wirkung des bei

stark saurer Reaktion konservierten Gärfutters. Wie K o h l m e y e r ⁴⁶⁾ festgestellt hat, findet sich gelegentlich schon bei schwacher Abnahme der Milchsäure eine starke Vermehrung der flüchtigen Säuren, die für Geruch und Geschmack von ausschlaggebender Wichtigkeit sein können. V i r t a n e n ⁸³⁾ macht darauf aufmerksam, daß bei ungenügendem Säuregrad bestimmte Aminosäuren besonders leicht der Zersetzung anheimfallen, und zwar unter Abspaltung von Ammoniak und anderen stickstoffhaltigen Basen. Er betrachtet die quantitative Ammoniakbestimmung im Gärfutter als das wichtigste und eindeutigste Maß für die Zersetzungsvorgänge. In gutem Gärfutter beträgt der Ammoniakgehalt nur 1 bis 3 % des Gesamtstickstoffes. Bei schlechter Konservierung steigt er erheblich an, und gleichzeitig damit läßt sich ein nahezu vollständiges Verschwinden des Tryptophans feststellen, eines für das Säugetier lebensnotwendigen Stoffes, den es nicht aus eigenen Kräften aufbauen kann, sondern mit der Nahrung aufnehmen muß. Um mit K a r l T h o m a s zu sprechen, besitzt das Eiweiß eines solchen schlecht bereiteten Gärfutters einen geringen biologischen Wert, und es kann zum Aufbau von körpereigenem Eiweiß nur in dem Maße verwendet werden, wie Reste von Tryptophan vorhanden sind, oder solches mit anderen Futtermitteln zugeführt wird.

Es ist weiter damit zu rechnen, daß nach der Verfütterung von minderwertigem Gärfutter auch die Milch der Kühe nicht vollwertig ist und sich z. B. bei der Käseerei den Gärungserregern gegenüber anders verhält. Tryptophan ist nämlich gleichzeitig einer der lebensnotwendigen Baustoffe für gewisse Milchsäurebakterien.

Neben diesen allgemeinen Schwierigkeiten, die sich bei unzureichender Säuerung einstellen, sind aber noch einige Besonderheiten zu berücksichtigen, die ebenfalls zur Folge haben, daß das Gärfutter ohne Sicherungszusatz häufig mißlingt.

Erfolgt nämlich das Einsäuern ohne künstlichen Säurezusatz, und überläßt man es den Milchsäurebakterien, die nötige Säuerung herbeizuführen, so werden in den ersten 3 bis 4 Tagen neben den Milchsäurebakterien auch andere unerwünschte Begleitbakterien, wie z. B. das Bacterium coli, hoch-

kommen. Sind die letzteren von vornherein stark im Übergewicht, so können sie unter Freimachen von Ammoniak rasch eine Eiweißzersetzung einleiten; die später auch reichlich entstehende Milchsäure genügt dann nicht mehr, um neben der Neutralisation von Ammoniak auch noch die Silage genügend sauer zu machen, so daß diese nunmehr der Buttersäuregärung und Fäulnis anheimfällt. Die Gefahr ist besonders groß, wenn das Futtermittel stark mit Erde, Dung oder gar mit den Abwässern der Rieselwiesen verschmutzt ist (vgl. S. 36). Unter solchen Umständen muß man damit rechnen, daß die Milchsäurebakterien zu spät kommen.

Ein anderer Fall liegt bei hohem Eiweißreichtum der Futterpflanzen vor, der eine starke Pufferung gegen Säuren ausübt. Als besonders schwierig zu silieren gelten auf Grund dieses hohen Eiweißgehaltes das junge Gras, weiter Klee, Wicken, Esparsette und besonders das Landsberger Gemenge, bestehend aus Klee, Wicken und welschem Weidelgras. Dabei ist zu berücksichtigen, daß solche Futterpflanzen gerade infolge ihres Eiweißgehaltes hohen wirtschaftlichen Wert besitzen, und daß die meisten von ihnen noch dazu im Zwischenfruchtbau, also zusätzlich gewonnen werden.

Virtanen⁸³⁾ hat festgestellt, daß die Gegenwart von mehr als 2% Milchsäure notwendig wäre, um in einsilierten, eiweißreichen Futterpflanzen den kritischen p_{H} -Wert von 4,2 einzustellen. Eine so hohe Milchsäurekonzentration ist indessen nur in Ausnahmefällen durch Gärung zu erzielen, wobei noch zu berücksichtigen ist, das in eiweißreichen Futterpflanzen gleichzeitig ein Weniger an vergärbaren Kohlehydraten zur Verfügung steht. Die Schwierigkeit bei der Silage eiweißreicher Pflanzen besteht möglicherweise auch darin, daß diese einen besseren Nährboden für unwillkommene Begleitbakterien bilden; doch sollte dieser letzte Umstand, im ganzen gesehen, nicht überschätzt werden.

d) Im folgenden stellen wir den Säuregrad der Silage in den Vordergrund und beschäftigen uns mit der Frage, die alles andere überschattet: Mit welchen Hilfsmitteln und Anordnungen läßt sich die Säuerung des Futterstockes befördern? Es

soll aber nicht vergessen werden, daß die Säurefrage nur einen Teilausschnitt des gesamten Problems darstellt, daß vielmehr immer auch das große Gebiet der Neben um st ä n d e zu berücksichtigen ist, das sich in der zweiten Frage zusammenfassen ließe: Was kann ich vermeiden bzw. was muß ich tun, um unerwünschte Vorgänge in der Silage zu unterdrücken (Austreiben der Luft, Verhinderung des Zutritts von Luft, Unterdrückung der Vergärung und der Zersetzung der Eiweißkörper, Ammoniakbildung, Nesterbildung der Sporenträger, Buttersäuregärung, Fäulnis, Schimmelbildung u. a.). Es wird sich aber im nachstehenden erweisen, daß alle diese Neben um st ä n d e durch starke Säuerung in günstigem Sinne beeinflußt oder in ihren schädlichen Auswirkungen gemildert werden.

Welche Wege stehen uns nun offen, um in eingelegtem Futter einen genügend hohen Säurewert zu erzielen? Grundsätzlich lassen sich biologische und chemische Verfahren unterscheiden.

α) Biologische Verfahren

Biologisch gesehen sind zwei Hauptgründe denkbar, die eine ungenügende Milchsäurebildung zur Folge haben: Entweder ist nämlich die Zahl der Milchsäurebakterien von vornherein ungenügend, oder aber die Lebensbedingungen für diese Bakterien sind nicht die besten. Und so gibt es grundsätzlich zwei biologische Verfahren, um eine bessere Milchsäurebildung zu erzielen, nämlich Zusatz von Milchsäurebakterien oder Herstellung eines besseren biologischen Nährbodens für diese Bakterien (Mischsilagen, Presssaftverfahren).

αα) Über den Zusatz von Bakterienkulturen zur Silage gibt es ein umfangreiches, aber gleichzeitig sehr verworrenes Schrifttum. Kaum zwei Autoren haben mit den gleichen Bakterienstämmen gearbeitet, und viele Ideen auf diesem Gebiete waren von vornherein zum Scheitern verurteilt. Man hat z. B. lange Zeit geglaubt, daß man die in der Milch vorkommenden Milchsäurebakterien (*Bacterium acidi latici*) zu Silagezwecken verwenden könne. Es hat sich aber längst er-

wiesen, daß diese auf den Sickersäften der Pflanze gar nicht recht gedeihen, auch schnell von anderen Bakterienarten unterdrückt werden, die auf die pflanzlichen Nährböden besonders eingestellt sind, zudem auch auf allen Pflanzen vorkommen. Es besteht heute kaum ein Zweifel mehr, daß die gelegentliche Verbesserung der Silage durch Zusatz von Sauermilch, Molke und anderem gar nichts mit den eingepflichten Bakterien zu tun hat, sondern mit den gleichzeitig zugeführten anderen Stoffen: Milhzucker und Milchsäure. Man war auch der Ansicht, daß die Futterpflanzen sehr häufig die richtigen Stämme von Milchsäurebakterien nicht reichlich genug mitbrächten.

Nach unseren heutigen Kenntnissen kann ein absoluter Mangel nur entstehen, wenn im Beginn der Silierung eine zu starke Temperaturerhöhung im Futterstock auftritt und infolgedessen die mit der Pflanze eingeschleppten Bakterien abgetötet werden. Ein relativer Mangel ist dagegen z. B. zu befürchten, wenn die Futterpflanzen stark mit anderen unerwünschten Bakterien verschmutzt sind, wie das z. B. bei Rieselfeldergras der Fall ist. Es ist verständlich, wenn W. V ö l t z gerade für diesen Zweck den Zusatz von Reinkulturen empfohlen hat, verständlicherweise unter gleichzeitiger besonders scharfer Berücksichtigung der übrigen Silagebedingungen. Auch für Rübenschnitzel (Z a i t s c h e k), für Kartoffeln (Verrein der Spiritusfabrikanten, Berlin), für eiweißreiche Mischsilagen (R u s c h m a n n) sind Bakterienzusätze empfohlen worden.

Nachdem wir selber die wahren bakteriellen Urheber der milchsäuren Gärung in Silagen in die Hand bekamen und diese durch die Eigenart ihres Stoffwechsels genau definieren konnten, haben wir auch Silageversuche unter Zusatz von Reinkulturen des schnellensäuernden *Bacterium plantarum* sive *Acetylholini* gemacht. Wir konnten bestätigen, daß durch solche Zusätze gelegentlich eine schnellere und reinere Säuerung im Gärfutter zu erzielen ist. Auch R u s c h m a n n, der mit einem Impfpräparat der Firma Dr. A. S c h a e f f e r, Hamburg, arbeitete, erzielte bei einem eiweißreichen Grünfutter, dem Landsberger Gemenge, bei gleichzeitigem Zuckerzusatze eindeutige Erfolge. Wir selber haben dann das S c h a e f f e r-

sche Mittel, das wesentlich durch seinen Gehalt an *Streptobacterium acetylholini* wirkt, auf verschiedene Gemüse einwirken lassen und haben gelegentlich ein nach Geruch und Geschmack besseres Gärgemüse erhalten*).

In anderen Fällen hingegen ist ein solcher Zusatz nahezu wirkungslos. Ja, es gibt Beispiele, daß eine allzu reine Milchsäuregärung gar nicht erwünscht ist, die nötige Aromabildung sogar unterdrückt wird, wie bei der Bereitung von Sauerkraut. Es ist ebenso sicher, daß bestimmte Nebengärungen zu einer besseren Haltbarkeit des Gärproduktes beitragen können, auch eine allzu weitgehende Säuerung verhindern; und der Vorzug vieler altbewährter Gärgemüse beruht sicher darauf, daß die verschiedensten Kleinlebewesen dabei tätig sind. In Großbetrieben hingegen wird es oft geraten sein, zunächst durch eine rein milchsäure Gärung die nötige *Sicherheit* herzustellen und — wenn nötig — das Aroma durch nachträgliche Zusätze zu verbessern.

Für die Vergärung von eiweißreichem Grünfutter gibt *Ruschmann* an, daß durch alleinigen Bakterienzusatz — ohne gleichzeitigen Zusatz von Futterzucker, Melasse, Rübenschnitzeln u. a. — keine genügende Sicherheit erzielt wird.

Unter besonders ungünstigen Umständen, wie z. B. in kalten Gebirgsgegenden, kann es hierzulande mehrere Wochen dauern, bis eine zur Konservierung genügende Milchsäurekonzentration erreicht ist, und die Gefahr des Verderbens ist dann sehr groß. Man würde einen wesentlichen Gewinn erzielen können bei Zusatz von Milchsäurebildnern, die noch bei niedriger Temperatur zur raschen Säuerung der Silage führen. Leider sind wir bisher nicht in den Besitz solcher Stämme gelangt, obgleich wir uns auch ein im hohen Norden vergorenes Gemüse schicken ließen. Dagegen ist die Temperaturempfindlichkeit der Bakterien gelegentlich abhängig von der Natur der Futterpflanze. So tritt beim Einsilieren von Senf bei 12 bis 15° eine kräftigere Milchsäuregärung ein als bei 21 bis 22°. (Nach persönlicher Mitteilung von *Speer*.)

*) Anmerkung bei der Korrektur: Eingelegte Bohnen z. B. sollten eine ganz besonders reine milchsäure Gärung durchmachen, und hier ist ein Zusatz des *Schaefferschen* Mittels durchaus geraten.

aβ) Die zweite für die Praxis der Silage wichtige biologische Methode zur Erzielung eines genügenden Säurewertes ist die Zumischung besonders gut silierbarer Futterpflanzen zu den schlecht silierbaren in Form der sogenannten M i s c h - s i l a g e n. Zu einer solchen biologischen Sicherung der Silage dienen besonders die M a i s s t a u d e, die Zuckerrübenschnitzel, der Markstammkohl u. a. Für den Fall, daß solche gut silierbaren Futterpflanzen zur richtigen Zeit und in genügender Menge zur Verfügung stehen, um gleichzeitig mit den schwer silierbaren Pflanzen geschnitten und eingelegt zu werden, ist ein Verderben der Mischsilage bei guter Durchmischung nicht möglich, es sei denn, es werde gegen die einfachsten Regeln der Silage verstoßen. Dieses Verfahren wird daher in der landwirtschaftlichen Praxis in weitestem Umfange geübt.

aγ) Zu den biologischen Verfahren gehört auch die sogenannte P r e ß s a f t s i l a g e, durch die ebenfalls ein besonders günstiger Nährboden für die Bakterien geschaffen wird: Das zu vergärende Gemüse wird mit Preßsaft aus Maisstauden oder aus anderen zuckerhaltigen Pflanzen, auch mit dem eigenen Preßsaft, so überschüttet, daß es völlig damit durchtränkt und bedeckt wird. Für einen besonders guten Luftabschluß muß gesorgt werden, da ein derart gesäuertes Gemüse leicht zu Schimmelbildung und zu anderen Formen der Zersetzung neigt.

Zu solchen Verfahren eignet sich die Maisstaude besonders gut, da sie wenig wählerisch ist und daher auf nahezu allen Böden fortkommt; auch braucht sie wenig Pflege und liefert gute Erträge. Die Pflanzen sind sehr wasserreich und geben daher in Frucht- und Mostpressen leicht ihren Saft ab, der einen nicht unangenehmen Geschmack und Geruch besitzt. Auch der hohe Zuckergehalt wirkt günstig. Er bildet sozusagen eine fette Weide für Milchsäurebakterien. Besonders aber hat E y r i s c h nachgewiesen, daß Maispreßsaft (ähnlich wie die Säfte von Weißkohl, Gurken, Rüben und zuckerreichen Früchten) s e l b s t u n t e r a e r o b e n B e d i n g u n g e n und bei wilder Gärung eine starke Säuerung bewirkt, im

Gegensatz zu den meisten anderen Pflanzenpreßsäften, die unter diesen Umständen, gemessen an der Erhöhung des p_{H} -Wertes und der flüchtigen Säuren, der Erniedrigung des Milchsäuregehaltes und dem Verschwinden der Acetylcholinreaktion, schnell verderben, ja, die Fehlgärung solcher eiweißreicher, zuckerarmer Pflanzensäfte macht selbst unter aeroben Bedingungen einer reinen milchsäuren Gärung Platz, wenn man Maispreßsaft zusetzt.

Nach der Vergärung nimmt der Maissaft einen Saure-Gurken-ähnlichen Geschmack an, der sich mit einzelnen Gemüsen, z. B. mit Mangoldstielen und roten Rüben, gut verträgt, in anderen Fällen dagegen als unangenehm empfunden wird. Für solche Zwecke kann man an andere Preßsäfte denken, z. B. an solche aus Karotten oder Tomaten, die außer der starken Säure keinen aufdringlichen Gärgeschmack mehr besitzen.

Wir haben dieses Verfahren unter Verwendung von Maispreßsaft zum Einlegen der verschiedensten Gemüsearten benutzt, z. B. von Rotkohl, Mangold, Roten Rüben, Karotten, Sellerie, Kohlrabi, Kartoffeln, Schwarzwurzeln, Weißrüben, Tomaten u. a. Später haben wir aus grundsätzlichen Erwägungen viele Gemüse auch im eigenen Saft eingelegt, wodurch meistens der Geschmack verbessert wird. Nach einem ähnlichen Verfahren hat in letzter Zeit Reinhold-Pillnitz⁶⁷⁾ außerdem noch Zwiebeln, Porrée, Pilze u. a. vergoren. Er empfiehlt Weißkohl, Kohlrübe, Speiserübe und Kürbis als billige Saftspender.

Das Pflanzengewebe wird durch die Vergärung mehr oder weniger aufgeschlossen. Das Gemüse wird weicher, und rote Rüben z. B. lassen sich jetzt roh genießen, während sie beim bisher üblichen Verfahren erst mehrere Stunden gekocht werden müssen. Das Verfahren hat andererseits den Vorteil, daß man die Gemüse vor dem Einlegen nicht allzu sehr zerkleinern muß, ja, man kann ohne weiteres auch ganze Stengel, unzerkleinertes Gemüse, oder ganze Tomaten so einlegen. Eine allzu breiige Beschaffenheit des Gemüses ist ja nicht jedermanns Geschmack, und breiiges Futter wird sogar von Wiederkäuern ungern genommen.

Man gewinnt so vollwertige Nahrungsmittel, in denen alle wichtigen Bestandteile weitgehend erhalten sind. Das gilt nach Untersuchungen aus dem L i n t z e l s c h e n Institut ⁵¹⁾ für manche der so gewonnenen Gärgemüse auch für das Vitamin C, das zu den besonders leicht zersetzblichen Stoffen in der Pflanze gehört. In einer solchen Preßsaftsilage finden sich daher Nährstoffe, Vitamine und Mineralsalze annähernd in ihren natürlichen Verhältnissen, und die ersteren sozusagen in vorverdauter Form.

In den von uns eingelagerten Proben ist bei Verwendung von Maispreßsaft der kritische p_{H} -Wert von 4,2 in jedem Falle erreicht worden, und das Verfahren arbeitet daher mit einer Präzision, die sich mit keinem chemischen Sicherungszusatz erreichen läßt, wenn man von der Anwendung extrem hoher Mengen von Mineralsäure oder Ameisensäure absieht. Damit aber gewährt es alle Garantien, die mit einer stark sauren Reaktion zusammenhängen: insbesondere die Hemmung der Buttersäure- und Fäulnisbazillen, sowie der meisten Krankheitskeime, die zufällig anwesend sein sollten.

Bei allen untersuchten Gemüsen liefert eine bestimmte Stufe der Gärung ein in geschmacklicher Hinsicht durchaus einwandfreies Rohprodukt, das mehr oder weniger säuerlich schmeckt. In Form von Rohsalat sind solche Gemüse dann gut zu verwerten, und das trifft besonders für rote Rüben, Sellerie, Tomaten, Möhren u. a. zu. Für den Liebhaber von Sauerkraut sind nach R e i n h o l d solche Gärgemüse aus Rotkohl, Kohlrabi und ähnlichem auch in gekochtem Zustande eine willkommene Abwechslung. Ebenso ist das Gärprodukt aus Mangoldstielen ganz besonders schmackhaft und läßt sich in mannigfacher Form küchentechnisch verwerten.

Ähnlich wie die Herstellung des Sauerkrauts braucht das mit Preßsaft angesäuerte Gemüse seine Zeit. Insofern ist die Preßsaftsilage kein schnelles Verfahren der Konservierung. Es erfordert indessen weniger Arbeitskräfte und nur billigste technische Anlagen. Man kann zur Zeit des Überflusses einsäuern, so daß nach dem Urteil von R e i n h o l d ⁶⁷⁾ kaum ein zweites Verfahren ein so preiswertes Massenerzeugnis zu liefern vermag.

