

Die elektrische Futterkonservierung

Die
elektrische Futterkonservierung
im Rahmen der bekannten
Konservierungsverfahren

Eine Abhandlung auf Grund von wissenschaftlichen
und praktischen Studien

von

Dipl.-Ing. Arthur Vieze
Generaldirektor und Geschäftsführer der
Landelektrizität G. m. b. H. zu Halle

Mit 41 Abbildungen

„Vitam impendere vero“
Juvenal IV. 91



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

ISBN 978-3-662-01903-0 ISBN 978-3-662-02198-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-02198-9

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1923

Vorwort.

Man könnte nach dem Titel dieser Abhandlung annehmen, daß derselben eine schon hinreichend bewährte neue Methode der Futtermittelkonservierung mit Anwendung von Elektrizität zugrunde läge. Das ist nicht der Fall, vielmehr muß das endgültige Urteil über den praktischen Wert des elektrischen Konservierungsverfahrens noch ausgesetzt werden, bis weitere zuverlässige Erfahrungen mit demselben vorliegen. Weil aber die elektrische Futtermittelkonservierung den Anlaß dazu gegeben hat, daß sich heute die breite Öffentlichkeit eingehend mit dem Problem der Haltbarmachung von saftigen Futtermitteln beschäftigt, und weil die bisherigen Ergebnisse aus elektrischen Konservierungsanlagen zu der Annahme berechtigen, daß die Anwendung von Elektrizität für die Vervollkommnung der Konservierungsmethoden künftig eine wichtige Rolle spielen wird, so habe ich es für zweckmäßig gehalten, bei der mit der Herausgabe dieses Buches beabsichtigten allgemeinen Aufklärung über den augenblicklichen Stand der Konservierungsverfahren der Anwendung von Elektrizität eine bevorzugte Behandlung einzuräumen und auch den Titel demgemäß zu wählen.

Das Problem der elektrischen Futtermittelkonservierung führt an die letzten Grenzen unseres Naturerkennens, dorthin, wo Physik und Metaphysik in eins zerfließen, wo die Urphänomene des Lebens: Myriaden unsterblicher Kleinlebewesen — Bakterien genannt — ihr ewig wechselvolles Spiel treiben und wo sich der Philosoph Du Bois-Reymond mit einem „ignorabimus“ resigniert von dem Welt- und Lebensproblem verabschiedete. Ob es der Wissenschaft je gelingen wird, wie Haeckel zuversichtlich behauptet hat, die letzten Rätsel des Lebensmysteriums, der *generatio aequivoca*, zu lösen, muß der Zukunft überlassen bleiben.

VI

Allen Herren und Damen, insbesondere den Angestellten der Zentralverwaltung der Landelektrizität, welche mir bei meinen Studien und Arbeiten behilflich gewesen sind und mich bei der Niederschrift dieses Buches sowie der Herstellung der Abbildungen unterstützt haben, spreche ich meinen wärmsten Dank aus.

Außerdem bin ich noch dem Direktor des Tierzuchtinstituts der Universität Halle, Herrn Professor Dr. Frölich, zu besonderem Dank verpflichtet für die Überlassung von Photographien, welche aus der im Sommer 1922 hergestellten Versuchsanlage für die Futterkonservierung auf dem Versuchsgut (Domäne Lettin) des Tierzuchtinstituts stammen und von mir in den Abbildungen 25, 29, 32, 36 und 37 verwertet worden sind.

Halle, Weihnachten 1922

Arthur Biese

Inhalt. ^{1) 2)}

	Seite
Einleitung	1

Erster Teil

Die Konservierung von Futtermitteln . . .	5
--	----------

Dürreherwerbung S. 6. — Brenneheu- und Braumheubereitung S. 7. — Die künstliche Trocknung S. 8 — Einweckverfahren S. 8. — Einfäuerungsverfahren S. 10. — Sauerfutterbereitung S. 12. — Süßfutterbereitung S. 13. — Reinkulturbedingungen S. 19. — Futtermittelkonservierungstafel S. 21.