Die Schwierigkeit bei der technischen Herstellung solcher Gärgemüse besteht darin, daß die geschmacklich befriedigende Stufe der Gärung bei einigen Gemüsen sehr schnell durchlaufen wird. Bei Karotten z. B. wird der Eigengeschmack schon nach kurzer Zeit durch den Säuregehalt überdeckt. Man hat den Eindruck, daß die Konstellation der Bakterien-Hefeflora in den gebräuchlichen Gärgemüsen, wie Sauerkraut, sauren Bohnen u. a. ganz besonders günstig ist, was sich darin äußert, daß eine allzu starke Säuerung über eine lange Zeitspanne nicht eintritt. Doch sei daran erinnert, daß auch das Sauerkraut bei langer Lagerzeit unangenehm sauer werden kann, und technisch sind verschiedene Maßnahmen angewendet worden, um diese Übersäuerung zu verhindern.

In den Sauerkrautfabriken wird z. B. nach *Henneberg*³¹⁾ der Sickersaft abgelassen, wenn der gewünschte Säuregrad erreicht ist und durch reines Leitungswasser ersetzt. Von anderer Seite wird in diesem Stadium der Gärung ein Zusatz von Desinfektionsmitteln empfohlen, um das Fortschreiten der Säuerung zu verhindern.

*Sabalitschka*⁷³⁾ ist der wichtigen Entdeckung nachgegangen, daß die Veresterung aromatischer Säuren zu einer wesentlichen Verstärkung der antiseptischen Wirkung führt. Die entwicklungsverhindernde Konzentration der Salze und Säuren einerseits, der Methylester andererseits, geht aus der folgenden Tabelle 5 hervor.

Tabelle 5

Art des Desinfektionsmittels	Salz	Säure	Methylester
Thymol, Carvacrol	—	0,001	—
Phenol	—	0,002	—
Benzoessäure	0,104	0,006	0,021
Anissäure	—	0,009	0,004
p-Chlorbenzoessäure	—	0,009	—
Salicylsäure	0,269	0,016	0,019
m-Chlorbenzoessäure	—	0,014	—
o-Chlorbenzoessäure	—	0,018	—
Zimtsäure	—	0,019	0,004
m-Oxybenzoessäure	0,125	0,062	0,005
p-Oxybenzoessäure	0,125	0,062	0,005

Auf Grund dieser Versuche sind die verschiedensten Ester der Paraoxybenzoesäure für die Lebensmittelkonservierung empfohlen worden, und zwar der Methylester unter dem Namen Nipagin M, der Äthylester als Nipagin A und der besonders wirksame Propylester als Nipasol. Es sind auch Mischungen dieser Ester als Nipacombin im Handel. Grob gesprochen kann man damit rechnen, daß solche Ester bei der Lebensmittelkonservierung etwa zwei- bis dreimal stärker wirksam sind als Benzoesäure. Auch in Hinsicht auf Verträglichkeit sind diese Stoffe nach den Versuchen von S c h ü b e l als besonders günstig zu beurteilen (R o s t ⁶⁹).

Von S c h l a y e r ist Nipacombin empfohlen worden, um das Fortschreiten der Säuerung im Sauerkraut zum Stillstand zu bringen. Über entsprechende Versuche ist allerdings bisher nichts bekanntgeworden. Wir selber konnten auch mit erheblichen (bis 1 %) Zusätzen von Nipacombin die milchsaure Gärung nicht abstoppen. In letzter Zeit sucht man nach stärker wirksamen und völlig unschädlichen Stoffen (R. K u h n und O. W e s t p h a l). Auch wird das Sauerkraut in diesem Zustande in Dosen verpackt und sterilisiert.

Es lassen sich aber auch einfache küchentechnische Verfahren anwenden, um eine zu starke Säuerung zu überdecken. Bekannt ist der Zusatz von Milch beim Kochen, die mit ihrem Gehalt an Alkalien die überschüssige Säure abstumpft, gleichzeitig durch ihre schleimige Beschaffenheit den scharfen Geschmack mildert, wohl auch einen Teil der lipoidlöslichen Milchsäure in den Fetttropfchen aufnimmt. Von R e i n h o l d - P i l l n i t z ist ein Zusatz von 7 g Natriumcarbonat auf 1 kg des silierten Gemüses empfohlen worden, wodurch etwa 25 % der Gesamtsäure unter Bildung von Natriumlactat neutralisiert werden. Er gibt dieses Verfahren besonders an für Kohlrüben, Mohrrüben, Zwiebeln, Porree und Pilze. Wir selber möchten aus ärztlichen Gründen lieber einen Zusatz von Schlammkreide empfehlen, da der größte Teil des Kalks gar nicht vom Körper aufgenommen wird, vielmehr mit dem Kot wieder abgeht, im Gegensatz zu den leicht resorbierbaren Natriumsalzen, die ins Blut übergehen. Besser noch wird man auf solchen Zusatz von Chemikalien überhaupt verzichten; doch

ist das dadurch angerichtete Unheil sicher nicht bedeutend. Letzten Endes wird es sich am vorteilhaftesten erweisen, wenn man die Säure mit Hilfe von Beigaben, z. B. von Zucker, von Mehl, von Kartoffeln, in jeder Form abzuschwächen versucht. Zu erwägen ist auch ein Zusatz von Pflanzenschleimen, möglicherweise schon beim Einsäuern. Derartige Versuche sind in unseren Händen sehr aussichtsreich verlaufen.

β) Chemische Verfahren

α) Das älteste chemische Verfahren, um den Ablauf der milchsäuren Gärung zu beeinflussen, besteht im Zusatz von Kochsalz, bzw. im Einlegen in Salzlake; der übliche Zusatz beträgt 1% Kochsalz, indessen sind bis zu 3% verwandt worden. Ein einfacher Versuch mit und ohne Kochsalzzusatz überzeugte davon, daß Sauerkraut dadurch wohlschmeckender wird. Die Ursachen dieser Verbesserung sind zur Zeit nicht zu erkennen. Ohne Zweifel wird das Wachstum der wichtigsten Milchsäurebakterien durch solche geringen Kochsalzmengen nicht beeinflußt, ebensowenig die Milchsäurebildung. Auch die vermehrte Sickersaftbildung hat in einem so wasserreichen Blatt wie dem weißen Kopfkohl kaum eine Bedeutung, obwohl das Gewebe dadurch fester wird und weniger zu Zersetzungsvorgängen neigt. Die Veränderungen, die durch den Kochsalzzusatz im Gehalt an Vitamin C, an flüchtigen Säuren eintreten, waren in unseren Versuchen verschwindend gering. Unter diesen Umständen scheint es, daß gewisse, bisher nicht näher untersuchte biologische Vorgänge angeregt werden, wie etwa das Wachstum bestimmter aromabildender Hefen. Auch werden gleichzeitig manche Begleitbakterien gehemmt, so daß möglicherweise durch den Kochsalzzusatz eine spezifische Flora erzeugt wird.

Nach Angabe von Reinhold-Pillnitz werden Zwiebeln bei der Silage ohne Salzzusatz braun und deuten autolytische Vorgänge an, bei Zusatz von 1,5% Kochsalz bleiben sie fest und weiß.

Bei der Silage von Futtermitteln ist schon von Goffart ein Kochsalzzusatz angewandt worden mit der Begründung, daß kleine Kochsalzmengen der Gesundheit der Tiere zuträg-

lich sind. Doch wird man hier höchstens 0,25 % Kochsalz verwenden, da die Tiere bei einer täglichen Ration von 40 kg schon 100 g davon erhalten. Für die Gärungsvorgänge sind solche geringen Mengen gleichgültig.

a β) Der Zusatz von Zucker und von anderen vergärbaren Kohlehydraten (z. B. auch die Verwendung von Melasse, Molke u. a.) leitet sich her aus unseren Kenntnissen über die Stoffwechseleigenschaften der Milchsäurebakterien. Es ist dies ein Gewinn, den wir zu gleichen Teilen der neueren Chemie und der Bakteriologie zu verdanken haben. In gewissen Grenzen, nämlich bis zu einem Maximum von ungefähr 1,3 %, ist die Milchsäurebildung abhängig vom Angebot an solchen vergärbaren Kohlehydraten, nach deren Umsetzung sie aufhört.

Ohne Zusammenhang damit stehen ältere Versuche, durch Zuckerzusatz das grüne Blatt zu konservieren. J. G. H. Kramer⁴⁷⁾ berichtet schon 1737 in der bereits aufgeführten Skorbutschrift, daß man Gartenkresse und Löffelkraut in Steinmörsern mit Zucker verreiben kann, und daß man so eine ungekochte Konserve erhält, die man in steinernen oder hölzernen Gefäßen aufbewahrt. In den entferntesten Gegenden hätte man so jederzeit ein wirksames Skorbutumittel zur Verfügung. Die wirksame Dosis beträgt eine halbe Unze (15 g), täglich zwei- bis dreimal zu nehmen; man kann aber auch, wie das bei frischen Pflanzen üblich ist, Preßsäfte daraus bereiten.

Aus dieser letzten Anweisung ist zu schließen, daß der Zuckerzusatz nicht hoch genug ist, um die milchsaure Gärung zu verhindern. Insofern haben wir es auch hier mit einem Silageverfahren zu tun, in dem zusätzlich — infolge des hohen Zuckergehaltes — noch eine Stabilisierung der Ascorbinsäure vor sich geht.

Diese Kenntnisse gingen in der Folgezeit wieder völlig verloren, und erst heute, nach 200 Jahren, führt uns die Wissenschaft, nach vielen Umwegen und Irrwegen, wieder zu diesem Ausgangspunkte zurück. Die Stabilisierung des Vitamin-C-Gehaltes durch reichlichen Zuckerzusatz wird bei neuzeitlichen Konservierungsverfahren wieder durchgeführt.

Mit dem Zuckerzusatz als Silagesicherung haben sich in letzter Zeit die verschiedensten Autoren beschäftigt (4, 17, 46, 71, 83). In der Praxis verwendet wird ein Zusatz von Rohrzucker in einer Menge von 0,25 bis 0,9 %, auf den Siloinhalt umgerechnet, von Melasse entsprechend dem Rohrzuckergehalt, von Molke in einer Menge von 2 bis 12 % bei einem durchschnittlichen Zuckergehalt der Molke von 4 bis

5 ‰. In letzterem Falle schwanken die zugesetzten Zuckerkonzentrationen zwischen 0,0045 und 0,6 ‰ (Beynum und Pette⁴⁾). Für Gemüsekonserven ist auch gesäuerte Magermilch benutzt worden, und zwar 12 ‰ (Reinhold-Pillnitz⁶⁷⁾). Auch die Rohprodukte der Darstellung von Bergius-Zucker werden zur Silagesicherung verwendet. Wegen ihres gleichzeitigen, nicht unbeträchtlichen Salzsäuregehalts und wegen der Anwesenheit noch unbekannter Hefewuchsstoffe nehmen sie eine Sonderstellung ein.

In den Versuchen von van Beynum und Pette an Gras-Kleesilagen fand sich nach der Vergärung ohne Zusatz ein p_H -Wert von 4,56, der nach dem Vorausgesagten ein rasches Verderben der Silage nach sich ziehen muß. Nach Zusatz von 0,1 ‰ Saccharose wurde indessen ein p_H -Wert von 4,16 beobachtet, und nach 0,5 ‰ Saccharose ein solcher von 3,98. Der Säuregrad ist damit ausreichend geworden, um — infolge des Zuckerzusatzes — eine Stabilisierung der Silage herbeizuführen. Ähnliche Versuche sind auch mit Zusatz von Lactose und Glucose durchgeführt worden (Tabelle 6).

Tabelle 6
600 g Gras-Klee-Gemisch und 150 ccm Flüssigkeit. p_H -Messungen, ausgeführt nach 133 Tagen.
(Nach v. Beynum und Pette)

Zusatz von Saccharose in ‰	Niedrigste p_H	Zusatz von Glucose in ‰	Niedrigste p_H	Zusatz von Lactose in ‰	Niedrigste p_H
0	4,65	0	4,46	0	5,92
1	3,95	2,5	3,70	0,5	4,60
—				1	4,46
0	4,56			2	3,98
0,1	4,10			5	3,20
0,5	3,98				

Mit den verschiedensten Zuckerarten erreicht man danach bei zuckerarmen Pflanzen ein Ansteigen des Milchsäuregehalts und ein Absinken des p_H -Wertes. Zur besonderen Empfehlung des Zuckerzusatzes wird noch angeführt, daß die Buttersäurebakterien mit der Vergärung der Milchsäure erst beginnen,

wenn der anwesende Zucker aufgezehrt ist. Man wird an einen bösen Hund erinnert, dem man ein Stück Fleisch hinwirft, um ihn an Schlimmerem zu verhindern.

Eingehende Untersuchungen über die Bedingungen, unter denen ein Zuckerzusatz günstig wirkt, sind von K o h l m e y e r ⁴⁶⁾ und E y r i s c h ¹⁷⁾ an Preßsäften der verschiedensten Gemüse und Futtermittel durchgeführt worden. Es ergab sich dabei, daß unter streng anaeroben Verhältnissen bei nahezu sämtlichen Pflanzensäften eine Wirkung auf die Milchsäurebildung nicht beobachtet wird, auch nicht z. B. bei Futterpflanzen, wie Weißklee, Blauklee und Wicken. Eine Ausnahme bildeten nur zwei verschiedene Grassorten (Ziergras und Futtergras). Hier trat nach Glucose eine sehr kräftige Steigerung der Gesamtmilchsäure ein. Verhindert man indessen den Luftzutritt nicht, so tritt die Zuckerwirkung in den allermeisten Fällen deutlich zutage. Man beobachtet dann einen grundlegenden Unterschied zwischen Säften mit natürlich hohem Zuckergehalt, wie z. B. von Mais, Weißkraut, Zuckerrüben u. a., die auch unter aeroben Bedingungen kräftig säuern und bei Bestimmung des p_H -Wertes, des Gehaltes an Milchsäure und flüchtigen Säuren kein Zeichen der drohenden Verderbnis aufweisen, während die zuckerarmen Säfte alkalisch werden und in Zersetzung übergehen (Tabelle 7).

Die Vorzugsstellung des Weißkrauts, des wichtigsten Gemüses, das für die menschliche Ernährung vergoren wird, und der Maisstaude, der großen Silopflanze der Gegenwart und Zukunft, und die Leichtigkeit, mit der sich in beiden Fällen eine einwandfreie Silage erzielen läßt, hängen mit dieser Eigenschaft zusammen, daß sie sogar noch bei Gegenwart von Luft die erwünschte Gärung durchmachen.

Ähnliche Unterschiede findet man nun auch bei zuckerarmen Gemüsen und Futtermitteln, denen man Zucker zusetzt. Streng anaerob vergoren, zeigte sich hier keine günstige Wirkung. Bei wilder Gärung und Luftzutritt dagegen trat die günstige Zuckerwirkung deutlich zutage. Der natürliche Zuckergehalt von Mais, Weißkohl u. a. und der Zuckerzusatz bei schwer silierbaren Futterpflanzen hat also zur Folge, daß der schädliche Einfluß der Luft weitgehend ausgeschaltet wird.

Tabelle 7
 Einwirkung von Glucose auf die wilde Vergärung von Pflanzensäften
 unter anaeroben und aeroben Bedingungen.
 (Nach Eyrisch¹⁷ und Kohlmeyer⁴⁶)

Pflanzensäfte	Wirkung des Zuckerzusatzes auf die Milchsäurebildung, verglichen mit Kontrollen ohne Zuckerzusatz	
	anaerob	aerob
Zuckerarme Säfte		
Ziergras	+	+++
Wiesengras	+++	+++
Säfte mit mäßigem Zuckergehalt		
Weißklee	0	+++
Blauklee	--	+
Wicken	0	++
Weißrüben	0	++
Kartoffeln	0	+++
Mangold	0	+
Zuckerreiche Säfte		
Zuckerrüben	0	-
Weißkohl	-	0
Äpfel	0	0

Bezeichnung: 0 = ohne Wirkung,
 - und -- = geringe u. mäßige Verminderung,
 + ++ +++ = geringe, mäßige und starke Vermehrung der Milchsäure.

Mit je größerer Genauigkeit das Auspressen der Luft aus der Silage vor sich geht, und je peinlicher der Neuzutritt von Luft verhindert wird, um so geringer ist die günstige Wirkung, die man von einem Zuckerzusatz erwarten kann. Daraus erklärt sich wohl die völlig ablehnende Haltung, die ein bekannter Silagefachmann, wie Virtanen, gegen den Zuckerzusatz einnimmt, während die meisten Kenner dieses Gebiets diese Methode der Silagesicherung nicht so von Grund auf verwerfen. In der Praxis ist eben nur selten die völlige Sicherheit zu erreichen, daß die Vergärung wirklich in allen Phasen streng anaerob vor sich geht, und in solchen Fällen wirkt Zucker günstig und verhütet Schlimmeres. Die Wirkung eines Zuckerzusatzes ist wahrscheinlich auch abhängig von der Jahreszeit; es ist ja bekannt, daß der Zucker in den Pflanzen erst all-

mählich gebildet wird — unter gleichzeitigem Verschwinden der Fruchtsäuren.

Allgemein gesehen, scheint daher der Zuckerzusatz in der Praxis gar nicht so selten eine günstige Beeinflussung des p_H -Wertes und damit eine Stabilisierung der Silage zur Folge haben. Andererseits aber läßt sich bei schwer silierbaren Futtermitteln — nach allen Untersuchungen — eine vollkommene Sicherheit durch alleinigen Zuckerzusatz nicht erzielen.

a γ) Nach dem Urteil von R u s c h m a n n ⁷¹⁾ gibt es bis heute kein besseres Mittel zum sicheren Haltbarmachen von jungem, eiweißreichem Grünfutter als die Ansäuerung mit s t a r k e n M i n e r a l s ä u r e n. Andererseits ist das Umgehen mit solchen, auch im Betrieb nicht ungefährlichen Säuren nicht ganz einfach.

Beim Arbeiten mit solchen Säuren sollte man diese möglichen Unfälle vorher bedenken. Sie entstehen gewöhnlich dadurch, daß die Säure umherspritzt und ins Auge gerät. In dieser Hinsicht ist besonders die Ameisensäure zu fürchten, obwohl die Herstellerin des Amasils eine sehr sinnreiche Vorrichtung getroffen hat, um das Spritzen der unverdünnten Säure zu verhindern.

In solchen Fällen kann bei fehlender Hilfe innerhalb von 1 bis 2 Minuten eine schwere Verätzung des Auges erfolgen, so daß man keine Zeit verlieren darf mit Aufsuchen chemischer Gegengifte oder mit Anwärmen der Lösung. Es hat sich vielmehr herausgestellt, daß hier — wie bei allen anderen bis dahin untersuchten chemischen Verletzungen des Auges — die sofortige Anwendung von reichlichen Mengen von reinem, kühlem Wasser, auch unter leichtem Druck, das beste Gegenmittel ist. W a g e n m a n n bezeichnet dieses Vorgehen als das einzig mögliche für die Laienbehandlung von Kalkverletzungen des Auges, und das gleiche trifft auch für alle Säuren und Laugen zu.

Sollte die Säure auf die ungeschützte Haut geraten, wird ebenfalls ein sofortiges Abwaschen angeraten.

Selbst bei genauer Befolgung der Gebrauchsanweisungen für die Anwendung solcher Mineralsäuren ist es nicht ausgeschlossen, daß ein Zuviel oder Zuwenig an Säure zugeführt wird. Der Eiweißgehalt mag nämlich bei ein und derselben Pflanze wesentlich schwanken, so daß im Grunde genommen

erst ein Vorversuch im Laboratorium ergeben könnte, welche Säuremenge für den gewünschten p_H -Wert erforderlich ist.

Im Hinblick auf die Sicherung der Gärungsvorgänge erfüllen alle starken Säuren den gleichen Zweck in gleicher Weise, vorausgesetzt, daß bis zum gleichen p_H -Wert gesäuert wird, und daß in jedem Falle auch eine gleichmäßige Durchsäuerung des gesamten Futterstockes stattfindet. Das letztere aber ist im allgemeinen leichter mit Lösungen zu erreichen als mit pulverförmigen Silierungsmitteln, die ihrerseits bei der Anwendung selber bequemer sind.

Verwendet werden die drei Hauptmineralsäuren: Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H₂SO₄), auch in Form von trockenem Schwefelsäureanhydrid (SO₃) (früher auch als Penthesta rot bezeichnet), und Phosphorsäure (H₃PO₄). Daneben sind auch gebrauchsfertige Lösungen im Handel, wie Defu-Lösung mit Salzsäure und etwas Phosphorsäure, Acidol (hauptsächlich aus technischer 55,5 %iger Schwefelsäure bestehend), A. J. V. - Zusatz (Salzsäure und Schwefelsäure in flüssiger Form), sowie pulverförmige, säureliefernde Spezialpräparate, wie Penthesta grün (Phosphorpentachlorid, das bei der Lösung Salzsäure und Phosphorsäure bildet) und Biosil (Schwefelsäure in Kohle aufgesogen) u. a.

In unserem Laboratorium hat J. Mai⁵⁵⁾ den Einfluß dieser Säuren auf das Streptobacterium acetylcholini untersucht, und zwar in Hinsicht auf Wachstum und Milchsäurebildung. Wir erwarteten weder von der Salzsäure noch von der Schwefelsäure unterschiedliche Wirkungen, dagegen wird vielfach von der Phosphorsäure angegeben, daß sie den Zuckerabbau bei der Gärung fördert. In der Tat gehört die Phosphorsäure zu den lebensnotwendigen Stoffen unserer Bakterienart, während z. B. die Schwefelsäure im Kulturmedium völlig zu entbehren ist.

Eine besondere Wirkung der Phosphorsäure auf die Milchsäurebildung wäre indessen nur zu erwarten, wenn ohne Zusatz ein Mangel an Phosphorsäure im Sickersaft die Gärung beeinträchtigt hätte. Ein solcher Fall ist indessen bisher nicht nachgewiesen worden. Auch wir selber konnten in den obigen Versuchen zwischen Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphor-

säure keinen wesentlichen Unterschied feststellen. Das entspricht den Angaben von L. S p e r l i n g⁷¹⁾ für die Säuerung im Futterstock.

Nicht unbeträchtliche Unterschiede indessen finden sich, wenn man die Bedeutung dieser drei Säuren für den Tierkörper untersucht.

Auf den ersten Blick scheint die Salzsäure eine besondere Verwandtschaft zum Tierkörper zu besitzen. Findet sie sich doch als physiologischer Bestandteil im Magensaft von Tier und Mensch in nicht unbeträchtlichen Mengen, ohne daß durch Resorption dieser Magensalzsäure irgendwelche Vergiftungserscheinungen auftraten. Man muß aber bedenken, daß diese Magensalzsäure sezerniert und in gleicher Menge rückresorbiert wird, so daß der Gesamtbesitz des Körpers an Säureradikalen dadurch nicht verändert wird. Bei Zufuhr der Salzsäure mit der Nahrung dagegen dringen zusätzliche Säureradikale von außen her in den Körper ein und wirken hier entsprechend ihrer Säurenatur, das heißt, daß in Hinsicht auf die chronische Giftwirkung kein wesentlicher Unterschied zwischen Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure vorhanden ist.

Die S c h w e f e l s ä u r e ist im Gegensatz zur Salzsäure kein physiologischer Bestandteil des Magensaftes. Doch ist auch sie nicht körperfremd, findet sie sich doch in nicht unbeträchtlichen Mengen in Form der Sulfate im Blut und in Geweben und erscheint auch als Endprodukt des Eiweißstoffwechsels im Harn. Daher ist, abgesehen von der Störung des Säurebasengleichgewichtes, auch gegen die Schwefelsäure nichts Wesentliches einzuwenden. Ein geringer Vorteil dieser Säure liegt darin, daß sie im Darmkanal weniger gut aufgesaugt wird. Bildet sie doch z. B. mit dem anwesenden Kalk schwerer lösliche Verbindungen, die mit dem Kot ausgeschieden werden, eine Eigenschaft, die sie mit der Phosphorsäure teilt.

Die P h o s p h o r s ä u r e gehört ebenso wie die Salzsäure in Form der entsprechenden Salze zu den lebensnotwendigen Stoffen, die Tier und Mensch mit der Nahrung aufnehmen müssen. Während aber der Kochsalzbedarf der Pflanzenfresser auf natürliche Weise gedeckt wird — was beim Menschen nicht

immer der Fall ist —, ist die Phosphorsäure nicht ganz selten die Ursache einer Mangelkrankheit, besonders beim Milchvieh, das mit der Milch erhebliche Phosphatmengen von sich gibt. Besonders auf Kalkböden kommt es dann leicht zum Versagen der Milchsekretion, was durch ein Mehrangebot von Phosphaten geheilt werden kann. Man hat weiter angeführt, daß jede Säuerung des Körpers nicht nur zu Kalk-, sondern auch zu Phosphatverlusten führt. Aus diesen Gründen wird die Sicherung des Gärfutters mit kleinen Phosphorsäuremengen besonders empfohlen. Man weist auch darauf hin, daß der Überschuß der Phosphorsäure mit dem Mist auf den Ackerboden getragen wird und dort als Phosphatdünger wirkt, während Salzsäure und Schwefelsäure in dieser Hinsicht mehr oder weniger wertlos sind.

Doch sollte man solche physiologischen Sondereigenschaften der einzelnen Säuren zwar berücksichtigen, aber — abgesehen von den dargestellten Sonderfällen — nicht allzu hoch bewerten; man sollte vielmehr in erster Linie die toxische *Nebenwirkung* betrachten, die allen dreien gemeinsam ist, nämlich die gelegentliche Störung im Säurebasengleichgewicht des Gärfutters und bei Verfütterung auch in dem des Tieres.

Es ist seit langem bekannt, daß das Säugetier größere zusätzliche Mengen von Mineralsäure nicht ohne schwere Stoffwechselstörungen verarbeiten kann. Es kommt nämlich zu schweren Kalkverlusten des Körpers und damit zu einer Erweichung und Brüchigkeit des Knochensystems. Es können in seltenen Fällen aber auch allgemeine Vergiftungssymptome frühzeitig in den Vordergrund treten, verminderte Freßlust, Abmagerung infolge des stark erhöhten Stoffwechsels u. a.

Bei der Verfütterung von Gärfutter sind diese Nebenwirkungen der Mineralsäuren lange Zeit übersehen worden. Schon bei der Mischung von solchem Gärfutter mit Trockenfutter (Heu u. a.) wird nämlich die Gefahr einer Vergiftung mit Mineralsäure wesentlich vermindert. Eine alte Regel besagt, daß man nach Möglichkeit ein derartiges, chemisch gesichertes Gärfutter zur Hälfte mit anderem Futter versetzen soll.

Der Landwirt kann sich aber auch durch Zusatz von Schlammkreide zum Futter helfen, und zwar sind bei abschließlicher Fütterung mit mineralsäurehaltigem Sauerfutter an Milchkühe täglich 50 g, an Schafe täglich 5 g Schlammkreide gegeben worden. Durch eine solche Neutralisation der Säuren werden gewisse Erscheinungen der Säurevergiftung aufgehoben: Die Wärmebildung der Tiere ist weniger stark erhöht (Möllgard), der Stickstoff-, Calcium- und Phosphatstoffwechsel läßt keine Nachteile mehr erkennen (Kirsch und Gramatzki). Möglicherweise indessen können neue Schwierigkeiten entstehen. Möllgard weist darauf hin, daß durch Zusatz von Alkalicarbonaten die Verdaulichkeit verschlechtert wird.

Es gibt grundsätzlich zwei Verfahren der Gärfuttersicherung mit Hilfe von Mineralsäure. Man kann nämlich nach Virtanen hohe Säuremengen anwenden und dadurch von vornherein jede Bakterientätigkeit mehr oder weniger unterdrücken. Man kann aber auch das deutsche Verfahren anwenden und durch geringe Säuremengen unter gleichzeitigem Zusatz von Zucker den regelrechten Ablauf der milchsauren Gärung sichern (Abb. 11).

Entscheidend für das Schicksal einer A. J. V.-Silage (Virtanen) ist eine von Anfang an genügende Säuerung. Der Vorschrift entsprechend, soll der p_{H} -Wert im Futterstock kurz nach dem Einsilieren zwischen 3,0 und 4,0 betragen. Durch einen solchen hohen Säurezusatz erfolgt sehr rasch die Abtötung des lebenden Blattes: Der Futterstock verliert seine Elastizität, sinkt schnell in sich zusammen, so daß die Luft sich von vornherein sehr gründlich austreiben läßt. Auch wird fast augenblicklich die Atmung des Blattes unterbrochen, und damit werden die mit den langsamen Absterbevorgängen verbundenen Verluste verhindert. Weiter erfolgt in der stark sauren Reaktion eine Stabilisierung vieler im Futterstock befindlicher Einzelstoffe, z. B. der meisten Vitamine, und die Verluste durch chemische Umsetzung und Zersetzung sind besonders gering. Man findet daher z. B. in der A. J. V.-Silage geringe Ammoniakwerte als Zeichen für die besonders gute Konser-

vierung der Eiweißstoffe. Allmählich aber verschwindet die zugesetzte freie Säure aus dem Futterstock, indem sie sich mit bestimmten Bestandteilen des grünen Blattes chemisch verbindet: es erfolgt ein Ansteigen des p_H -Wertes. Sobald aber das p_H von 3,3 überschritten ist, fangen die Milchsäurebakterien an, sich zu vermehren. Mit der entsprechenden Verzögerung

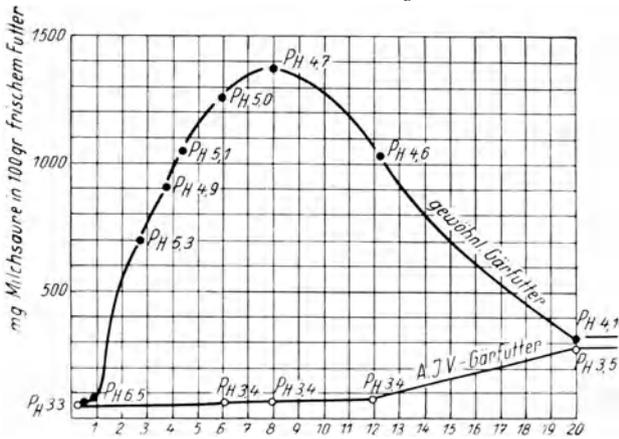


Abb. 11. Milchsäurebildung und p_H -Kurve bei Einsäuerung von Rotklee mit und ohne A. J. V.-Lösung. Nach A. J. Virtanen. Umgezeichnet von R. Ruschmann, S. 226, Abb. 14

kann also auch in der A. J. V.-Silage die Milchsäuregärung einsetzen, und zwar je nach dem anfänglichen Säuregrad früher oder später und unter Umständen erst nach mehreren Wochen.

Bei mikroskopischer Betrachtung findet man dann in einem solchen nachträglich gärenden Futter die gleiche Bakterienflora wie im natürlich gesäuerten Futterstock, nämlich nahezu eine Reinkultur von Milchsäurebakterien. Nebenher findet sich auch ein ganz ähnlicher Acetylcholingehalt, so daß offensichtlich u. a. Stämme des *Bacterium plantarum* am Werke sind. Letzten Endes kann der Milchsäuregehalt solcher Salzsäuresilagen fast genau so hoch sein wie unter natürlichen Verhältnissen, vorausgesetzt, daß nicht von Anfang an eine abnorm starke Säuerung vorlag. Beträgt der p_H -Wert in der fertigen Silage weniger als 3,3, so kann keine Milchsäure darin enthalten sein, und die gesamte freie Säure liegt dann als

Mineralsäure vor. Ein solches Futter verlangt dementsprechend einen besonders hohen Zusatz von Schlämmerkide. Aus der folgenden Abbildung ergibt sich, daß das Keilsche Bakterium bei einem p_H von 3,2 nicht mehr in stande ist, meßbare Mengen von Milchsäure zu bilden (Abb. 12).

Beim „deutschen Verfahren“ werden sehr viel geringere Mengen von Mineralsäure empfohlen, die nach Neutralisation

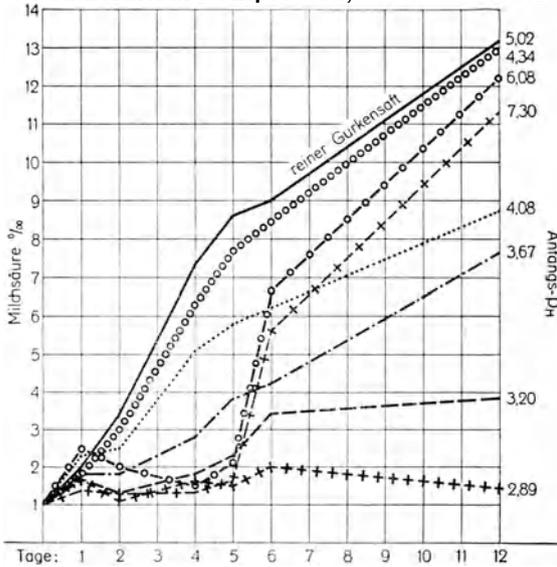


Abb. 12. Einfluß der Anfangsazidität auf Milchsäurebildung und p_H -Verschiebung des Keilschen Stammes (nach Möller und Ferdinand)*.

durch die alkalischen Bestandteile der Futterpflanze vielleicht einen p_H -Wert von 5,0 bis 6,0 entstehen lassen. Nach W. Kirsch sind dazu etwa zwölf Säureäquivalente erforderlich, und solche Mengen beeinträchtigen auch nicht wesentlich die Gesundheit der Tiere. Unter diesen Umständen setzt das Wachstum der Milchsäurebakterien und damit die Milchsäurebildung nahezu ohne Verzögerung und mit voller Gewalt ein und wird noch zusätzlich gesichert durch Zugabe von 1 % Roh-

*) Aus Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. II. Abteilung. Bd. 97, S. 96, 1937. Verlag von Gustav Fischer in Jena.

zucker und 2 % Melasse. Der Ablauf einer solchen durch wenig Säure gesicherten Gärung wird in der folgenden schematischen Abbildung 13 wiedergegeben.

Die durch Verfüterung der starken Mineralsäuren entstehenden Schwierigkeiten und Gefahren treten nun bei bestimmten organischen Säuren nicht auf. Milchsäure, Apfel-

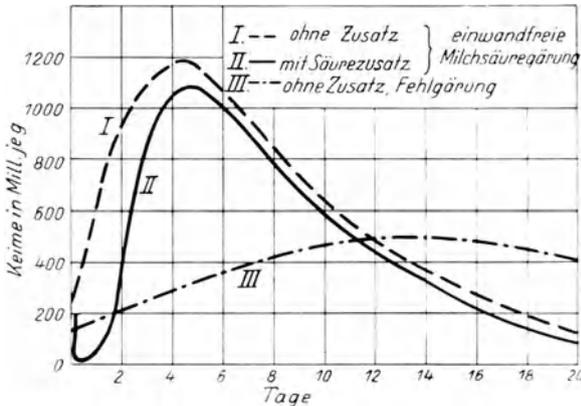


Abb. 13. Verlauf der Gärungen in verschieden behandeltem Futter.
Nach G. Ruschmann, S. 230, Abb. 16

säure, Zitronensäure u. a. werden ja vollständig im Körper weiterverarbeitet, so daß auch nach hohen Dosen keine Azidosis auftritt.

Von D i r k s (DRP. 443 884, 1923) wurde der Vorschlag gemacht, Ameisensäure als Sicherungszusatz zu verwenden. Dem ist dann v. K a p f f beigetreten (DRP. 518 463, 1927). Eine ernste Beachtung indessen fand dieses Verfahren erst, als sich nach und nach herausstellte, daß die bis dahin verwendeten Mineralsäuren in den zur chemischen Sicherung des Gärfutters nötigen Mengen nicht ganz harmlos sind.

Die Ameisensäure dagegen ist weitgehend ungiftig. Sie stellt ein normales Stoffwechselprodukt von Pflanze, Tier und Mensch dar und kommt auch in einem rein biologisch gesäuerten Gärfutter vor; P e d e r s o n und Mitarbeiter fanden in solchen Silageproben bis zu 0,0064 %. Sie verliert durch Neutralisation ihre bekannte örtliche Reizwirkung. Bei

dem starken Basengehalt der Futterpflanzen ist anzunehmen, daß die zugefügte Ameisensäure sich rasch umsetzt und dann hauptsächlich als Kalium-, Calcium- oder Natriumformiat vorliegt. Solche Salze aber werden, wenn man sie in den Magen der Versuchstiere eingibt, auf das Kilogramm Körpergewicht umgerechnet, grammweise vertragen, sind also weitgehend ungiftig (Fleig, Keil u. a.). Im Gärfutter, das mit Hilfe von Ameisensäure chemisch gesichert ist, werden — verglichen mit den Zahlen von Keil — sehr viel geringere Mengen dieser Säure den Tieren zugeführt.

Auch bei chronischer Zufuhr ist die Ameisensäure weitgehend ungiftig, und man kann über längere Zeit Ameisensäure an Meerschweinchen in Dosen verfüttern, die weit höher sind, als sie praktisch bei der Silierung verwendet werden (Keil). Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß Meerschweinchen freßlustiger sind als andere Pflanzenfresser und in kurzer Zeit eine Futtermenge zu sich nehmen, die größer ist als das eigene Gewicht. Infolgedessen sollte man glauben, daß bei ihnen eine Schädigung früher auftreten müßte als beim Großvieh. Im Gegenteil fehlten alle irgendwie gearteten Vergiftungssymptome, die Freßlust war ausgezeichnet, die Gewichtszunahme ging ungestört vor sich, die gefürchteten Veränderungen im Säurebasengleichgewicht traten nicht auf, da die Ameisensäure zum Teil schon im Verdauungskanal zerstört, zum anderen Teil aber im Stoffwechsel verbrannt wird und daher auch nach hohen Dosen nur in geringen Mengen im Harn auftritt. Kontrolltiere, die statt der Ameisensäure die gleiche Menge Schwefelsäurezusatz erhielten, waren nach einiger Zeit schwer geschädigt, die Freßlust wurde geringer, das Gewicht nahm ab, der Harn wies die Zeichen einer schweren Säurevergiftung auf, und nach einigen Wochen gingen diese Tiere zugrunde.

In der Praxis hat die Ameisensäuresilage sich als ausgezeichnetes Gärfutter bewährt. Nach den Untersuchungen von Moeller und seinen Mitarbeitern⁸⁸⁾ ist dabei zu berücksichtigen, daß die Milchsäurebakterien der Silage gegen ameisen-saure Salze außerordentlich unempfindlich sind, daß ihre Lebenstätigkeit erst in 2 bis 4 % Lösung leicht gehemmt, daß

sie erst in 8% Lösung abgetötet werden, während die Fäulnisbakterien zehnmal stärker empfindlich sind, und zwar unabhängig von der Reaktionsveränderung, die beim Zusatz der Ameisensäure zur Silage noch besonders ins Spiel kommt. Durch Ameisensäurezusatz wird daher eine ganz besonders reine Milchsäuregärung erzwungen. Auf diesen Umstand ist auch ein besonderes Kulturverfahren für Milchsäurebakterien aufgebaut worden.

Über die Praxis der Ameisensäuresilage wird auf die A m a s i l vorschrift der I. G. Farbenindustrie hingewiesen.