Zweiter Teil

Die Probleme der Gärung, der Selbsterwärmung und des elektrischen Widerstandes im Futter .	23
---	-----------

Gärungsproblem S. 23. — Fäulnis S. 23. — Verwesung S. 24. — Gärung S. 24. — Zuwachsbewegung der Gärungsorganismen S. 26. — Einfluß der Sauerstoffzufuhr S. 28. — Einfluß der Turgejzenz und des Wassergehaltes S. 28. — Einfluß der Temperatur S. 29. — Kardinalpunkte von Essig-, Butter- und Milchsäurebakterien S. 29. — Einfluß des Lichtes S. 30. — Einfluß des Druckes S. 30. — Einfluß der Bewegung S. 31. — Einfluß der Elektrizität S. 31. — Selbsterwärmungsproblem S. 33. — Atmung der Pflanzen S. 34. — Stoff- und Kraftwechsel der Bakterien S. 35. — Physiologische Wärme S. 36. — Problem des elektrischen Widerstandes im Futter S. 38. — Faustformeln S. 43. — Gesamturteil S. 45.

¹⁾ Die Quellenangaben sind am Schluß des Buches (S. 136) alphabetisch zusammengestellt; die betreffenden Autoren sind im Text gesperrt gedruckt und mit in runde Klammern eingesezten Ziffern versehen, welche in der Zusammenstellung auf die Seitenzahlen in der Quelle führen. Die in der Zusammenstellung außerdem noch in eckige Klammern eingesezten Zahlen weisen vice versa die zugehörigen Seiten dieses Buches nach.

²⁾ Alle Tabellen, Erfahrungswerte und Formeln mit Zeichenerklärungen sind in einem Anhang am Schluß des Buches noch einmal zusammengestellt zu finden.

Die elektrische Futterkonservierung 58

Oktober 1921 S. 58. — Eisverfahren S. 60. — Fragebogen mit Bezug auf Eisanlagen S. 64. — November 1921 S. 69. — Glaszilos S. 69. — Erster Versuch. 8. Februar 1922 S. 70. — Elektrodenverfahren mit reiner Stabanordnung S. 70. — 18. Februar 1922 S. 71. — April 1922 S. 72. — Dorn S. 72. — Wärmstäbe S. 75. — Selbstauschaltung S. 76. — Schraubenelektrode S. 79. — Elektrowärmer S. 82. — Lösung des Widerstandsproblems im Futter S. 82. — Das elektrische Einzilosystem S. 83. — Oktober 1922 S. 83. — Elektropol S. 84. — November 1922 S. 85. — Herichtung der Silos für das elektrische Einzilosystem S. 86. — Arbeitsvorgang bei einer Silage mit dem elektrischen Einzilosystem S. 93. — Vorzüge des elektrischen Einzilosystems S. 98. — Silageergebnisse mit dem elektrischen Einzilosystem S. 99. — Strombahninstrumente S. 101.

Vierter Teil

Wirtschaftlichkeitsberechnungen 104

Beschaffungskosten der Anlage einschl. allen Zubehörs S. 105. — Lebensdauer der Anlage in ihren Teilen S. 105. — Betriebskosten der Silage S. 106. — Produktionskosten für das zur Silage bestimmte Grünfutter S. 107. — Bewertung des Futters S. 108. — Betriebswirtschaftliche Vorteile für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb durch die Süßfutterbereitung S. 124.

Schlußwort	126
Anhang	127
Literatur	136
Sachregister	138

Druckfehlerberichtigung

Formel S. 39, Zeile 19, muß lauten: $w = s \cdot \frac{1}{q}$

Einleitung.

In dem Programm der Volksernährung gipfeln alle mit dem Wiederaufbau und der Gesundung des deutschen Wirtschaftslebens zusammenhängenden Aufgaben. Je mehr die Verarmung der deutschen Wirtschaft infolge des Versailler Diktats fortschreitet, je weniger Deutschland aus Mangel an Zahlungsfähigkeit in der Lage ist, teure ausländische Nahrungsmittel einzuführen, um so größer wird die Sorge um das tägliche Brot und um die Ernährung des Volkes. Hieraus ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, jedes auch noch so geringfügig erscheinende Mittel, welches Deutschlands Einfuhren aus dem Auslande einzuschränken, welches die Wirtschaft des Landes durch Steigerung der Selbstproduktion zu verbessern vermag, im Interesse des Wiederaufbaues Deutschlands willkommen zu heißen und durch praktische Versuche auf seine Brauchbarkeit hin zu prüfen. Das gilt insonderheit von allen Einschränkungsmöglichkeiten der Einfuhr von Lebens- und Futtermitteln.

Hiernach muß es die deutsche Technik heute als eine ihrer vornehmsten Aufgaben betrachten, durch Vervollkommnung vorhandener Wirtschaftsanlagen und durch Erfindung neuer Mittel und Verfahren für die Produktion, insbesondere der landwirtschaftlichen Erzeugnisse, an der Erhöhung der deutschen Wirtschaftsleistungen tätigen Anteil zu nehmen. Hierzu kann gesagt werden, daß sich die deutsche Technik nicht nur während des Krieges, sondern auch nach demselben mit höchster Anspannung aller Kräfte in den Dienst des Vaterlandes gestellt hat, und es darf auch konstatiert werden, daß sie in den letzten Jahren speziell auf wärme- und elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet große Erfolge erzielt hat, welche der Not der Zeit ihre Entstehung verdanken. Daß die deutsche Technik auch dem landwirtschaftlichen Zweig ihres Arbeitsgebietes in den vorigen Jahren ein besonderes Interesse entgegengebracht hat, zeigen die zahlreichen

Veröffentlichungen von neuen Erfindungen in letzter Zeit für die Haltbarmachung von saftigen Futtermitteln wie Gärfammern, Süßpreßverfahren, elektrische Verfahren u. dgl.

Es ist klar, daß die Frage der Volksernährung mit den Erfolgen in der Viehzucht und damit zugleich mit der Beschaffung ausreichender Futtermengen aufs engste verknüpft ist, und es leuchtet ohne weiteres ein, daß durch brauchbare Verfahren zur Herstellung von Futtermitteln, welche in ihrem Nährwert dem frischen, grünen Kraftfutter wenig nachstehen, die Möglichkeit für die Landwirtschaft gegeben ist, zum mindesten einen Teil des aus dem Ausland bezogenen Kraftfutters durch selbstkonservierte Futterpflanzen zu ersetzen und dadurch die Grenzen der Viehhaltung zu erweitern und zugleich die Volksernährung auf eine breitere Grundlage zu stellen. Berücksichtigt man, daß die allgemeine Einführung solcher Futtermittelherstellungsverfahren dazu beitragen kann, die Gefährdung der Futterernten in nassen Sommern wesentlich herabzumindern, den Bestand erheblicher Futterwerte, welche heute noch unausgenutzt bleiben, wie z. B. der Zuckerrübenblätter, zu erhalten und schließlich wohl auch eine mehrfache Futterernte in einem Jahr zu erzielen, so verdient das Problem der Futtermittelherstellung und seiner praktischen Lösung fraglos die eingehendste Beachtung weitester Kreise unseres Volkes.

Nach Bötz (1) wurde von der deutschen Landwirtschaft in der Vorkriegszeit für den Import von proteinreichen Kraftfutterstoffen aus dem Ausland alljährlich die Summe von rund 1 Milliarde Mark aufgewendet. Diese Quelle der Futterbeschaffung ist im wesentlichen versiegt, weil die deutsche Landwirtschaft nach heutiger Papiermarkwährung Riesensummen hierfür benötigen würde, die sie niemals aufzubringen imstande ist. Ist nun die Landwirtschaft heute nicht mehr in der Lage, die vorkriegszeitlich aus dem Auslande eingeführten Kraftfuttermengen weiter zu beziehen, so ist die notwendige Folge hiervon eine Herabsetzung der Viehhaltung und damit ein Niedergang der Volksernährung. Die Wiedergesundung des Wirtschaftslebens in Deutschland verlangt aber nicht nur die Erhaltung der Lebensmittelproduktion in vorkriegszeitlichem Umfange, sondern noch eine wesentliche Steigerung derselben.