So wie in früherer Zeit jeder Fürstenhof sein besonderes Zeremoniell und jede Landschaft ihren besonderen Schlendrian besaß — wie O. von Münchhausen es ausdrückt —, ähnlich scheint es zur Zeit noch mit der Silagetechnik zu stehen. Zum guten Glück setzen viele Futtermittel der Silierung nur geringe Schwierigkeiten entgegen, vorausgesetzt, daß man wenigstens die einfachsten Regeln der Silage beachtet, so daß man auch mit weniger zweckmäßigen Verfahren einen guten Erfolg hat. Es gibt ja nichts Vollkommenes auf der Welt, und viele Landwirte werden daher geneigt sein, bei ihren alten Silageverfahren stehen zu bleiben, auch geringe Fehler in Kauf zu nehmen.

Sie werden weiter zur Silagesicherung ihren Zuckerzusatz machen, wenn sie bis dahin gute Erfahrungen damit hatten, sie werden auch Mineralsäuren zusetzen, und zwar um so eher, als ja der Schaden durch Beifütterung von Heu u. a. sich schon erheblich verringern läßt.

Dieses Nebeneinander der verschiedenen Silageverfahren soll aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß es im ganzen gesehen beim augenblicklichen Stand der Wissenschaft — unter Berücksichtigung von Stoff- und Energieerhaltung, von Verträglichkeit und nebenher auch von Wirtschaftlichkeit und wenn man absieht von den in der Gärfutterpraxis noch nicht genügend geprüften biologischen Verfahren — ein einziges Verfahren gibt, das bei schwer silierbaren Futtermitteln als das beste zu bezeichnen ist, und das ist der Zusatz von Ameisensäure.

IV. DIE BEDEUTUNG VERGORENER NAHRUNGS- UND FUTTERMITTEL FÜR MENSCH UND TIER

I. Das Rätsel der Milchsäure

Alte Autoren haben wiederholt die Ansicht geäußert, daß alle Materien, die anderen Lebewesen zur Nahrung dienen sollen, vorher einer Fermentation unterworfen werden, und für viele Vorgänge in der unberührten Natur trifft das unzweifelhaft zu. Was z. B. die für den Menschen bestimmten Nahrungsmittel angeht, so wird erinnert an das Abhängen des Fleisches, an das Gären des Brotes, an die Herstellung von Käse und von vielem anderen — ganz abgesehen von den Genußmitteln, die fast alle eine Fermentation durchmachen.

Die Milchsäure als wichtigstes Erzeugnis einer Fermentation wurde 1780 von S c h e e l e aus Sauermilch dargestellt.

Pharmakologisch gesehen ist sie unter allen bekannten Säuren die r e i z l o s e s t e. In dieser Hinsicht läßt sich nur die Zitronensäure an ihre Seite stellen, während schon die Essigsäure, obgleich sie als Säure soviel schwächer ist, eine erhebliche örtliche Reizwirkung besitzt. Ein hoher Essigsäuregehalt — nach Fütterungsversuchen an Schweinen zu schließen —, ist sogar nicht ganz unbedenklich (W. und R. L i e b s c h e r). Daher wurde schon im Weltkriege gerade die Gärungsmilchsäure als Zusatz für Limonaden empfohlen.

In hohen Konzentrationen entfalten bekanntlich auch die sogenannten reizlosen Säuren eine Reizwirkung, ja, die nur mäßig mit Wasser verdünnte, reine Milchsäure ist ein vielfach in der ärztlichen Praxis verwendetes Ätzmittel. Daher darf es auch nicht wundernehmen, daß bei extrem hohem Milchsäuregehalt der Futtermittel, wie sie durch bestimmte technische Verfahren, z. B. bei der sogenannten Dickmolke zu erzielen sind,

Erbrechen, Durchfälle und sogar Eingehen der Tiere beobachtet wird. Nach Bunge sollen solche technisch hergestellten Milchprodukte nicht mehr als 7 bis 8 % Milchsäure enthalten. Daher gilt die Angabe über die besonders gute Verträglichkeit milchsaurer, vergorener Nahrungsmittel nur für die unter den üblichen biologischen Bedingungen erreichen wesentlich geringeren Milchsäurewerte.

Die Fähigkeit der Milchsäure, Wasserstoffionen zu entwickeln, ist nach Rost⁶⁹⁾ siebenmal so groß wie die der Essigsäure. Damit hängt ihre besonders starke Desinfektionswirkung zusammen, da diese hauptsächlich durch ihre säuernden Eigenschaften entsteht. Indessen scheint auch das Milchsäuremolekül als solches zur Desinfektion noch beizutragen. Sie wirkt im Reagensglase — auch z. B. in Form von Sauermilch oder von milchsauer vergorenen Pflanzensäften — der Fäulnis kräftig entgegen. Sie hemmt das Auskeimen der Buttersäurebakterien und besonders stark das der sporentragenden Fäulnisbazillen. Sie verhindert gleichzeitig aber auch die Entwicklung von Krankheitskeimen, wie die von Typhus, Paratyphus, Ruhr, Bangscher Krankheit u. a. Das durch den *Bacillus botulinus* erzeugte gefährliche Toxin wird durch milchsäure Gärung unschädlich gemacht (J. M. Sherman und Mitarbeiter). Diese Tatsachen machen es verständlich, daß z. B. die Yoghurtbereitung von alters her die Grundlage der orientalischen Milchwirtschaft bildet. Aus den gleichen Gründen aber hat man z. B. einen Zusatz von Milchsäure zur Vollmilch empfohlen, und man hat damit erreicht, daß Fehlgärungen und Zersetzungen von vornherein unmöglich gemacht werden, während die Bekömmlichkeit einer solchen Milch ausgezeichnet ist.

Die Milchsäure bildet auch den natürlichen Schutz des Körpers gegen Infektionen der verschiedensten Art, z. B. in der Mundhöhle oder in den weiblichen Geschlechtsteilen. Auch der den eindringenden Bakterien entgegengestellte Säuremantel der gesunden Haut wird wahrscheinlich durch Milchsäure erzeugt. Daher ist Milchsäure ein sozusagen physiologisches Desinfektionsmittel, das auch bei den verschiedensten Erkrankungen des Menschen zur örtlichen Spülung verwendet wird. Nach der Aufnahme in den Magen trägt sie dort zur

Desinfektionswirkung bei, und auch im Darmkanal wirkt sie der Fäulnis und Infektion entgegen. So wird z. B. die akute Dysenterie durch hohe Milchsäuregaben (täglich 1 Liter einer 1%igen Lösung) geheilt (N a g a r a ⁶¹). Ebenso wirkt auch die künstlich mit Milchsäure versetzte Vollmilch (Milchsäuregehalt rund 0,6 %) bei Säuglingen antidiarrhoisch.

Biologisch lassen sich ähnliche Wirkungen erzielen durch Begünstigung der Milchsäureflora. Sobald nämlich die Milchsäurebakterien die Darmflora beherrschen, verschwinden die Fäulnisbakterien und damit auch die Fäulnisgifte. Bei bestimmten Krankheiten, besonders in Fällen von sogenannter Autointoxikation, werden daher Milchsäurebakterien wie *Bacterium acidophilus* u. a. künstlich zugeführt, oder es werden durch geeignete Diät und Zufuhr von Milchzucker günstige Lebensbedingungen für die Milchsäurebakterien im Darm hergestellt. Eine alte Erfahrung der Kinderheilkunde besagt, daß Sauermilch, die industriellen Sauermilchpräparate, Buttermilch, Yoghurt u. a. geradezu als Heilmittel gelten müssen, und zwar bei den allerverschiedensten Krankheiten des Magen-Darmkanals, die mit Dyspepsie, Colitis, Darmfäulnis u. a. einhergehen, aber auch z. B. bei Allgemeinerkrankungen wie der Spasmophylie. Ähnliche Erfahrungen liegen auch für das Sauerkraut vor. Es gibt im Süden Deutschlands Familien, in denen die Kinder zweimal wöchentlich rohes Sauerkraut erhalten, angeblich zur Darmreinigung (H. H a r t m a n n ³⁰).

Einen ähnlichen Standpunkt hatte bekanntlich M e t s c h - n i k o f f vertreten, der der Meinung war, daß die mit solchen vergorenen Nahrungsmitteln eingeführten Milchsäurebakterien sich im Darm ansiedeln und dort die bakterielle Darmflora umstimmen. Für bestimmte Arten von Milchsäurebakterien trifft das auch sicher zu (H e n n e b e r g).

Es gibt aber zu denken, daß häufig ein einfacher Zusatz von Milchsäure zur Vollmilch ganz ähnliche Dienste tut, eine Einsicht, die wir dem Begründer der heute in allen Kinderkliniken der Welt üblichen Säure-Milchernährung, nämlich M a r i o t t ⁵⁶), verdanken. In dieser Hinsicht sei erwähnt, daß C z e r n y und M o r o ⁵⁹) auch bei Anfälligkeit der Kinder Milchsäure verordnen.

Während die Stärke der Desinfektionswirkung der Milchsäure hauptsächlich wohl auf die abdissoziierten H-Ionen zurückzuführen ist, spielen in andere physiologische Milchsäurewirkungen weitere wichtige Faktoren hinein. An vielen Stellen des Körpers hat nämlich die Säure Gelegenheit, sich mit den anwesenden Alkalien umzusetzen, wobei besonders an die Alkalireserve des Gewebes und der Gewebssäfte erinnert sei. Auch läßt sich gelegentlich die p_{H} -Abhängigkeit einer chemischen Reaktion in homogenen Systemen zwar deutlich nachweisen, was nicht mehr möglich ist, sobald Grenzflächen, Diffusionsgeschwindigkeiten u. a. ins Spiel kommen, wie bei vielen physiologischen Reaktionen im Tierkörper. Hier kann vielmehr die Konzentration der Säure eine wesentlich größere Bedeutung besitzen als die Stärke der Säure. Deutlich wird diese Erscheinung, wenn man z. B. die Wirkung der verschiedenen Säuren auf die Geschmacksknospen betrachtet.

Tabelle 8

Säure	Schwellenwert des sauren Geschmacks			Dissoziationskonstante $K \cdot 10^5$
	Säuregrad	p_{H}	Molare Konzentration der Säure	
	mg Säure in 1 Liter		Millimol in 1 Liter	
Kohlensäure . . .	0,04	4,40	5,3	0,0304
Propionsäure . . .	0,2	3,70	3,3	0,231
Buttersäure . . .	0,08	4,10	0,5	1,5
Essigsäure	0,2	3,70	2,2	1,8
Bernsteinsäure . .	0,2	3,70	0,8	6,65
Milchsäure	0,5	3,30	2,3	13,8
Ameisensäure . . .	0,3	3,52	0,7	21,4
Äpfelsäure	0,4	3,40	0,8	39,5
Zitronensäure . . .	0,5	3,30	0,8	82
Weinsäure	0,3	3,52	0,4	97
Salzsäure	1,0	3,00	1,0	∞

Man ersieht daraus, daß die Geschmackswirkung durchaus nicht parallel geht mit dem entwickelten p_{H} -Wert, daß vielmehr z. B. die Milchsäure, die Zitronensäure und besonders

die Weinsäure erheblich viel saurer schmecken, als der Menge der abdissoziierten H-Ionen entsprechen würde.

Wenn der Säuregeschmack eine biologische Bedeutung haben soll, und daran ist ja nicht zu zweifeln, so stellt er wohl eine Vorprobe dar für den biologischen Wert solcher Säuren, d. h. zunächst für die Säurewirkungen im Magendarmkanal. In dieser Hinsicht liegen bisher nur vereinzelte Erfahrungen vor. In meinem Laboratorium ist z. B. nachgewiesen worden, daß — in Hinblick auf die Bildung wirksamen Eisens aus Ferrum reductum im Magendarmkanal mit Hilfe der verschiedenen Säuren — die physiologisch im Magen vorkommende $\frac{1}{10}$ normale, 0,36 0/oige Salzsäure ersetzt werden kann durch eine 2 0/oige Milchsäure, eine 0,6 0/oige Weinsäure, eine 2 0/oige Zitronensäure, d. h. daß für diesen Fall der Säuregeschmack eine überraschend gute Vorprobe für das Geschehen im Magendarmkanal darstellt.

Durch Milchsäure wird die Freßlust von Versuchstieren angeregt, und in den natürlich gesäuerten Nahrungsmitteln wirken nebenbei auch die gebildeten Aromastoffe in gleichem Sinne, unter Umständen auch der Alkoholgehalt. Es ist vielen Ärzten bekannt, daß rohes Sauerkraut ein vorzügliches Mittel zur gesunden Entwicklung der Kinder darstellt, daß diese selber das rohe Kraut meistens begierig zu sich nehmen und es in der Küche verlangen, bevor es gekocht wird. Nach dem Kochen zieht es die Kinder weniger an.

Die gute Verträglichkeit von milchsauer vergorenen Nahrungsmitteln ist ebenfalls besonders auffällig in der Kinderheilkunde. Vergorene Kuhmilch in jeder Form wird fast immer besser vertragen als in unvergorenem Zustande, und das gleiche gilt für vergorene Gemüse. Dabei kommen die verschiedensten Einzelwirkungen ins Spiel: Die im Magen vor sich gehende Caseinfällung wird infolge des Säuregehalts feinflockiger, bestimmte schon gegen geringe Säuregrade empfindliche Einweißkörper werden möglicherweise denaturiert, so daß sie nicht mehr als Antigen wirken. Der Milchsäuregehalt des rohen Sauerkrautes genügt auch durchaus, um bei Salzsäuremangel im Magensaft, der ja z. B. bei Kindern durchaus nicht krankhaft ist, die Eiweißverdauung im Magen zu ver-

bessern und die Abspaltung anorganischen Eisens aus den Eisenkomplexverbindungen der Nahrung zu beschleunigen. Als Vertreter der Salzsäure kann sie auch Öffnung und Verschuß des Magenpförtners regulieren, wie aus einem unter verlässlichen Bedingungen angestellten Versuch von Zahn hervorgeht. Über die Wirkung von Milchsäure auf die großen Verdauungsdrüsen sind wir noch nicht genügend unterrichtet; wir dürfen indessen annehmen, daß sie auch in dieser Hinsicht weitgehend die Salzsäure ersetzen kann. Ebenso bleibt die alte Frage noch offen, inwieweit die Aufsaugung und Umsetzung anderer Nährstoffe im Darmkanal durch die Anwesenheit von Milchsäure beeinflußt wird. Bezeichnend ist jedenfalls, daß Milchsäure anregend auf die Darmbewegungen wirkt (R. Weiss⁸⁷).

Gärfutter wird auch von den Nutztieren besonders gut vertragen, obwohl eine deutliche Grenze nachzuweisen ist für die physiologisch unschädliche Tagesgabe, was aus allen Fütterungsvorschriften für die einzelnen Tierarten hervorgeht, und besonders für Gärfutter gilt, das einen Mineralsäurezusatz erhalten hat (Mangold).

Die vom Darm aufgenommene Milchsäure wird in der Leber zu Glykogen aufgebaut, und es ist wichtig, daß diese Synthese in der schwer geschädigten Leberzelle nicht wesentlich gestört ist; auch die anderen Kohlehydrate, die vom Darm her aufgesaugt werden, durchlaufen z. T. erst die Milchsäurestufe, bevor sie in der Leber gespeichert werden. Es ist daher verständlich, daß Sauerkraut und ähnlich vergorene Nahrungsmittel von Stoffwechselkranken jeder Art so gut vertragen werden, und daß Milchsäure den Leberkranken sogar durch Injektion zugeführt wird, um einen sogenannten Leberschutz zu erzielen. Merkwürdig ist die Wirkung der Milchsäure bei anaphylaktischen Zuständen (Camescasse und Alechinsky⁸). Hohe Dosen, ungefähr 15 g Milchsäure in 24 Stunden, sollen bei Serumexanthem und Urticaria wirksam sein. Dabei ist Milchsäure gleichzeitig ein wertvoller Energieträger, nahezu so wertvoll wie Traubenzucker. 1 g Milchsäure entspricht 3,601 Kalorien, 1 g Traubenzucker 3,734 Kalorien. Durch milchsaure Vergärung der Kohlehydrate

entsteht demnach nur ein äußerst geringer Energieverlust von 0,133 Kalorien je Gramm Traubenzucker bzw. von rund 3,5% der umgesetzten Glucose.

Theoretisch ist wichtig, daß die Milchsäure in nächster Beziehung zur Tätigkeit der Schilddrüse steht, deren Hormon nach Haffner, Eichler u. a. in die anaerobe Phase der Oxydationen eingreift.

Wie aber äußern sich diese pharmakologischen Eigenschaften der Milchsäure am Wachstum gesunder Tiere? Diese Frage hat H. Vollmer⁸⁵⁾ an der Ratte studiert — Versuche an Schweinen haben Ähnliches ergeben (O. Roemmele) — und er hat festgestellt, daß bei einem Zusatz von 1% Milchsäure zur Milch (10 bis 20 ccm je Tier täglich) das Wachstum der Tiere beträchtlich beschleunigt wird. Das Durchschnittsgewicht der Tiere stieg in einem derartigen Versuch in der Beobachtungszeit von 60 Tagen bei den Milchsäuretieren von 35 g

auf 165 g, bei den Kontrolltieren von 35 g auf 135 g (Kurve). Das mag eine Erklärung geben für den hohen Milchsäuregehalt im Blute von rasch wachsenden Kindern; es erinnert aber auch an die in Schwaben weitverbreitete Volksvorstellung, daß Kinder schneller wachsen, wenn sie Sauerkraut essen. Dort gilt auch rohes Sauerkraut als beliebtes Frühstück, und der Volksmund fügt erklärend hinzu: Kraut

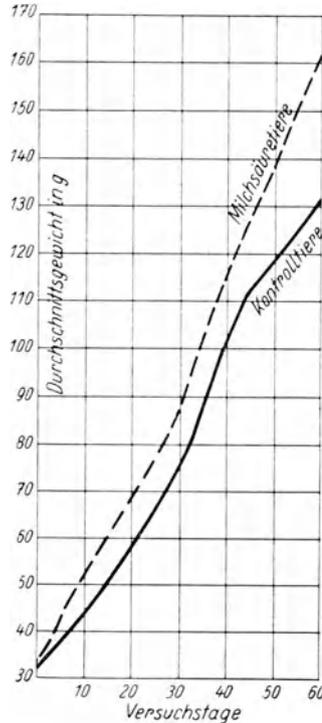


Abb. 14. Wachstumbeschleunigende Wirkung der Milchsäure von H. Vollmer, Kli. Woch., 6. Jahrg., Nr. 38, 1927, S. 1806

füllt de Bube die Haut (Schwäbisches Wörterbuch¹⁹). F e h r l e zitiert hierzu die Verse des schwäbischen Dichters A. R e i f f :

Glei de Kender mueß mers gea,
Hant r schao de aosre gseah?
Dees send anderscht dicke Wärgel,
Koane so wie uire Därgel,
Also dent, was i uich sag:
Esset druimol Kraut ell Dag!

Auch im hohen Alter haben milchsauer vergorene Nahrungsmittel ihre Vorzüge. M e t s c h n i k o f f war bekanntlich der Ansicht, daß in denjenigen Gegenden Frankreichs, wo am meisten Sauerkraut gegessen wird, die Leute auch am ältesten werden. Lange vor ihm hatte K r a m e r (1739) die Langlebigkeit bei den Wallachen auf den Genuß von Sauerkraut und Sauermilch zurückgeführt.

2. Das Sauerkraut im Urteil der alten Ärzte

Das im Haushalt zubereitete Sauerkraut ist vom ärztlichen Standpunkte aus nicht immer als einwandfrei zu bezeichnen. Einige solcher Fehlgärungen sind für den gesunden Menschen unbedenklich, auch wenn der Geschmack darunter erheblich leiden kann, so z. B. das „breiige“, das „fadenziehende“, das „bittersaure“, das stark essigsaurer Sauerkraut. Ein solches Gericht ist natürlich kein besonderer Genuß, und hier hat wohl G o e t h e recht, wenn er sagt: „Das warm Geschlapp, was soll mir das?“

Trotzdem kann vom gesunden Menschen jedes noch so alte und fehlvergorene Sauerkraut, wenn auch ohne Vergnügen, so doch ohne Schaden gegessen werden, solange nicht nur der Kohl, sondern auch der Sickersaft sauer sind, denn seine besondere Tugend und Natur besteht darin, daß — wie H. G u a r i n o n i u s²⁷) dartut — es aller übrigen Feuchtigkeit / Fäule / Verwesung, ja allem Gift Widerstand tut / wie wir von Essig / Limony / Zitrony / Granatäpfeln / und dergleichen wissen.

Diese Unschädlichkeit von Sauerkraut jeder Art, sofern es nur den nötigen Säuregrad besitzt, — mag es auch breiig, fadenziehend, buttersauer oder stark essigsauer schmecken, trifft indessen nur zu, solange es in frisch gekochtem, nicht nur angewärmten Zustand gegessen wird. Für den Rohgenuß kommt natürlich nur ein einwandfrei vergorenes Erzeugnis in Frage, da hier allein die mitaufgenommenen lebenden Bakterien als völlig unschädlich gelten können, während über die Bakterienflora des Krauts bei Fehlgärung viel zu wenig bekannt ist, und lebende Buttersäurebakterien schwere Magen- darmstörungen zur Folge haben.

Indessen wird gelegentlich im Haushalt so fehlerhaft gearbeitet, daß der nötige Säuregrad nicht erreicht wird, und daß auch gefährliche biologische Vorgänge einsetzen: Fäulnis und Schimmelbildung.

Ein solches unvernünftiges Verfahren wird z. B. von *Jeremias Gott helf* beschrieben, als er von einer jungen Frau berichtet, die in einen Berner Bauernhof einheiratet und nun die dort gültige Tradition fortführen soll: „Dreimal wehe ihr, wenn sie das Sauerkraut, welches sie zu Ostern kochen will, nicht am Martinstag ins Wasser legt, und alle Woche es heiß abbrüht, wie es die Ahnfrau des Hauses gemacht, dreimal wehe, wehe, wehe ihr, wenn sie meint, das Sauerkraut habe den Namen davon, daß man noch etwas Saures dran merke.“

Ist erst einmal infolge solcher und ähnlicher Prozeduren die Entstehung einer alkalischen Reaktion begünstigt worden, so geht das Sauerkraut rasch in Fäulnis über, und sein Genuß kann nunmehr zu ernstesten Verdauungsstörungen führen. Auch pathogene Keime können in den alkalisch reagierenden Massen zur Entwicklung kommen, und der Genuß von verschimmeltem Sauerkraut kann ebenfalls nicht in jedem Falle als unbedenklich gelten. Zuletzt sei darauf hingewiesen, daß auch ein biologisch einwandfrei gesäuertes Kraut infolge der *Z u b e r e i t u n g* schwer verdaulich werden kann, und zwar hauptsächlich infolge des zugesetzten Fettes (Schmalz, fettes Schweinefleisch und dergleichen). Es gibt eben nach *J. Gott helf* Leute, die meinen, man könne das Sauerkraut erst essen, wenn man eine halbe Sau hereingekocht hat. So werden die

medizinischen Eigenschaften des Kohls oft den kulinarischen geopfert, wie auch das Beispiel der Witwe Bolte lehrt.

Unter diesen Umständen ist es nicht verwunderlich, daß die Ärzte in vergangenen Jahrhunderten genau wie heute die verschiedensten Ansichten über die Verträglichkeit des Sauerkrautes geäußert haben.

Es gibt begeisterte Lobredner, wie Hippolyt Guaronius²⁷⁾, der unter den „Greueln der Verwüstung des menschlichen Geschlechtes“ auch die zunehmende Mißachtung des Sauerkrautes aufzählt. Es würde für „ungesund, für schädlich angesehen, angefeindet / verachtet / seine Ehr abgeschnitten / und ihm die Schuld und Ursach aller Krankheit gegeben. / Sintemal wenn mannicher etwa ein etlich Wochen nach einander gesoffen / gefressen / und alle Unordnungen begangen / darüber er erkrankt / dem unschuldigen Kraut die Schuld auftragen thut. Ein anderer hat ob einer Tafel eitel Geschleck / als etwan Austern / Schnecken / und dergleichen gefressen / darob er billig erkrankt / hat das Kraut die Schuld haben müssen“.

Im Hinblick auf die Heilkräfte, die im Sauerkraut liegen mögen, folgen diese alten Ärzte der Darstellung, die Hippocrates, Plinius, Aristoteles, Dioscurides, Galen u. a. von den Eigenschaften des Kohls gegeben haben, und diese Tradition wurde ohne Bedenken auf das Sauerkraut umgemünzt.

Wir hören seitdem in der alten ärztlichen Literatur, besonders lange Zeit aber in der Volksmedizin, immer wieder von der Anwendung des Sauerkrautes zur Appetitanregung.

„Wer nämlich das Zettelkraut kostet / der spürt darinnen eine liebliche / annemliche Säure / neben einer gar wintzigen Spöre / und einer lustigen Rösche / so dem Mund / und sonderlich den Zähnen sehr willkommen ist. / Das Zettelkraut macht lustig zum Essen“, was auch die heutige Medizin durchaus bejaht, denn sie benutzt z. B. das Sauerkraut auch zu Mastkuren.

Wir hören weiter von der guten Verträglichkeit: „Solches hat mit des Menschen Natur eine solliche Gemeinschaft / daß es sich wie das Brot / und ohne Brot mit Lust /

und ohne Schaden / ja mit Nutz roher essen läßt / wie wir solches aller Tag an den Mägden sehen / die es hauffenweis nicht anders / als die Kühe das Häv / morgens in den nüchternen (Magen) / ohne einige Schaden hineinessen. In massen der Khöl nicht allein für die gesundeste / sondern auch in den gefährlichsten Krankheiten eine außerlesenen Speiss ist. /“ Die gute Verträglichkeit wird auch von der heutigen Medizin durchaus bejaht. Das Sauerkraut aber diente damals auch als **A b f ü h r m i t t e l**, es wurde angewandt bei **S k o r b u t**, bei **F r a u e n k r a n k h e i t e n**, und örtlich bei **W u n d e n** und **B r a n d b l a s e n**. Die **L a k e** ihrerseits diente „einen offenen Leib zu erwecken und Brandschäden zu kurieren“. Auch wurde sie im Beginn von Halsentzündung als Gurgelwasser verwandt oder mit wenig Zitronensaft vermischt zur Löschung des Fiebers getrunken (**F r a n k v. F r a n k e n a u**²⁰).

In der Tat lehren uns die heutigen Erfahrungen über das Gärfutter, daß die Eigenschaften des Sauerkrautes nahezu die gleichen sind wie die des Weißkohls, aus dem es dargestellt wird. Nur in einem Punkte unterscheidet es sich grundsätzlich, nämlich in seinem Kochsalzgehalt; dadurch wird aus einem Nahrungsmittel, das austrocknet und entwässert, ein solches, das in bestimmten Fällen wenigstens hydropisch wirken kann, und viele Indikationen des Kohls müssen durch diese Veränderung hinfällig werden, was den alten Ärzten entgangen ist.

Im Hinblick auf die oft fehlerhafte Behandlung des Kohls im Haushalt ist es andererseits verständlich, daß einzelne alte Ärzte weniger günstig über das Sauerkraut urteilen. „Es sei keine Speise für einen schwachen Magen, verursache Blähungen und Kolik und habe unruhigen Schlaf zur Folge. Es soll den Milzsüchtigen schaden, denen welche Säure wegbrechen, denen Scorbuticis, Melancholicis, denen, die mit dem Stein behaftet sind oder an Podagra laborieren, wie auch denjenigen, welche ein schwaches Haupt oder Gesicht haben“ (**F r a n k v o n F r a n k e n a u**²⁰). Solche Angaben sind teilweise zu begreifen, wenn man die Anmerkung findet, daß es „eine fremde und widrige Säure“ enthalte (**Z e d l e r**⁸⁹). Das kann nur durch ausgesprochene Fehlgärungen erklärt werden. Auch soll

der in Fett geschmorte Sauerkohl besonders leicht solche schlimmen Zufälle herbeiführen (Rosenblad⁶⁸).

Ein besonders ernsthafter Einwand wird von Seyler⁸⁹ erhoben, daß nämlich „ein ganzer Eimer davon gegessen, nicht so viel Blut und Kräfte gebe wie ein einziges Ei“.

In der Tat haben 100 g Sauerkraut einen Brennwert von 25 Kalorien, ein Hühnerei einen solchen von rund 60 Kalorien. Auf einen ähnlichen Einwand gab schon Guarionius die richtige Entgegnung: „Folgt nicht / daß jene Speise die gesundeste und beste sey / welche viel Nahrung und gar viel Blut machet / das gibt mehrer Ursach zur Überfüllung.“ Auch die heutige Medizin unterstreicht die Tatsache, daß die kalorienreichsten Nahrungsmittel nicht gleichzeitig die gesundesten sein müssen, und daß schwachnährende Nahrungsmittel von großem Vorteil sein können. Guarionius verglich das Sauerkraut mit dem Theriak, diesem — nach damaligen Begriffen — Wunderwerk der alten Apotheke, dem Inbegriff aller entgiftenden Therapie; er nennt das Sauerkraut den „Theriak aller Speisen“.

3. Chemie und Pharmakologie des Sauerkrautes, sowie seine ärztliche Anwendung

Die heutige wissenschaftliche Literatur über Sauerkraut bietet dem Sachverständigen ein wenig erfreuliches Bild. Oft begnügt man sich damit, aus dem Handel eine Probe davon zu beschaffen, sie nach einer unbekanntenen Kochvorschrift zuzubereiten, um dann ihre Wirkungen zu studieren — ohne Rücksicht auf ihre Herkunft oder die Einzelheiten der Gewinnung, und häufig ohne Kenntnis der diätetischen und chemischen Eigenschaften.

Demgegenüber sollte man zunächst einmal definieren, wovon man eigentlich spricht, indem man zum mindesten die Hauptmerkmale der betreffenden Sauerkrautprobe wiedergibt und, wenn irgend möglich, auch einige wesentliche chemische Einzelheiten.

Zur Bestimmung des diätetischen Wertes wird Sauerkraut den folgenden einfachen Proben unterworfen (Schunck de Goldfies⁷⁹):

Es soll von hellgrauer Farbe sein, die bei fortschreitender Gärung mehr ins Bräunliche übergeht. Sind grüne Blätter zur Sauerkrautbereitung verwandt worden, so ist es von vornherein mehr bräunlich. Die Sauerkrautschnitzel dürfen nicht glitzern, müssen eine stumpfe Oberfläche haben, von durchscheinender hyaliner Beschaffenheit sein. Ist das Sauerkraut nicht ausgegoren, so sind kleine Gasblasen in den Schnitzeln enthalten, die eine milchige Verfärbung hervorrufen.

Die Konsistenz wird geprüft, indem man das Sauerkraut zwischen den Daumen und die beiden gegenüberliegenden Finger nimmt. Es muß sich fest anfühlen. Werden die Schnitzel mit den Fingern zusammengedrückt, so dürfen sie weder zerreißen, noch in Püreeform übergehen, sie müssen vielmehr eine bestimmte Menge Saft geben, ohne selber zerstört zu werden.

Ein schlechtes Sauerkraut kann zu trocken sein, daher beim Zusammenpressen zu wenig Saft abgeben. Es kann zu weich sein und in Püreeform übergehen, es kann sich seifenartig anfühlen und den Fingern entschlüpfen; es kann auch Fäden ziehen.

Der Geruch ist je nach dem Stadium der Gärung verschieden. Im Anfang säuerlich-fruchtartig, tritt später immer stärker der eigentliche, typische Sauerkrautgeruch zutage. Es soll niemals putrid, buttersauer oder scharf nach Essig riechen. Der Geruch soll Speichelfluß erzeugen.

Der Geschmack des rohen Sauerkrautes — auf die Zunge gebracht — soll säuerlich und angenehm sein. Es soll knusprig sein, wenn man es kaut. Läßt man sich dieses Sauerkraut nach einem bekannten Rezept kochen und verzehrt große Mengen davon, so soll es leicht verdaulich sein, zu keinen Beschwerden irgendwelcher Art führen.

Wir glauben, daß viele für die Beurteilung des Sauerkrautes ungünstige Angaben der Literatur leichter verständlich wären, wenn man gleichzeitig hören würde, inwieweit die beschuldigte Sauerkrautprobe diesen einfachsten diätetischen Forderungen entsprochen hat. Um zu vermeiden, daß durch Zusätze irgendwelcher Art die Bekömmlichkeit des Sauerkrautes verschlechtert wird, kommen für die deutsche Gartenbau-

wirtschaft als Zusätze nur in Frage: Speisesalz in fester Form, natürliche Gewürze und Kräuter, soweit üblich auch technisch reiner, weißer Verbrauchszucker und Wein im Sinne des Weingesetzes. Nicht erlaubt ist der Zusatz von Chemikalien aller Art, insbesondere von künstlichen Bleichstoffen, sowie von Konservierungsmitteln, Essig aller Art, sowie Milchsäure und sonstige Stoffe. Weinsauerkraut und sterilisiertes Sauerkraut müssen als solches besonders gekennzeichnet sein.

Die chemische Zusammensetzung des Sauerkrautes ist nach E. F e d e r ⁶³⁾ die folgende:

T a b e l l e 9.

Wasser	88,0 bis 90,8 %
Stickstoffsubstanz	1,3 „ 1,7 %
Rohfett	0,3 „ 0,4 %
Milchsäure	1,2 „ 1,8 %
Lösliches Kohlehydrat	0,8 „ 1,3 %
Mannit	0,8 „ 1,2 %
Rohfaser	0,8 „ 1,0 %
Asche	1,4 „ 4,0 %
Davon Kochsalz	0,8 „ 3,3 %

Von S c h a l l ⁷⁴⁾ wird der Eiweißgehalt mit 1,4 g je 100 g angegeben. Im Sauerkraut liegt dementsprechend ein eiweiß- und kohlehydratarmes nahezu fettfreies Nahrungsmittel von geringem Nährwert vor. Der Kaloriengehalt wird von den verschiedenen Autoren zwischen 16 und 25 Kalorien für 100 g angegeben. Pharmakologisch besonders bemerkenswert ist der schwankende Kochsalzgehalt, der bei jeder diätetischen Verwendung besonders beachtet und unter Umständen durch Waschen entfernt werden muß. Für die Ernährung des Zuckerkranken ist wichtig, daß durch den Gärungsvorgang ein großer Teil der zuckerbildenden Kohlehydrate zerstört ist, so daß mit Hilfe des Sauerkrautes die Kohlehydratzufuhr auf ein möglichst geringes Maß herabgedrückt werden kann.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß infolge unrationeller Darstellungsverfahren die chemische Zusammensetzung des

Sauerkrautes wesentlich verändert sein kann. So führt C. v o n N o o r d e n ⁶³⁾ Klage darüber, daß in zunehmender Masse beim Einlegen des Krautes ein Wasserzusatz erfolgt, was sicher für die Haltbarkeit des Krautes nicht günstig ist, auch zu einem erhöhten Essigsäuregehalt führt. In einem der neuesten Lehrbücher der Krankenernährung wird leider noch ein Wasserzusatz angeraten. Als Sonderfall muß erwähnt werden, daß man chemische Desinfektionsmittel zugesetzt hat, um die Gärung in einem ganz bestimmten Augenblick zu unterbrechen und zu verhindern, daß beim längeren Lagern ein Zuviel an Säure auftritt. Von S c h l a y e r wird zu diesem Zweck Nipakombin A empfohlen. Dadurch können möglicherweise weitere Nebenwirkungen entstehen; auch sind solche Mittel beim Sauerkraut durchaus zu entbehren.

Eine wesentliche Ergänzung der chemischen Analyse bilden die zunächst mit Hilfe des pharmakologischen Experiments nachgewiesenen und später chemisch ermittelten b i o g e n e n A m i n e. Von besonderer Bedeutung ist der Gehalt an A c e t y l c h o l i n, das in einer Konzentration von 1 : 20 000 bis 1 : 40 000 in Sauerkrautsaft enthalten ist (G e h l e n ²⁴, K e i l ³⁹ u. a.). Es entstammt der Tätigkeit der Milchsäurebakterien (K e i l). Daneben sind nicht unerhebliche Mengen von Histamin und Putrescin nachgewiesen worden, welche beiden Stoffe nicht mit der anaeroben Tätigkeit der Milchsäurebakterien zusammenhängen, vielmehr auf unerwünschte biologische Vorgänge, und zwar auf Abbau der Eiweißkörper oder der freien Aminosäuren Lysin, Arginin und Histidin zurückgeführt werden müssen. Dabei scheint besonders das Bacterium Coli beteiligt zu sein, das in saurer Reaktion Amine bildet. Doch mögen in der ersten aeroben Phase auch die Milchsäurebakterien diese Nebenprodukte liefern (K e i l). Der von K e i l und K r i t t e r in einem Sauerkrautsaft des Handels ermittelte Histamingehalt betrug 40 mg im Liter. Es ist indessen anzunehmen, daß der Gehalt an Histamin und Putrescin in den verschiedenen Sauerkrautsorten des Handels nicht unbedeutend schwanken wird.

Nach G e h l e n soll die bekannte Abführwirkung des Sauerkrautes auf seinem Gehalt an Acetylcholin beruhen. Die

in dieser Hinsicht wirksame Dosis von Sauerkrautlake beträgt für die Katze 20 bis 30 g (Gehlen²⁴), für den Menschen 200 bis 300 g (v. Noorden⁶³). Die abführende Dosis von Sauerkraut selbst beträgt ebenfalls 200 bis 300 g (v. Noorden⁶³). In 200 g Sauerkraut oder Lake sind ungefähr 20 mg Acetylcholin enthalten. Keil hat im Selbstversuch die zehnfache Dosis, nämlich 200 mg eingenommen, ohne daß eine Abführwirkung eintrat. Auch erhebliche Dosen von Histamin (200 mg) besaßen keine abführende Wirkung (Joy A. C. und Mitarbeiter, Science U. Y. 58, 286, 1923). Das Putrescin ist pharmakologisch gesehen weitgehend indifferent. Unter solchen biogenen Aminen des Sauerkrautes ist daher der Spiritus rector — wie Berhaveden wichtigsten Träger der pharmakologischen Wirkung nannte — wohl nicht zu suchen.

Nach den bisher vorliegenden Versuchen scheint C. von Noorden⁶³ recht zu behalten, der die Abführwirkung der Lake auf die gemeinsame Wirkung des Milchsäure-Salzgehaltes zurückführt. Beim Sauerkraut selber muß noch der Zellulosegehalt berücksichtigt werden; der Stuhl erhält nämlich nach v. Noorden eine gleichmäßige, pomadeartige Konsistenz. Für Kranke mit habitueller spastischer Obstipation soll das Sauerkraut geradezu ein Heilmittel darstellen. v. Noorden ließ Liebhaber des Sauerkrautes oft wochenlang täglich 500 bis 1000 g davon nehmen und hatte die Genugtuung, daß nach dieser „Übungskur“ auch bei allmählicher Rückkehr zur früher gewohnten Kost der Stuhlgang regelmäßig blieb. Besonders gerühmt wurde der Erfolg von Patienten mit schmerzhaften Hämorrhoidalleiden. Man darf vermuten, daß auch die bekannte wurmtreibende Wirkung des Sauerkrautes mit der Abführwirkung zusammenhängt; denn in einer Probe, die wir untersuchten, war nicht die leiseste Andeutung einer spezifischen, unmittelbar gegen Eingeweidewürmer gerichteten vermiziden Wirkung zu sehen. Es ist daher verständlich, daß auch Sauerkrautsaft — die in der Literatur angegebene Dosis, von 20 bis 30 g pro Tag als Sirup verordnet, scheint uns zu niedrig — gelegentlich bei Kindern einige Ascariden abtreibt. Vereinzelt dieser Parasiten sind ja durch beliebige Abführmittel zu beseitigen.