Daß wieder einmal die Elektrizität zu Hilfe genommen werden soll, um neue Werte für die Existenz der Menschen, und zwar diesmal in der Lebensmittelproduktion, zu schaffen, ist in Anbetracht der erfolgreich vorgeschrittenen Elektrifizierung Deutschlands durch den Bau von Überlandzentralen sehr zu begrüßen. Im Jahre 1921 etwa begann eine von den Siemens-Schuckertwerken G. m. b. H. ins Leben gerufene Tochtergesellschaft mit dem Namen „Elektro-Futter-Gesellschaft m. b. H., Dresden=N.“, mit der Bekanntgabe und Einführung eines Futterkonservierungsverfahrens mit Anwendung von Elektrizität, welches von Diplom-Landwirt Schweizer erfunden ist. Die ersten sogenannten „Esfu-Anlagen“ entstanden im Freistaat Sachsen. Bis heute sind in Deutschland nahezu 100 derartige Anlagen im Betrieb und weitere 50 im Bau. Die Urteile über die mit diesem Konservierungsverfahren erzielten Silageergebnisse lauten fast ausnahmslos günstig. Es haben sich aber im Betriebe der Anlagen noch einige technische Mängel herausgestellt, welche einer allgemeinen Verbreitung dieses Verfahrens noch im Wege stehen.

Es sei an dieser Stelle besonders betont, daß das pro und contra aller Konservierungsverfahren in diesem Buch sine ira et studio im Interesse der Sache selbst abgewogen werden soll. Da wir den Esfu-Anlagen die ersten praktischen Erfahrungen mit der Anwendung von Elektrizität für die Süßfutterbereitung zu verdanken haben, so verbietet sich schon aus Gründen der Achtung aller erfinderischen Pionierarbeit eine andere als streng sachliche Behandlung.

Es war bei der Bedeutung dieses Gegenstandes für die Volkswirtschaft zu erwarten, daß sogleich nach Bekanntwerden des ersten elektrischen Verfahrens und seiner günstigen Silageergebnisse von zahlreichen Ingenieuren und Vertretern der Wissenschaft Versuche angestellt wurden, um die Vorgänge bei diesem Verfahren wissenschaftlich zu prüfen bezw. andere, womöglich günstigere Lösungen des elektrischen Futterkonservierungsproblems zu finden. Die große Zahl der Patentansprüche, welche inzwischen für derartige Verfahren in Deutschland angemeldet worden sind, zeugen von dem großen Eifer, mit welchem an der Lösung dieses Problems allseits gearbeitet wird. Von dem Verfasser stammen allein nicht weniger

als acht verschiedene Schutzrechtsanmeldungen, welche sich lediglich auf die Futterkonservierung mit Anwendung von Elektrizität beziehen.

Es mag in dieser Einleitung noch vorausgeschickt werden, daß die Bearbeitung der Frage der elektrischen Futterkonservierung einen ganzen Komplex der verschiedenartigsten und zugleich sehr schwieriger, z. B. noch unbearbeiteter Probleme elektrotechnischer, physikalischer, chemischer, bakteriologischer, physiologischer, praktischer und wirtschaftlicher Art auslöst und daß daher das Eindringen in diese mannigfaltige und umfangreiche Materie viel Zeit erfordert. Um so weniger ist es möglich, etwa schon jetzt ein endgültiges Urteil über den Wert der Konservierung von Futtermitteln mit Anwendung von Elektrizität zu fällen. Es muß bei der Beurteilung derartiger Studien und Erfindungen auch berücksichtigt werden, daß alle auf landwirtschaftliche Erzeugnisse gerichteten praktischen Versuche an die Erntezeiten gebunden sind und daher nur periodisch in langen Zwischenräumen ausgeführt werden können. Dazu kommt, daß die Haltbarkeit von konserviertem Futter zu den Hauptkriterien für seine Güte gehört, so daß die Resultate der Versuche erst nach Monaten zutage treten bzw. ermittelt werden dürfen, wenn sie wirklich Wert haben sollen. Man darf wohl behaupten, daß die exakte wissenschaftliche Erforschung der Vorgänge bei diesem Verfahren, soweit sie unserer Erkenntnis überhaupt zugänglich sind, bis zur Klarstellung ihrer Bedeutung noch jahrelanger Arbeit bedarf.

Die Konservierung von Futtermitteln.