Die Analyse der Mineralstoffe ist von Ragnar Berg⁷⁴⁾ durchgeführt worden.

Danach finden sich in 100 g Sauerkraut die folgenden Werte in mg:

1. Basen: K_2O 572, Na_2O 42, CaO 70, MgO 39, Fe_2O_3 8,3. Die Basensumme in Milliäquivalent ausgedrückt ist demnach 22,4.

2. Säuren: P_2O_5 216, SO_3 162, Cl 37. Die Säuresumme im Milliäquivalent beträgt demnach 14,2, und es läßt sich daraus ein Basenüberschuß von 8,2 berechnen. Das Sauerkraut gehört demnach zu den alkalisierenden Nahrungsmitteln, wobei zu beachten ist, daß ein Teil des Basenüberschusses durch Abgießen des Kochwassers verlorengehen kann. Diesen Zahlen läßt sich aber weiter entnehmen, daß wir mit dem Sauerkraut erhebliche Mengen von lebenswichtigen Elementen zu uns nehmen. Mit dem hohen Gehalt an Kalium, Calcium und Magnesium hängt auch die diuretische, antihypertensive Wirkung von Sauerkraut und Sauerkrautsaft zusammen, sofern sie mit geringen Kochsalzmengen bereitet wurden*). Von französischer Seite wird besonders auf den hohen Schwefelgehalt der Eiweißkörper hingewiesen.

Von sonstigen pharmakologisch wirksamen Stoffen sind blutzuckersteigernde und blutzuckersenkende Stoffe erwähnenswert. Die letzteren sind zunächst aus dem Weißkraut in weitgehend gereinigter Form dargestellt worden (Macdonald und Wislicki⁵⁴⁾); sie sind dann aber von Eichler auch im Sauerkraut aufgefunden worden. Im Sauerkraut des Handels ist der Gehalt an solchen Stoffen schwankend. Es läßt sich aber vermuten, daß die blutzuckersenkende Wirkung geeigneter Sauerkrautproben zu ihrer appetitanregenden Wirkung wesentlich beitragen kann. Im Weißkohl haben ameri-

*) Die Zusammensetzung des Sauerkrautes im Hinblick auf die wichtigsten Kationen ist ganz ähnlich wie die bestimmter Heilquellen. So darf es nicht Wunder nehmen, wenn man gerade im balneologischen Schrifttum nähere Angaben über die pharmakologische Wirkung solcher Mineralsalzmischungen findet. Siehe z. B. F. Eichholtz und W. Sertel, Weitere Untersuchungen zur Chemie und Pharmakologie der Heidelberger Radiumsole. Heidelberg 1940.

kanische Forscher (Steenbock, Elvehjem u. a.) auch einen hohen Gehalt an blutbildenden Stoffen nachgewiesen, die voraussichtlich auch im Sauerkraut vorkommen.

Der wichtigste Maßstab aber für den gesundheitlichen Wert einer Sauerkrautprobe ist der Gehalt an Vitaminen.

An anderer Stelle ist bereits erwähnt worden, daß bei der Züchtung des Kopfkohls der Vitamin A-Gehalt verlorengegangen ist, und daß Egle im Seyboldschen Institut in einer Sauerkrautprobe nur 3 γ Carotin in 100 g auffand. Ebenso fehlt jede Spur von antirachitischem Vitamin D, da das Innere des Kopfkohls vom Sonnenlicht nicht getroffen wird.

Unter diesen Umständen hängt alles von genügendem Gehalt an Vitamin C ab. Hierüber besteht ein ausgedehntes Schrifttum:

Die meisten Autoren, die in letzter Zeit den Vitamin C-Gehalt des fertigen Sauerkrautes bestimmten, fanden Werte zwischen 13 und 30 mg. Solche Werte sind auch mit tierexperimentellen Methoden bestimmt worden, die ja jederzeit eine höhere Beweiskraft besitzen als die chemisch analytischen Verfahren (Clow⁹, Pederson⁶⁶). Der letztere Wert von 30 mg entspricht nahezu dem vollen Vitamin C-Gehalt des Weißkohls vor der Einsäuerung (Höchstwert gegen 40 mg). 30 % des Vitamin C-Gehaltes finden sich in gebundener Form (Holtz).

Andererseits kann kaum ein Zweifel darüber herrschen, daß gelegentlich der Vitamin C-Gehalt sehr stark vermindert ist. Noch in letzter Zeit gibt Wachholder für eine aus dem Handel entnommene Probe einen Wert von nur 1 bis 3 mg pro 100 g an. Wir selber haben die Beobachtung gemacht, daß im Beginn des Gärvorganges das Vitamin C bis auf Spuren zerstört wird, und daß erst in einer zweiten Gärperiode eine Neubildung des Vitamins einsetzt, wahrscheinlich durch die Tätigkeit bestimmter Bakterien oder Hefen (Kurve).

Wir wissen noch nicht, inwieweit der Vitamin C-Gehalt des zur Sauerkrautbereitung verwandten Weißkohls für den Vitamingehalt nach abgeschlossener Gärung verantwortlich ist. In dieser Lage scheint es zur Zeit geraten, auch die Erfahrungen mit zu berücksichtigen, die man über die Veränderungen des

Vitamin C-Gehaltes im Weißkohl — nach der Ernte und infolge der Verarbeitung — gesammelt hat. Bekanntlich tritt allein durch Lagern von Weißkohl eine wesentliche Verminderung im Gehalt an Ascorbinsäure ein, und es scheint geraten, die Verarbeitung möglichst bald nach der Ernte vorzunehmen. Solche Verluste werden hauptsächlich durch bestimmte pflanzeigene Fermente (Oxydasen und kupferhaltige Verbindungen) herbeigeführt, besonders bei gleichzeitiger Anwesenheit von Luft. Durch kurzes Erhitzen auf 100° werden solche

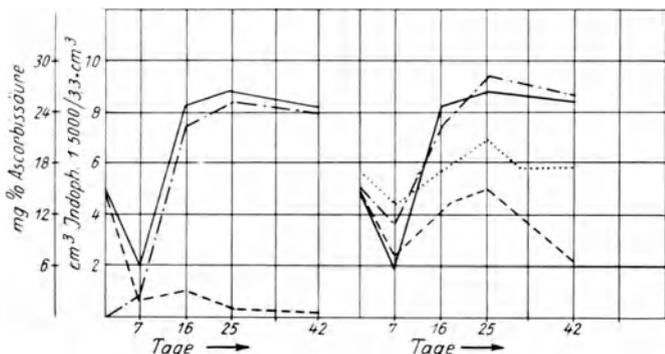


Abb. 15. Vitamin C-Gehalt während normaler Weißkrauteinsäuerung.
(Lagerkohl Dezember, 2 Tage ~ 18° C, von da ab 9–10° C.)

— Gesamtascorbinsäure, — Saft aus der untersten Schicht,
 - - - Ascorbinsäure (reduz.), - - - " " " mittleren " "
 Dehydroascorbinsäure, " " " obersten " "
 im Saft der untersten Schicht. Kraut " " " "
 (Gesamtascorbinsäure.)

Nach Möller und Link ⁵⁰⁾

Fermente unwirksam. Die Verluste nehmen bei der Zerkleinerung der Pflanze rasch zu und können dabei in wenigen Stunden erheblichen Umfang annehmen, besonders auch beim Behandeln mit Gerätschaften, die Eisen und Kupfer abgeben. Daher sollte man Zuputzen, Zerkleinern, Einlegen in die Fässer schnellstens durchführen (S c h e u n e r t). Inwieweit Sortenunterschiede, Reifungsgrad oder Düngung beim wechselnden Vitamingehalt mitspielen, ist bis heute noch nicht ganz ersichtlich (S c h e u n e r t).

Man ersieht weiter aus der Abb. 15, daß der Saft sehr viel weniger Ascorbinsäure enthält als das Sauerkraut selbst,

ausgenommen in den untersten Schichten, wo der Luftsauerstoff seine schädliche Wirkung nicht mehr ausüben kann. Auch spielt die Vergärungstemperatur eine entscheidende Rolle, und zwar soll nach dem Angären eine Temperatur von 10 bis 11° C nach Möglichkeit nicht mehr überschritten werden.

Bemerkenswert ist auch die rasche Zerstörung des anti-skorbutischen Vitamins, wenn man das Sauerkraut der Luft aussetzt, und ähnliche Verluste können beim Lagern, Umfüllen, Sterilisieren und besonders beim Kochen eintreten. Diese Verluste sind um so größer, je länger Luft und Hitze einwirken. Warmhalten, Wiederaufwärmen, der Gebrauch der Kochkiste sind daher nicht günstig. In Gegenwart von Kupfer, z. B. beim Kochen in Kupferkesseln, wird Vitamin C besonders rasch zerstört, und ebenso entstehen Verluste durch vorheriges Waschen. Geradezu verhängnisvoll erweist sich das Abgießen des Kochwassers, wobei nach den Erfahrungen mit anderen Gemüsen mehr als die Hälfte der Ascorbinsäure verlorengehen kann (S c h e u n e r t). Genaue Verlustzahlen gibt L i n t z e l an. Er findet bei einer Probe von Weißkraut:

Kurz gekocht mit Kochwasser . . .	— 13,7 %
Gedünstet in Fett	— 26,6 %
Lang gekocht mit Kochwasser . . .	— 21,1 %
Kurz gekocht ohne Kochwasser . .	— 59,0 %
Lang gekocht ohne Kochwasser . .	— 100,0 %

Aus all diesen Gründen scheint eine gelegentliche Kontrolle des Vitamin C-Gehaltes im Handelssauerkraut angebracht.

Die alten Seeleute waren in dieser Hinsicht durch die Erfahrung belehrt worden. Im englisch-französischen Kriege 1780/83 wurde der vorzügliche Gesundheitszustand der englischen Seeleute vom Chefarzt der Flotte auf den Gebrauch von Sauerkraut zurückgeführt (G i l b e r t B l a n e ⁵).

Die Schiffe des Geschwaders erhielten einen Befehl des Admirals, nach dem jeder Mann wöchentlich 2 Pfund Sauerkraut erhalten sollte. „Den Köchen wird empfohlen, das Sauerkraut nicht zu waschen, noch es in den kupfernen Kessel zu werfen, bevor die Erbsen hinlänglich weich sind.“ An den Rindfleischtagen bekam jeder Mann ½ Pfund und an den Schweinefleischtagen ¼ Pfund rohes Sauerkraut. Wollte man mit unseren

heutigen Kenntnissen über die Stabilität des Vitamin C eine zweckmäßige Kochvorschrift ausarbeiten, so würde diese gleichlautend sein mit dem obigen Dienstbefehl. Aber sogar die Dosis ist ungefähr die richtige. Nehmen wir nämlich einen Gehalt von 20 mg Ascorbinsäure als Mittelwert für ein gutes Sauerkraut, so wäre in 250 g die Tagesdosis für den Erwachsenen in Höhe von 50 mg enthalten. Die in der obigen Dienstvorschrift vorgesehene Sauerkrautmenge wäre dann etwas gering. Andere Autoren halten die angegebene Tagesmenge für zu hoch und glauben, daß 25 mg genügen (Ritschl). Dann hätte der Admiral in der Tat die Schutzdosis von Sauerkraut richtig angegeben.

Sauerkraut enthält weiter die Vitamine der B-Gruppe: Aneurin, Lactoflavin, Nicotinsäure u. a. Über den genauen Gehalt liegen keine näheren Untersuchungen vor. Diese Stoffe sind indessen in saurer Reaktion sehr stabil, und nur beim Waschen des Sauerkrautes oder beim Abgießen des Kochwassers können größere Verluste auftreten.

Im ganzen gesehen, stehen daher dem geringen Nährwert des Sauerkrautes seine beträchtlichen gesundheitlichen Werte entgegen, bestehend im hohen Gehalt an Mineralstoffen und an lebenswichtigen Vitaminen.

Auch die Verdaulichkeit des Sauerkrautes ist ausgezeichnet. So berichtet Beaumont⁷⁹⁾, daß er einen Mann mit Magenfistel untersuchte, bei dem das rohe Sauerkraut, als Salat zubereitet, 2 Stunden gebrauchte, um den Magen zu passieren, gegenüber 2¹/₂ Stunden bei frischem Kohl und 4¹/₂ Stunden bei gekochtem frischem Kohl.

Aus all diesen Gründen ist Sauerkraut ein wichtiges diätetisches Nahrungsmittel bei der Behandlung der Stoffwechselkrankheiten wie Diabetes, Gicht, Fettsucht, Basedowerkrankung. Es ist gelegentlich beim Erbrechen der Schwangeren wirksam. Es wird bei eiweißarmer, alkalifreier und — kochsalzfrei vergoren — auch bei kochsalzarmer Diät empfohlen. Ein Verbot des Sauerkrautes bei Nierenerkrankungen ist nach v. Noorden nicht gerechtfertigt, jedenfalls nicht bei niedrigem Kochsalzgehalt, da der Gärungsprozeß keine die Nieren schädigenden Stoffe liefert.

Während über die vorher erwähnten Einzeleigenschaften ein ziemlich einheitliches Urteil besteht, ist es nicht so, wenn die Frage der Bekömmlichkeit aufgeworfen wird.

Sauerkraut führt gelegentlich zu Blähungen. Immerhin trifft diese Eigenschaft für das Sauerkraut in viel geringerem Maße zu als für die nicht vergorenen Krautarten. Der Hauptteil der möglichen gasbildenden Stoffe ist ja schon während der Vergärung unschädlich gemacht worden. Immerhin konnten wir zeigen, daß die ausgetriebenen Gasmengen nicht unbeträchtlich schwanken, und zwar u. a. in Abhängigkeit von der Gärtemperatur. Auch ein gutes, ausgereiftes Sauerkraut kann daher je nach dem angewandten Gärverfahren imstande sein, im Darmkanal größere oder nur verschwindend geringe Gasmengen zu entwickeln. Ohne Zweifel aber gibt es Personen, die sich auch an ein einwandfreies Sauerkraut nicht gewöhnen können. Solche aber sind nach C. v. N o o r d e n selten. Durch Zusatz von Hülsenfrüchten (z. B. von Erbsenbrei) wird die blähende Wirkung des Sauerkrautes verstärkt, so daß gewisse Personen das Sauerkraut mit Fleisch oder Kartoffeln gut vertragen, mit Erbsen dagegen Blähungen bekommen. In Hinblick auf solche Fälle wäre es wichtig, wenn ein in Hinsicht auf Gasbildung möglichst ausgegorenes diätetisches Sauerkraut mit hohem Vitamingehalt zur Verfügung stände.

Die blähende Wirkung des Sauerkrautes hat wohl manche Ärzte, wie z. B. S c h l a y e r , veranlaßt, es bei Magenerkrankungen, bei Erkrankung der Leber, Galle, der Bauchspeicheldrüse sowie bei Dünndarmerkrankungen nicht zu verwenden. Andere Ärzte indessen verordnen Sauerkraut nicht nur bei den verschiedensten harmlosen Magenerkrankungen, sondern sogar bei Magengeschwüren, bei tuberkulösen Darmgeschwüren und gastrogenen Diarrhöen. v. N o o r d e n erwähnt, daß bei habitueller spastischer Obstipation die befürchtete Gasaufblähung des Darmes völlig ausblieb.

Eine solche grundverschiedene Beurteilung läßt sich am einfachsten erklären durch die verschiedene Herkunft und die verschiedene Zubereitungsweise des Sauerkrautes. Die weniger begeisterten Freunde des Sauerkrautes geben oft, was zu denken gibt, sehr unzuweckmäßige Säuerungs- und Kochvorschriften, oder sie legen keinen Wert darauf, wer es hergestellt hat. Das aber kann für die Beurteilung solcher „Unverträglichkeiten“ ausschlaggebend sein.

Die wesentlichen chemischen, pharmakologischen und therapeutischen Eigenschaften, die vom Sauerkraut beschrieben wurden, kommen auch der Sauerkrautlake zu. Diese stellt den natürlichen Sickersaft der Kohlblätter dar, der mit Salzzusatz versehen und vergoren ist. Besonders wertvoll ist ihr Milchsäuregehalt, doch sind auch die im Kohl vorkommenden Mineralstoffe in großer Menge darin enthalten. Der Vitamingehalt ist geringer als im Sauerkraut, einen Nährwert besitzt die Lake praktisch nicht. Der Sauerkrautsaft kann lebende Milchsäurebakterien in großer Zahl enthalten, und diese mögen gelegentlich auf die Bakterienflora des Darmes günstig einwirken.

Ein Glas guten Sauerkrautsaftes vor der Mahlzeit genommen ist erfrischend, appetitanregend und ebenso leicht verdaulich wie das Sauerkraut selber, wird auch vom schwächsten Magen vertragen. Es wirkt abführend bei Verstopfung und kann auch die damit verbundenen Allgemeinbeschwerden, wie Kopfschmerz u. a., beseitigen. Sauerkrautsaft wird in anderen Ländern bereits als Konserve auf den Markt gebracht.

4. Über die Wirkung von Gärfutter auf den tierischen Organismus

Die gesundheitlichen Werte des Sauerkrautes werden noch deutlicher bei der Gegenüberstellung mit den Erfahrungen über das Gärfutter. Bald nach der allgemeinen Einführung des Goffartschen Verfahrens haben Fütterungsversuche ergeben, daß ein gut vorbereitetes Sauerfutter in seinen Eigenschaften mehr zu vergleichen ist mit dem Grünfutter als mit dem Heu.

Dieser Satz steht auch heute noch nahezu unerschüttert da. Der Weg der Wissenschaft seit jenen frühesten Untersuchungen bestand ja darin, immer neue Einzeleigenschaften des Sauerfutters meßbar zu machen. Es besteht heute kein Zweifel mehr, daß eine gut bereitete Silage in Hinsicht auf ihren Gehalt an Gesamtnährstoffen, an verdaulichem Protein, an stickstofffreien Ex-

traktstoffen, an Ätherextrakt nicht wesentlich dem Grünfutter nachsteht. Je weniger unwillkommene Gärungen in den Silagevorgang hineinspielen, desto geringer ist der Verlust an Reinprotein. Bei besonders starker Säuerung, wie z. B. beim Virtanen-Verfahren, entstehen daher besonders geringe Verluste. Es scheint weiter unbestritten, daß durch die Vergärung eine, wenn auch nicht bedeutende Zunahme der verdaulichen Faser stattfindet; das Sauerfutter ist sozusagen als vorverdaut zu betrachten, besitzt infolgedessen eine gute diätetische Wirkung und erhöht die Freßlust der Versuchstiere. Erhalten diese z. B. vergorenen Mais, so werden sie sogar veranlaßt, auch andere, gelegentlich schlecht schmeckende Futtermittel herunterzuschlucken, die sie vorher ablehnten, wie z. B. Palmkerne oder bestimmte Sorten von Erdnüssen (Goffart²⁵). Futterpflanzen, die durch leichte Verschimmelung oder sonstige Verderbnis einen schlechten Geschmack erhalten haben, so daß sie von den Tieren nicht mehr gern genommen werden, können durch Gärung wieder in ein einwandfreies und begehrtes Futter verwandelt werden. Hierbei ist noch die spezifische Wirkung der Milchsäure zu berücksichtigen. Die Ausnutzung des Sauerfutters im Darmkanal und seine Verwertung durch das Tier ist daher aus vielen Gründen weitaus besser als die von Heu. Dieses macht ja schon beim Trocknen rein physikalische Veränderungen durch, wodurch der Kauakt und die Verdauung schwieriger werden, ganz abgesehen von den gewaltigen Nährstoffverlusten, die beim Heumachen entstehen, wenn schlechtes Wetter hinzukommt.