Nützlich und stündlich sollte Mutter Natur unsere Lehrmeisterin sein; aber ganz ebenso, wie sie ihre lebenden und webenden Kinder behandelt, wobei der Kampf ums Dasein, die Erhaltung des Stammes, der Rasse und des Geschlechts die Hauptrolle zu spielen scheinen, können die Menschen in der Viehhaltung doch nicht verfahren. Während sich die Leistungen der wild lebenden Tiere in der Natur den mit den Jahreszeiten wechselnden Ernährungsbedingungen anpassen und dementsprechend starken Schwankungen in den meisten Erdteilen unterworfen sind, so muß das Ziel in der Viehhaltung für die Landwirtschaft darauf gerichtet sein, die zeitweisen Einschränkungen der Leistungen bei dem Haustier durch gleichmäßige, reichliche Ernährung während des ganzen Jahres zu beseitigen. Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß eine rationelle Viehhaltung nur durchführbar ist, wenn während des ganzen Jahres billiges Grundfutter zur Ernährung der Tiere zur Verfügung steht. Der Aufwand an Grundfutter, wozu die wasserreichen Futtermittel wie Grünfütterpflanzen, Rüben, Kartoffeln, Schnitzel oder Diffusionsrückstände, Pülpe, Schlempe u. dgl. sowie die Raufuttermittel wie Heu, Stroh, Häcksel, Raff u. dgl. gerechnet werden, erfordert in der Praxis nach Albert (1) etwa $\frac{2}{3}$ der Gesamtkosten für Produktionsfutter, während die restierenden $\frac{1}{3}$ Kosten auf Kraftfuttermittel wie Körner und trockengewerbliche Abfälle entfallen. Daraus ergibt sich als Hauptbedingung für eine rationelle Viehwirtschaft die Anwendung von Konservierungsmethoden, durch welche die auf Wiesen und Feldern geernteten Futterstoffe in möglichst einwandfreier Art und Weise aufbewahrt werden können. Mit der Möglichkeit einer guten Futterkonservierung, bei welcher Wohlgeschmack, gedeihliche Zubereitung und Wirtschaftlichkeit berücksichtigt sind, steht und fällt die Rentabilität der Viehhaltung in der Landwirtschaft.

Im nachfolgenden sollen die in der Praxis eingeführten Futterkonservierungsverfahren in dem Umfange, in welchem sie zur Klärung der Konservierungsfrage dienen können, beschrieben werden; die Aufbewahrungsmethoden der Futterstoffe in lebendem Zustande durch Einmieten bleiben unberücksichtigt, weil sie grundsätzlich aus dem Rahmen dieser Abhandlung fallen.

Dürreheuwerbung. Als das älteste Verfahren der Futterkonservierung ist das Austrocknen der Gräser und Futterpflanzen an der Luft, die sogenannte „Dürreheuwerbung“, zu nennen.

Wäre es in der Praxis möglich, einen Trocknungsgrad von 13 bis 16% Wasser im Heu mit einfachen Mitteln und ohne Verluste von Pflanzensubstanz zu erreichen, so würde nach Kellner (1) diese Konservierungsmethode nur wenig zu wünschen übriglassen. Voraussetzung für ein gutes Gelingen von Dürreheu ist naturgemäß eine günstige trockene Witterung während der Heuwerbung. Für Wiesenheu gilt hierbei der Grundsatz: „Das Heu muß auf der Harke trocknen.“ Im allgemeinen wird der Landwirt seine Heuernte zur Einschränkung der Verluste so einrichten, daß sie auch bei weniger günstiger Witterung in zwei bis drei Tagen nach dem Mähen eingefahren werden kann. Wenn auch leichter Regen während der Ernte die Qualität des Heues nicht wesentlich beeinträchtigt, so wird doch das Sprichwort in der Landwirtschaft: „Es regnet Hafer in das Heu“ von wissenschaftlicher Seite als unzutreffend bezeichnet und unberegetem Heu jedenfalls der Vorzug gegeben. Ein brauchbares Kriterium für den richtigen Trockenheitsgrad des Heues bietet die Beobachtung, ob es über der Hand bricht.