Der gute Nährwert äußert sich beim wohlgelungenen Gärfutter, das man dem Muttervieh verabreicht, in gutem Aussehen und schnellem Wachstum der Milchkälber — was mit Recht als besonders scharfes Zeichen für die Güte des Futters angesehen wird, obwohl Gärfutter bei Milchkälbern selbst zunächst nur vorsichtig anzuwenden ist, da der Verdauungskanal noch gar nicht für pflanzliche Nahrung eingerichtet ist. Es findet sich aber auch eine rasche Gewichtszunahme bei jungen Tieren und beim Milchvieh eine erhöhte Milch- und Butterproduktion. Mastversuche an Schweinen haben äh-

lich günstige Ergebnisse gezeitigt, wobei auch die Beschaffenheit des Fleisches nach dem Schlachten zu keiner Beanstandung führte.

Im Gegenteil berichten z. B. nach Brockmann die Bündner Bauern, durch das „Maß“ (Gärfutter aus *Rumex alpinus*) sei das Fleisch viel haltbarer als nach Fütterung mit den Küchenabfällen der Gasthäuser. Ohne jede Zubereitung könne man in Arosa die mit Salz eingegebenen Speckseiten von solchen Schweinen im Winter aufhängen und — ohne Räucherung — trocknen. Sie hielten sich 7 bis 8 Jahre frisch, während das andere Schweinefleisch rasch ranzig werde.

Tierexperimente ergeben demnach, daß ein zweckmäßig hergestelltes Sauerfutter einer vollendeten Entfaltung der tierischen Funktionen nicht entgegensteht und den Schlachtwert der Tiere gegenüber der Fütterung mit unzulänglichem Futter verbessert.

Das Silofutter besitzt weiter einen hohen Vitamingehalt. Schon frühzeitig ist aufgefallen, daß die Butter bei Trockenfütterung des Milchviehs weiß, bei Sauerfutter gelblich ist, ein deutlicher Hinweis, daß starke Unterschiede im Carotingehalt der Butter vorliegen. Nach Scheunert findet sich nicht einmal in lange gelagerter Silage eine Herabsetzung gegenüber der frischen Futterpflanze. Hodgson und Mitarbeiter haben in Versuchen an Kühen der Holsteiner Friesenrasse die folgenden Carotinwerte im Butterfett bestimmt: Bei Heufütterung 3,6 mg pro g, bei Heu und Silage 6,5 mg, bei Silage 6,8 mg, bei Weidefütterung 7,9 mg.

Bei der sauren Vergärung soll in gewissen Futtermitteln, wie Luzerne, sogar eine Vermehrung des Carotingehaltes eintreten, obwohl vielleicht nach Egle eine Verwechslung mit beim Vergärungsvorgang neu auftretenden Derivaten der Blattpigmente vorliegt. Mit einigem Vorbehalt muß man daher die Zahlen von Krauss und Washburn betrachten, die in frischer Luzerne 180 γ pro g Trockensubstanz, in der entsprechenden Silage 219 γ fanden, während im berechneten Luzerneheu nur noch 22 γ , d. h. kaum mehr als der zehnte Teil des ursprünglichen Carotingehaltes, enthalten war. Auf einen anderen grundlegenden Unterschied zwischen Heu und Gärfutter hat

Seybold aufmerksam gemacht: Während im Heu das tier-physiologisch bedeutungslose Xantophyll zusammen mit Chlorophyll A erhalten bleibt, Carotin und Chlorophyll B aber zugrunde gehen, findet man bei Gärfutter genau das Gegenteil, hier werden die beiden ersten zerstört, Carotin und Chlorophyll B bleiben erhalten.

Ein auf Heu verarbeitetes Futtermittel muß daher wesentlich ungünstigere Eigenschaften besitzen. Auch wenn man die Tiere solches Heu nach Belieben fressen läßt, nehmen sie kaum an Gewicht zu, oft nehmen sie ab. Auch die Milch läßt zu wünschen übrig, und die Jungtiere stellen oft ihr Wachstum ein. Die Butter ist bleich, hart und geschmacklos. Es fehlt ihr die gelbliche Farbe, die durch den Carotingehalt bedingt ist. Schon Goffart meinte, ein Landwirt brauche ihm nur die Butter zu zeigen, die er im Winter erzeuge, und er wisse dann genau, ob der Mann das Geschäft des Einsäuerns versteht. „A l'oeuvre on juge l'artisan.“

Über den Gehalt der Silage an Vitaminen der B-Gruppe liegen hauptsächlich die Angaben von Scheunert vor; er ist demnach in frischer Silage unverändert, in lange gelagerter indessen mehr oder weniger herabgesetzt. Das ist heute insofern zu berichtigen, als nach neueren Kenntnissen die Vitamine B₁ (Aneurin), B₂ (Lactoflavin), B₆ (Adermin), sowie Nikotinsäure und Nikotinsäureamid in saurem Medium stabil sind. Auch aus weiteren Gründen ist es in höchstem Maße unwahrscheinlich, daß bei der Säuerung eine wesentliche Verminderung dieser Stoffe eintritt. Über die neueren Vitamine der B-Gruppe (Pantothensäure, Biotin und das neue Wachstumsvitamin von Elvehjem, u. a.) sind wir noch nicht genügend unterrichtet.

Über den Vitamin C-Gehalt des Sauerfutters findet man die Angabe, daß er stets deutlich herabgesetzt ist (Scheunert) oder sogar, wie bei der Silierung von Maiskohl und Mais, völlig zerstört sein kann (Ellis, Steenbock und Hart). Wir haben indessen Grund zur Annahme, daß bei bestimmten Futterpflanzen die Umsetzungen von Vitamin C bei der Gärung nicht wesentlich anders verlaufen als im Sauerkraut, und daß auch ähnliche Schwierigkeiten auftreten (vgl.

S. 116). Andererseits wird indessen daran erinnert, daß die Zerstörung und Neubildung dieses Vitamins in Möhren- und Mangoldsilagen ganz anders verläuft als in Sauerkraut oder Schnittbohnen (Wagenhan⁸⁶), und möglicherweise bestehen entsprechende Unterschiede auch zwischen den verschiedenen Futterpflanzen. Es wäre wichtig, systematische Bestimmungen des Vitamin C-Gehaltes von Gärfutter durchzuführen, da einige Haustiere, wie z. B. Schafe, bei Mangel an diesem Vitamin an Zahnfleischgeschwüren und Lockerwerden der Zähne erkranken und bei schwerer Gebißerkrankung nicht mehr fressen können.

Der Gehalt der Silage an Vitamin D kann bei genügender Sonnenbestrahlung der Futterpflanzen beträchtlich sein. Bechtel²) und Mitarbeiter wiesen für eine Maissilage nach, daß ältere Kälber vor Rachitis geschützt und auch von ihr geheilt werden, wenn man 7 bis 10 g Trockensubstanz dieser Silage pro kg Tier täglich verfüttert. Ein solches vor dem Einlegen genügend von der Sonne bestrahltes Gärfutter ist demnach eine ausreichende Vitamin D-Quelle für Milchvieh.

Zusammengefaßt ist die richtig geleitete milchsäure Vergärung von Futtermitteln ein zweckmäßiges Verfahren, ohne wesentlichen Verlust an verwertbarer Energie ein biologisch einwandfreies Futter von guten diätetischen Eigenschaften herzustellen.

An dieser Stelle muß kurz auch die Frage erwähnt werden, wie sich bestimmte, in Futtermitteln vorkommende Giftstoffe beim Gärvorgang verhalten. Nachrichten darüber liegen vor über die Oxalsäure, die bekanntlich in besonders hohen Mengen in Rhabarberblättern, Sauerampfer, Sauerklee, aber z. B. auch in Rübenblättern enthalten ist, und die durch die Gärung zerstört werden soll (Kellner⁴²), eine Angabe, die der Nachprüfung harret. Die nach Verfütterung von Rübenblättern gelegentlich auftretenden Durchfälle sollen nach Vergärung ausbleiben, was indessen wohl mehr mit dem allgemein üblichen Waschen der Rübenblätter, d. h. mit der Entfernung von Sand zu tun hat, der solche Durchfälle hervorruft. Auch senföhlhaltige Pflanzen der Brassica-Gattung sollen

nach der Kaltvergärung einen geringeren Gehalt an diesem stark entzündungserregenden Stoff aufweisen (O. v. Schoenbeck). Für andere im Futter vorkommende oder gelegentlich von Haustieren gefressene Giftpflanzen ist durch die bisher vorliegenden Versuche noch nicht entschieden worden, ob ihre Gifte durch Kaltvergärung zerstört werden. Diese Frage ist noch offen für die Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*), den wilden Mohn (*Papaver rhoas*), den Tabak (*Nicotiana tabacum*), die Eibe (*Taxus baccata*), den Buchsbaum (*Buxus sempervirens*), den roten Fingerhut (*Digitalis purpurea*), den Oleander (*Nerium oleander*), den Goldregen (*Cytisus laburnum*), die verschiedenen Nieswurzen (*Helleborus viridis* u. a.), den Sturmhut oder Eisenhut (*Aconitum napellus*), die Hahnenfußgewächse (*Ranunculus acer*, *sceleratus* u. a.), das Bingelkraut (*Mercurialis annua* und *perennis*), die Wolfsmilchgewächse (*Euphorbia maculatum*), den Wasserschierling (*Cicuta virosa*), die keimenden Kartoffeln und das Kartoffelkraut, den Bokharaklee, gewisse Lupinen- und Wickenarten, die Schachtelhalme (*Equisetum arvense* und *palustre* u. a.), den Buchweizen (*Polygonum fagopyrum*), um nur die wichtigsten gifthaltigen Pflanzen zu nennen, die im Viehfutter vorkommen können. Es sind Gegenden bekannt, niedrig liegende Weiden u. ä., wo besonders häufig ein plötzliches Sterben des Viehs einsetzt, wenn es das frische Grün verzehrt, und wir wissen noch nicht, wie sich ein solches Futter nach der Kaltvergärung verhält. Auch ist das Schicksal der Blausäure in solchen Silagen noch unbekannt, und damit die Frage, ob blausäurehaltiges Futter (bittere Mandeln, Zwetschgenkerne, Kirschlorbeerblätter, Pfirsichblätter, Javabohnen u. a.) weniger gefährlich ist, wenn es den Silageprozeß durchgemacht hat. Bei der Warmvergärung können ja die verschiedensten Pflanzengifte zerstört werden (vgl. S. 45).

Die bekanntesten Giftpflanzen Kornrade (*Agrostemma githago*) und Platterbse (*Lathyrus sativus*) werden demgegenüber als grüne Futterpflanzen ohne Nachteil verfüttert. Von ihnen sind hauptsächlich nur die Samen giftig. Das gleiche trifft auch für die Bohne zu (*Phaseolus vulgaris* und *multiflorus*), die, wenn sie roh gegessen wird, zu schwerer, auch tödlicher Vergiftung des Menschen führen kann.

Die Gärfutterfrage ist zuletzt innigst verknüpft mit der Frage des Notfutters. Leider liegen hierüber — auch aus dem Weltkriege — keine besonderen Erfahrungen vor, und so bleibt die Frage zur Zeit noch offen, ob Laubheu und krautartige Pflanzen, die im frischen Zustande vom Vieh abgelehnt werden, durch die Vergärung in einer Mischsilage zu einem wertvollen Futter werden können. Genaue Nachrichten sind uns überliefert über die Bereitung von Gärfutter aus Weinlaub (Gegend von Lyon), aus dem Laub der Schwarzapfel und besonders dem der Esche, dem wichtigsten Laubfutterbaum (Tal der Isère). Auch ist es wahrscheinlich, daß die im unteren Wallis eigens zum Zwecke der Viehfütterung angepflanzten Ulmen in früherer Zeit auch zu Gärfutter verarbeitet wurden. Man wird aber auch an das Laubheu von Holunder, Weißbuche, Pappel, Weide, Linde denken, das sich nach Diels¹³⁾ als Viehfutter eignet. Weiter kommen Pflanzen in Betracht, die in früheren Notzeiten in Form von Heu verwendet worden sind, wie Schilfrohr und andere Wasserkräuter, junge Tannentriebe oder Farnkraut. Wer solche Versuche für notwendig oder nützlich hält, wird sie, um unnötige Ausgaben und Verluste zu vermeiden, zweckmäßig zunächst im kleinen anstellen, und als Versuchstier ist hier wegen seiner auffallenden Freßlust besonders das Meer-schweinchen geeignet.

Bei dieser Gelegenheit muß noch auf einen weiteren technischen Nachteil der Silagefütterung hingewiesen werden. Die mit derartigem Futter erzielte Milch eignet sich häufig nicht zur Erzeugung von Hartkäse, wie Emmentaler. Die Ursache ist weitgehend geklärt. In erster Linie nämlich handelt es sich dabei um eine Infektion der Milch mit Buttersäurebazillen bzw. mit deren Sporen. Diese können im schlechten Gärfutter in beträchtlichen Mengen vorkommen. Im Magendarmkanal des Rindes findet dann eine weitere Vermehrung statt, so daß die Zahl der Buttersäuresporen im Kot um das 10 000—50 000 fache größer sein kann als in dem verfütterten Gärfutter (Kürsteiner). Bei der geringsten Unreinlichkeit gehen diese Lebewesen in die Milch über und führen dann bei der Käsebereitung zu den bekannten Bildern der Blähung und Auftreibung, was die Marktfähigkeit der Ware verschlechtert. Aus dem gleichen Grunde erwies sich eine solche Silagemilch auch untauglich für Kinder, weil Durchfälle auftreten. Durch peinlich hygienisches Melken läßt sich beides vermeiden. Insbesondere wird auch empfohlen, daß das

Gärfutter erst nach dem Melken in den Stall gebracht und verfüttert wird, und daß es nach dem Füttern sorgfältig aus dem Stall zu entfernen ist. (Gemäß Besprechung mit M a n g o l d.)

Es ist indessen nicht unwahrscheinlich, daß noch andere Ursachen hineinspielen, durch die die Silagemilch auch in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert wird. Eine gleichmäßige Durchtränkung des Futterstockes mit Mineralsäure ist ja, wie oben ausgeführt, nur schwer durchführbar. Hier und da bleiben Nester von zu geringem Säuregehalt übrig, von denen Buttersäuregärung und Fäulnis ihren Ausgang nehmen können, so daß der biologische Wert eines solchen Futters sich vermindert. Es ist z. B. bekannt, daß Buttersäurebazillen Laktoflavin in sich speichern, welcher Stoff dadurch dem Gärfutter mehr oder weniger verlorengeht. Möglicherweise sind auch andere bakterielle Wachstoffsstoffe betroffen, so daß die biologischen Vorgänge, die zur Käsebereitung notwendig sind, in der Silagemilch anders verlaufen.

Es ist wohl nicht zweifelhaft, daß dieser letzte Schönheitsfehler der Silagefütterung sehr bald beseitigt sein wird. Schon jetzt indessen sei darauf hingewiesen, daß die mit der im Futterstock eingeschlossenen Luft und mit den Gärungsgasen flüchtige Ameisensäure gleichmäßiger den Futterstock durchsetzen wird, und daher weniger leicht solche Nester von Buttersäurebildnern hochkommen läßt. In der Tat hat man bereits nachgewiesen, daß ein mit Ameisensäure (Amasil) eingesäuertes Gärfutter sich durchaus mit der Herstellung von Hartkäse verträgt.

V. SCHLUSS

Säuerung ist ein Kunstgriff der Natur, um Fäulnis zu verhindern, und um ihre eigenen Kreaturen gegen Krankheit zu schützen. Im Dunkel der Vergangenheiten hat sich der primitive Mensch diesen Kunstgriff angeeignet, der ihm gestattete, für Zeiten der Not einen Dauerproviant anzulegen. Er erfand die Gärgrube. Wo wir aus alter Zeit solche Gruben finden, können wir sie als stumme Zeugen des erwachenden Menschengestes betrachten. Unzählige Arten von Nahrungsmitteln — krautartige Gewächse, Laubblätter, Früchte, Wurzeln, sogar Fische — sind auf solche Weise in aller Welt eingelegt worden. Viele dieser Verfahren sind Meisterstücke, die eine erfinderische Tätigkeit und eine große Erfahrung voraussetzen.

Als letzter Ausläufer dieser uralten Tradition ist das Sauerkraut zu betrachten. Auch die Bereitung von Gärfutter knüpft an diese zweckdienlichen Handgriffe an, die aus der Vorzeit zu uns herübergelant sind.

Die heutige Wissenschaft hat sich zum Ziele gesetzt, dieses Verfahren wegen seiner Einfachheit, seiner Wirtschaftlichkeit, besonders aber wegen seiner gesundheitlichen Vorzüge für Mensch und Vieh stärker zu beleben. Die Schwierigkeiten, die sich der Bereitung solcher Gärprodukte entgegenstellen, können nur durch wissenschaftliche Erforschung der Grundvorgänge beseitigt werden. Auf diesem Wege ist bereits eine große Anzahl neuer Verfahren erfunden worden, wie der Gebrauch von Mineralsäuren und Ameisensäure für Silagezwecke, die biologische Impfung des Gärgutes, das Preßsaftverfahren u. a.

Ein wichtiges Teilgebiet bildet die Erforschung der verschiedenen Bakterienarten, die in solchem Gärfutter ihr Spiel treiben. Nach R u s c h m a n n ist der Gärfutterbehälter nichts anderes als ein großes Gefäß zur Züchtung von Milchsäurebakterien. Die Erforschung dieser Bakterienart hat uns Einsichten verschafft weit hinaus über das engere Fachgebiet, dessen Erforschung wir uns vornahmen. Durch eine Seitentür sind wir in einen Palast eingetreten: Auf dem Umwege über die Bakterien, die in Sauerkraut und Silage ihr Spiel treiben, sehen wir die Idee deutlicher vor uns liegen, die dem Ganzen des Lebens zugrunde liegt. Wir wissen heute nämlich, daß der gemeinsame Bauplan, der die lebende Natur durchzieht, bereits in diesen kleinsten der kleinen Lebewesen sichtbar ist.

SCHRIFTTUM

- 1) Becker-Dillingen, Handbuch des Gemüsebaus. III. Auflage, Bd. 4. Berlin 1938.
- 2) Bechtel, H. E. und Mitarbeiter, Journal Dairy Science 19 (1936), S. 359.
- 3) Bernhauer, K., Gärungsschemisches Praktikum. Berlin 1936.
- 4) v. Beynum, J. und Pette, J. W., Zentralblatt Bakteriologie II 99 (1939), S. 353.
- 5) Blane, G., Beobachtungen über die Krankheiten der Seeleute. Marburg 1788.
- 6) Brockmann-Jerosch, H., Surampfele und Surchrut. Naturforschende Gesellschaft Zürich, Neujahrsblatt 1921.
- 7) de Candolles, A., Der Ursprung der Kulturpflanzen. Leipzig 1884.
- 8) Camescasse, J., Presse Médicale 1934, Nr. 35, S. 713.
- 9) Clow, B. und Mitarbeiter, Journal agr. Res. 39 (1929), S. 63.
- 10) Cook's, J., Reisen um die Welt. Wien 1803.
- 11) Decker, G., Über Nähr-, Wuchs- und Hemmungsstoffe, sowie spezifische Substrate des Bacterium acetylholini. Dissertation Heidelberg 1937.
- 12) Demeter, K., Zentralblatt Bakteriologie II 82 (1930), S. 71.
- 13) Diels, L., Ersatzstoffe aus dem Pflanzenreich. Stuttgart 1918.
- 14) Eichholtz, F. und Brehm, K., Preßsaftsilage. Heidelberg 1936.
- 15) Eichholtz, F. und Keil, W., Chemikerzeitung 59 (1935), S. 1033.
- 16) Egle, gemäß Mitteilung von Seybold.
- 17) Eyrisch, K., Weitere Beiträge zum Stoffwechsel des Bacterium acetylholini. Dissertation Heidelberg 1938.
- 18) Feld, Umschau 19 (1915), S. 234 und 356.
- 19) Fischer, H., Schwäbisches Wörterbuch. Tübingen 1914, S. 706.
- 20) Frank v. Frankenu, Flora Francica, übersetzt von J. G. Thilo. Leipzig 1736.
- 21) Frey, E., Über Stämme des Bacterium acetylholini und Coregulan. Dissertation Heidelberg 1936.
- 22) Fröhner, E., Lehrbuch der Toxikologie für Tierärzte. IV. Auflage. Stuttgart 1919.
- 23) Forster, G., Sämtliche Schriften. 1. und 4. Band. Leipzig 1843.
- 24) Gehlen, W., Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie 166 (1932), S. 703.
- 25) Goffart, A., Manuel de la culture et de l'ensilage des Mais. Paris 1877.

- 26) Gorini, C., Mikroflora des italienischen Silofutters. *Milchwirtschaftliche Forschungen* 7 (1929), S. 254.
- 27) Guarinonius, H., *Die Greuel der Verwüstung des menschlichen Geschlechts*. Ingolstadt 1610.
- 28) Habs, H., *Zentralblatt für Bakteriologie I* 140 (1937), S. 94; *II* 97 (1937), S. 190.
- 29) Hahn, E., *Von der Hacke zum Pflug*. Leipzig 1919.
- 30) Hartmann, H., *Münchener med. Wochenschrift* 73 (1926), S. 651.
- 31) Henneberg, W., *Die deutsche Essigindustrie* 20 (1916), S. 133 ff.
- 32) Henneberg, W., *Handbuch der Gärungsbakteriologie*. II. Auflage, Bd. 2, 1926.
- 33) Heyne, M., *Das deutsche Nahrungswesen*. Leipzig 1901.
- 34) Hild, W., *Vergleichende Untersuchungen über Acetylcholini-positive und -negative Milchsäurebakterien*. Dissertation Heidelberg 1936.
- 35) Hintze, K., *Geographie und Geschichte der Ernährung*. Leipzig 1934.
- 36) Höfler, M., *Hessische Blätter für Volkskunde* 9 (1910), S. 160.
- 37) Hoops, Joh., *Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum*. Straßburg 1905.
- 38) Hutchinson, R. W., *Journal of Hellenic studies*, Vol. 55 (1935), S. 1.
- 39) Keil, W. und Ritter, B., *Biochemische Zeitschrift* 276 (1935), S. 61.
- 40) Keil, W. und Ritter, H., *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie* 175 (1934), S. 736.
- 41) Keil, W. und Weyrauch, L., *Zentralblatt für Bakteriologie II* 97 (1937), S. 90.
- 42) Kellner, O., *Landwirtschaftliche Versuchsstationen* 25 (1880), S. 447.
- 43) Kirsch, W., *Silofutter, seine Gewinnung und Verwendung*. 2. Auflage. Weitere Arbeiten s. Ruschmann.
- 44) Kluyver, A. J., *Ergebnisse der Enzymforschung IV* (1935), S. 230 u. 244.
- 45) Köhler, L., *Zeitschrift für alttestamentliche Wissenschaft* 40 (1922), S. 15.
- 46) Kohlmeyer, E., *Über die Wirkung verschiedener Zusätze und der Beimpfung mit Bacterium acetylcholini*. Dissertation Heidelberg 1937.
- 47) Kramer, J. G. H., *Medicina castrensis*. Wien 1739. Derselbe, *Dissertatio epistolica de scorbuto*. Nürnberg 1737.
- 48) Laszczynski, W., *Das Konservieren von Grünmais*. Berlin 1880.
- 49) Lind, J., *Traité du scorbut*. Paris 1756.
- 50) Link, K., *Über das Schicksal von Vitamin C in Silagen*. Dissertation Heidelberg 1937.
- 51) Lintzel, W. und Mitarbeiter, *Ernährung* 3 (1938), S. 2.
- 52) Li-Yu-Ying, *Le Soya, sa culture, ses usages alimentaires*. Paris 1912.
- 53) Luther, G., *Konstruktion und Einrichtung der Speicher*, Braunschweig 1886.

- 54) Macdonald, A. D. und Wislicki, L., *Journal of Physiology* 94 (1938), N. 2, S. 294.
- 55) Mai, J., *Weitere Untersuchungen über die Silage von Futtermitteln. Dissertation Heidelberg* 1937.
- 56) McMarriott, K., *Journal of American Med. assoc.* 89 (1927), S. 863.
- 57) Mayer, Adolf, *Journal für Landwirtschaft* 32 (1881), S. 357.
- 58) Moeller, E. F., *Zeitschrift für physiologische Chemie* 260 (1939), S. 246. — Zusammenfassung der Wuchsstoffarbeiten: *Zeitschrift für angewandte Chemie* 53 (1940), S. 204.
- 59) Moro, E., *Münchener med. Wochenschrift* 34 (1934), S. 616.
- 60) v. Münchhausen, O., *Der Hausvater*, I. Hannover 1771.
- 61) Nagara, J. M., *American chemical Abstracts* 31 (1937), S. 6727.
- 62) v. Nordenskiöld, A. E., *Die Umsegelung Asiens und Europas auf der Vega. Leipzig* 1882.
- 63) v. Noorden, C. und Salomon, H., *Handbuch der Ernährungslehre, Band 2. Berlin* 1929.
- 64) Orla-Jensen, S., *The lactic acid bacteria. Kopenhagen* 1919. *Mémoires de l'Académie Royale du Sciences et des Lettres de Danemark*, 8. Serie, Bd. 5.
- 65) Pederson, C. S., *Zentralblatt für Bakteriologie II* 85 (1932), S. 216.
- 66) Pederson, C. S. und Mitarbeiter, *Food Res.* 4 (1939), S. 31.
- 67) Reinhold-Pillnitz, *Im Erscheinen.*
- 68) Rosenblad, E., *Wirkungen des Kohls. Altenburg* 1778.
- 69) Rost, E., *Konservierungsmittel. Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. I* (1933), S. 63.
- 70) Ruckers, N., *Über Verbreitung und Stoffwechseleigenschaften des Bacteriums acetylholini. Dissertation Heidelberg* 1939.
- 71) Ruschmann, G., *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Gärfutterbereitung. Landwirtschaftliches Jahrbuch* 88 (1939), S. 135.
- 72) Ruschmann, G. und Bartram, H., *Zeitschrift für Tierernährung* 4 (1940), S. 89.
- 73) Sabalitschka, Th., *Zeitschrift für angewandte Chemie* 42 (1929), S. 936.
- 74) Schall, H., *Nahrungsmitteltabelle. XI. Auflage. Leipzig* 1935.
- 75) Scheuert, A., *Über den Vitamingehalt des Silagefutters. Zeitschrift für Tierzüchtung* 8 (1927), S. 349; *Erzeugung und Erhaltung vitaminreicher Lebensmittel. Angewandte Chemie* 53 (1940), S. 119; s. auch F. Kroker, *Der Einfluß des Kochens usw. Forschungsdiens* 6 (1938), S. 107.
- 76) Schiemann, E., *Entstehung der Kulturpflanzen. Handbuch der Vererbungswissenschaft. Berlin* 1932.
- 77) Schmeil-Seybold, *Lehrbuch der Botanik. 50. Auflage. Leipzig* 1940.
- 78) Schneider, K., *Deutschlands Gemüseversorgung mit Kopfkohl und Sauerkraut. Berlin* 1939.

- 79) Schunck de Goldflem, Presse Médicale 1938, Nr. 21, S. 404.
- 80) Schraysshen, J., Untersuchungen über einige biologische Eigenschaften verschiedener Hefen aus Sauerkraut. Dissertation Heidelberg 1937.
- 81) Thesaurus linguae Latinae, Vol. II, S. 2165.
- 82) v. Veen, A. G. und Merckens, W. K., Recueil des Travaux Chimiques 53 (1934), S. 257.
- 83) Virtanen, A. J., Zentralblatt für Bakteriologie 95 (1937), S. 472.
- 84) Vollherbst, M., Einfluß von Desinfektionsmitteln auf das Bacterium acetylholini. Dissertation Heidelberg 1937.
- 85) Vollmer, H., Klinische Wochenschrift 6 (1927), S. 1806.
- 86) Wagenhan, M., Weitere Untersuchungen über die Vitamin C-ähnliche Substanz in Silagen. Dissertation Heidelberg 1937.
- 87) Weiss, R., Dissertation Gießen 1933.
- 88) Welsch, F. R., Über den Einfluß von Fäulnisstoffen auf das Bacterium acetylholini. Dissertation Heidelberg 1938.
- 89) Zedler, J. H., Universallexikon Halle 1733 unter „Brassica capitata“.

NAMENVERZEICHNIS

- Appert 33.
Aristoteles 4, 108.
- Barral 33.
Bartram 42.
Beaumont 119.
Bechtel 125.
Becker-Dillingen 7, 9.
Berg, Ragnar 115.
Bergius 32, 86.
Bernauer 60.
Beynum 36, 50, 62, 86.
Blane, G. 22, 118.
van der Breggen 31.
Brehm 20, 41, 79.
Brockmann-Gerosch 14, 123.
Buchner 33.
- Camescasse 104.
de Candolles 6.
Carrichter 7.
Cartier 22.
Cato 4.
Celsus 4.
Christensen 31.
Clow 116.
Columella 9.
Cook 20.
- Darwin 7.
Diels 127.
- Diety 22.
Demeter 45.
Dersiph 18.
Dioscurides 5, 108.
Dirks 96.
Doyère 33.
- Egle 116.
Eichholz 20, 41, 79, 115.
Eichler 105, 115.
Eyrisch 59, 79, 87.
- Feder 112.
Fehrle 106.
Feldt 19.
Fingerling 31.
Fleig 97.
Forst 5.
Forster 20, 24.
Frank v. Frankenau 109.
Frey 47.
Fröhner 65.
Fuchs 7.
- Galen 4, 108.
Gay-Lussac 33, 68.
Gehlen 113.
Gneist 36.
Goethe 54.
Goffart 29, 33, 40, 58, 67, 122, 124.
Gorini 34, 69.

Gotthelf 107.
Guarinius 106, 108.
Gutermann 32.

Habs 47.
Haffner 105.
Hahn 12.
Hart 124.
Henneberg 2, 19, 34, 43, 46, 58.
Henry 30.
Heyne 9.
Hildegard, hlg. 7.
Hippocrates 4, 108.
Hodgson 123.
Höfler 6.
Hoops 6.
Hutchinson 13.

Kapff 96.
Keil 46, 48, 56, 95, 113, 114.
Kellner 125.
Kirsch 31, 42, 93.
Kjellmann 16.
Kluyver 60.
Kögl 54.
Köhler 27.
Kohlmeyer 74, 87.
Kramer 1, 22, 85.
Krauss 123.
Kuhn, R. 51, 54, 83.
von Künssberg 10.
Kürsteiner 127.

Laszczyński 30.
Leeuwenhoek 54.
Liebig 32.
Liebscher 99.
Lind 22, 24.
Link 49.
Linné 7.
Linzel 81, 118.
Li-Yu-Ying 17.

Macdonald 115.
Mai 90.
Mangold 2, 127.

Mayer, Adolf 31.
Merkens 66.
Moeller 38, 51, 53, 57, 95, 97.
Möllgard 93.
Moro 101.
v. Münchhausen 28, 41.

Niederdeppe 48.
von Noorden, C. 113, 114, 120.
Nordenskiöld 15.

Orla-Jensen 34, 36, 44, 46, 51, 56.

Pak 18.
Pasteur 33, 51.
Pederson 51, 57, 58, 96, 116.
Pette 36, 50, 62, 86.
Plinius 4, 7, 108.

Reiff 106.
Reihlen 29.
Reinhold-Pillnitz 20, 80, 83, 84, 86.
Ritschl 119.
Rodenwaldt 66.
Roemmele 105.
Rosenblad 110.
Rost, E. 100.
Ruckers 47.
Ruschmann 2, 35, 36, 42, 72, 77,
89, 130.

Sabalitschka 82.
Schall 112.
Scheele 99.
Scheunert 117, 118, 123, 124.
Schiemann 5.
Schlayer 83, 113, 120.
Schmeil 7.
Schoenbeck 126.
Schübel 83.
Schunk de Goldfiem 110.
Schwarz 54.
Sertel 115.
Seybold 7, 116, 123.
Seyler 110.
Sherman 100.

Snell 51.
Speer 78.
Sperling 91.
Stahl 32.
Steenbock 124.

Thomas 74.

Uhland 8.
Virtanen 31, 36, 50, 59, 71, 74, 75,
88, 93.

Vollherbst 50.
Vollmer 105.

Wachholder 116.
Wagenhan 125.
Welsch 52.
Weyrauch 48.
Wieland, Th. 55.

Zahn 104.
Zedler 109.

SACHVERZEICHNIS

- Abführwirkung 4, 109, 113.
Acetylcholin 46, 55, 113.
Acidol 90.
A. J. V.-Verfahren 31, 93, 120.
Alkohol 36, 48, 57, 58.
Alpenampfer 13, 28.
Amsil und Ameisensäure 32, 52, 96, 102, 128.
Aminosäuren 55, 63.
Ammoniak 59, 64, 74, 93.
Anaphylaxie 104.
Aneurin 55, 119, 124.
Antihydropsische Wirkung 5.
Äpfel 15, 51.
Äpfelsäure 96.
Apfelsinen 22.
Apfeltrester 29, 51.
Aporrhemen 64.
Appetitanregung 27, 58, 108.
Archangelica 16, 22.
Aromastoffe 57, 78, 111, 112.
Asparaginsäure 55.
Aspergillose 65.
Augenverätzung 89.
- Bact. Acetylcholini s. Acetylcholin.
Bact. coli 49, 60, 71, 73.
Bact. cucumeris fermentati 49.
Bact. utile 46.
Bangsche Krankheit 73.
Beccabunga 16, 22.
Benzoensäure 70, 82.
Bergiuszucker 32, 86.
- Betakokken 57.
Bingelkraut 126.
Biogene Amine 113.
Biologischer Wert der Eiweißkörper 74.
Biosil 90.
Biotin 55, 124.
Birnen 15.
Blähungen 4, 109, 120.
Blandieren 64.
Blutzucker 115.
Bodenbakterien 47.
Bohnen 19, 51, 78.
Bonkrek 66.
Bothroi-Periode 13.
Botulismus 100.
Brennessel 29.
Brotbaum 16.
Buchsbaum 126.
Büttelborn 11.
Buttermilch 101.
Buttersäurebazillen 33, 49, 60, 64, 72, 81, 100, 106.
- Cadaverin 64.
Cappeskraut 8.
Caseifaktor 57.
Cochlearia 16, 22.
Cholera 73.
Coregulan 47.
- Defulösung 90.
Deutsches Verfahren 31, 93.

- Dickmolke 99.
Dysenterie 101.
- Eibe 126.
Eisenhut 126.
Eiweißgehalt 73, 75, 93.
Energiegehalt 105, 110.
Enterokokken 47, 58.
Emmentaler Käse 127.
Erbsen 19.
Esche 127.
Essigsäure 60, 99, 106.
- Fäulnisbazillen 61, 63, 98.
Fehlgärungen 59, 106.
Feldhorn 14.
Fichtensprossen 22.
Fingerhut 126.
Frauenleiden 4, 109.
Futterzucker 78, 85.
- Galaktose 44.
Gärungsgase 36, 64.
Gersch 15.
Goldregen 126.
Gurken 51.
- Häcks lung 40, 68.
Hahnenfußgewächse 126.
Hefegärung 36, 57.
Herbstzeitlose 126.
Histamin 113.
Holzzucker s. Bergiuszucker.
Huflattich 28.
- Indol 50.
Indolessigsäure 50.
Indolpropionsäure 50.
Isoamylamin 64.
- Karotten 80.
Kartoffel 51, 77, 80, 126.
Kartoffelkraut 15, 126.
Kochsalz 69, 84, 109, 119.
Kochwasser 115, 118.
Kohlensäure 36, 69, 70.
- Kohlensäurevergiftung 71.
Konservierungsmittel 70, 82, 113.
Kornrade 126.
Kotbakterien 36, 59.
Krautgruben 10.
Kumpost 9.
- Lactose 44, 86.
Laktagoge Wirkung 4, 30.
Laktoflavin 55, 119, 128.
Lävulose 44.
Leuconostoc s. Betakokken.
Luftabschluß 36, 67, 69, 117.
- Magen-Darmerkrankungen 65, 73,
100, 119.
Magermilch 85.
Mais 30, 51, 67, 79, 88, 125.
Maltose 44.
Mangold 20, 80.
Mannit 44.
Maß 14, 123.
Melasse 78, 85.
Methylamin 64.
Milchsäure und Milchsäurebakterien
33, 35, 43, 55, 71, 76, 99.
Milchzucker 44, 85.
Mineralsäuren 89.
Mischsilage 15, 31, 79.
Miso 17.
Möhren 20.
Molke 85.
Moraviaverfahren 71.
- Nährwertverluste 37, 43, 45.
Natriumcarbonat 83.
Nebengärung 36, 56, 57, 71, 76, 106.
Nieswurzarten 126.
Nikotinsäure 119, 124.
Nipacombin 82, 113.
Nipagin 83.
Notfutter 127.
- Oleander 126.
Oxalsäure 125.
Oxydase 64.

Panhotensäure 55, 124.
Paratyphus 65, 73.
Pathogene Keime 65, 73, 107.
Pediokokken s. Betakokken.
Pektin 44.
Penthesta 90.
Pentosen 48.
Pestwurz 29.
Pferdeserum 51.
Phosphorsäure 32, 91.
 p_H -Wert 71.
Platterbse 126.
Porree 19.
Preßsaftsilage 79.
Ptomaine 64.
Putrescin 64, 114.

Rakörret 16.
Ribose 55.
Rohrzucker 44, 85.
Rote Rüben 20, 80.
Rotkohl 80.
Rüben 3, 19, 80.
Rübenblätter 29, 125.
Rübenschnitzel 77, 78.
Ruhr 73, 101.

Salix 16.
Salzkohl 8.
Salzsäure 32, 91.
Sauerkrautlake 114, 121.
Sauermilch 20, 77, 100, 101.
Säuregeschmack 102.
Säuremilchernährung 101.
Schaeffersches Impfmittel 47, 78.
Schimmelpilze 59, 65, 122.
Schlammkreide 83, 93.
Schtschikraut 15.
Schwarzpappel 127.
Schwefelsäure 32, 91.
Seesalz 69.
Selbsterwärmung 37, 45, 70.
Sellerie 28.
Senf 78.
Senföl 125.

Skatol 50.
Skorbut 20, 116.
Sojabohne 17.
Sorbit 44.
Streptobact. casei 56.
Streptobact. plantarum 48.
Surströmning 16.

Tabak 126.
Thyminose 55.
Tomaten 15, 20, 51, 80.
Traubenzucker 43, 55, 86, 112.
Trunkenheit 4.
Tryptophan 74.
Typhus 73.

Ulme 127.

Valin 55.
Vis desiccandi 4.
Vitamin A 5, 116, 123.
Vitamin C 20, 38, 81, 116, 124.
Vitamin D 125.
Vorgärung 36.

Wachstumswirkung 105, 122.
Warmsilage 45, 126.
Wasserschierling 126.
Wasserzusatz 40, 82, 113.
Weinartiger Geschmack 27, 127.
Weinlaub 29, 127.
Weinsäure 102.
Weinzusatz 58, 112.
Wolfsmilchgewächse 126.
Wuchsstoffe 55.
Wurmtreibende Wirkung 114.

Yoghurt 19, 45, 100, 101.

Zitronen 22.
Zitronensäure 96, 99, 102.
Zucker, auch Traubenzucker und
Rohrzucker 44, 51, 85.
Zwiebel 51.