Die Heugewinnung von blätterreichen Leguminosen verlangt eine viel gewissenhaftere und sorgfältigere Behandlung wie die von Gräsern, weil bei längerer Behandlung derselben durch häufiges Wenden, Aufhäufen und Ausbreiten die wertvollsten Teile des Futters, nämlich die Kleeblätter, abbrechen und schließlich nur noch minderwertige Stengel eingefahren werden; diese Abfallverluste betragen bei mittelgünstiger Witterung im Durchschnitt 25% der gemähten Grünfuttermasse und wachsen bei schlechter Witterung bis auf 50% und mehr an. Um derartige Verluste zu vermeiden, werden blätterreiche Pflanzen: Klee, Luzerne, Bittelwicke, Serradella

durch sogenanntes „Puppen“ oder durch Anwendung von Trockengestellen und sogenanntes „Aufreitern“ des Futters behandelt. Diese Behandlung des Futters bietet zugleich den Vorteil, daß die Futterernte nicht mehr mit den künstlichen Düngemitteln, welche oft zur Erntezeit noch teilweise ungelöst auf der Erdoberfläche liegen, längere Zeit in Berührung kommt und infiziert wird. Nach Albert (2) ist die Methode des Aufreiterns zum Zwecke der Heugewinnung für alle Klearten die vollkommenste Ernteart zur Dürrheuwerbung und wird nötigenfalls auch für Wiesenheu empfohlen.

Für das Einbringen des Heues in die endgültigen Aufbewahrungsräume ist der Umstand maßgebend, daß das Heu genügend abgetrocknet ist, so daß ein Warmwerden (Abschwitzen) des Heues nicht mehr eintreten kann. Feucht eingebrachtes Heu kann nicht nur schädliche Wirkungen bei der Verfütterung im Gefolge haben, sondern es ist sogar feuergefährlich, weil die in feuchtem Heu eintretende Selbsterhitzung höhere Temperaturen erzeugt und die damit verbundene chemische Veränderung der Futtersubstanz Selbstentzündung des Heues hervorrufen kann. Nach Versuchen von Mische (1) erreicht die Selbsterhitzung von feuchtem Heu Temperaturen von 50 bis 70° C, welche bei längerem Vorhalten den Anlaß zur Selbstentzündung geben. Hoffmann (1) empfiehlt zur Verhütung der Selbstentzündungsvorgänge schichtenweisen Zusatz von Viehsalz und eine Einschichtung von trockenem Stroh in das Heu.

Trotz der hervorgehobenen Nachteile ist und bleibt die Dürrheuwerbung ein wichtiges Mittel für die Beschaffung von Raufutter in der Landwirtschaft.

Brennheu- und Braunheubereitung. Die Verfahren der Brennheu- und Braunheubereitung sind physiologisch von dem der Dürrheuwerbung verschieden; sie mögen jedoch an dieser Stelle schon behandelt werden, weil sie zur Klasse der Heugewinnung gehören. Diese Verfahren bezwecken nämlich die Ausnutzung der mit der Gärung des Futters verbundenen starken Wärmeentwicklung zur Austrocknung desselben.

Für die Brennheubereitung werden die gemähten Pflanzen in etwas abgewelktem Zustande in große, meterhohe Haufen zusammengesammelt und möglichst festgetreten. Wenn die Futtermasse

eine Temperatur von 60 bis 70° C erreicht hat, wird sie rasch auseinandergebreitet, wobei die durch den Gärungsprozeß erhitzten und z. T. abgetöteten Pflanzengewebe auch bei ungünstiger Witterung im allgemeinen leicht verdunsten und trocknen.

Bei der Braunheubereitung läßt man die Futterpflanzen vor der Aufhäufung stärker abwelken wie bei der Brennheubereitung; der Trockensubstanzgehalt der abgewelkten Masse soll hierbei nach Kellner (2) etwa 50% oder etwas mehr betragen. Die Selbsterhitzung wird bei der Braunheubereitung so weit getrieben, daß der noch in den Pflanzen vorhandene Wassergehalt im Futterhaufen selbst völlig verdunstet und der Trockenheitsgrad des gewöhnlichen Dürreheues erreicht wird. Vorbedingung für eine erfolgreiche Braunheubereitung ist, daß die abgewelkten Futterpflanzen vollkommen frei von Regen und Tau in die Haufen kommen und während der Behandlung so festgetreten werden, daß keine schädlichen Luft Räume für Schimmelbildung bestehen bleiben.

Die künstliche Trocknung. Der Gedanke, die natürliche Trocknung von Futterstoffen durch künstliche Trocknung zu ersetzen, liegt nahe und ist auch schon vor langer Zeit verwirklicht worden; jedoch ist die künstliche Trocknung im allgemeinen auf Knollen- und Wurzelgewächse wie Kartoffeln, Rüben, Rübenschnitzel, Pülp, sowie auf die Blätter und Köpfe von Zuckerrüben beschränkt geblieben. Albert (3) teilt mit, daß die Indianer in Peru schon seit vielen Jahrhunderten aus künstlich getrockneten Kartoffeln Mehl zu ihrer Hauptnahrung bereiten.

Für die künstliche Trocknung werden in sogenannten Darren entweder Feuergase oder überhitzte Wasserdämpfe direkt auf oder über die Futtermassen geleitet, oder es werden die zuvor gedämpften Futterstoffe zwischen Kalandern, die durch Abdampf erhitzt werden, zerquetscht und zugleich getrocknet. Ein näheres Eingehen auf derartige künstliche Trocknungsverfahren erübrigt sich, weil ihre Existenz weniger durch das hier zur Hauptbehandlung stehende Verfahren der elektrischen Futterkonservierung betroffen wird und außerdem keine nützlichen Analogien zwischen diesen Verfahren bestehen.

Einweckverfahren. Dagegen soll an dieser Stelle kurz das sogenannte „naße Einweckverfahren“ besprochen werden, obwohl

daselbe für die Konservierung von Viehfutter nicht benutzt wird, sondern bisher lediglich auf die Haltbarmachung von menschlichen Nahrungsmitteln aller Art beschränkt geblieben ist. Die Behandlung des Einweckverfahrens verlohnt sich deshalb, weil der Arbeitsvorgang und die Resultate bei diesem Verfahren für das Studium der Futterkonservierung außerordentlich instruktiv sind.

Das Einweckverfahren kann als ein interessantes physikalisches Experiment in der Küche bezeichnet werden. Der Arbeitsvorgang ist folgender: Das zum Einwecken bestimmte Obst oder Gemüse wird sauber ausgelesen, so daß keine faulen oder welken Teile mehr darin enthalten sind, ferner abgetrocknet oder abgewaschen und dann so hoch in steril gereinigte Weckgläser, meist aus durchsichtigem Glas, eingefüllt, daß über der Einwecksubstanz noch ein kleiner Luftraum freibleibt. Hierauf wird gut abgekochtes Wasser so aufgegossen, daß die oberste Schicht des Obstes bzw. Gemüses gerade unter Wasser steht. Alsdann wird auf das Einweckglas ein Deckel mit Zwischelage eines Gummiringes aufgelegt und der Deckel durch eine leichte Feder angedrückt. Die vollen Gläser werden zu vier bis sechs Stück nicht ganz bis zu ihrem Deckelrand in einen gefüllten Wasserkessel, das sogenannte „Wasserbad“, gesetzt, welcher nun derart angeheizt wird, daß das Wasser im Wasserbad kocht. Das Wasserbad reguliert naturgemäß die Höhe der Temperatur für die Einweckgläser, weil kochendes Wasser, welches mit der äußeren Atmosphäre in Verbindung steht, infolge des gleichbleibenden Luftdruckes nicht über etwa 100° C steigen kann. Das Wasser in den Einweckgläsern kommt auf diese Weise gleichmäßig zum Sieden und Kochen und vermittelt auf die Einwecksubstanz eine Wärme von etwa 80 bis 100° C. Bei dieser Temperatur werden alle Fäulnis- bzw. Gärungsbazillen sowie das Leben der organischen Zellen abgetötet. Außerdem wird durch den im Einweckglas sich entwickelnden Dampf die Luft aus Früchten, Gemüse, Wasser und Hohlraum über der Substanzoberfläche durch den nur leicht angedrückten Deckel ausgetrieben.

Nach Beendigung des Einkochens nimmt man die Weckgläser aus dem Wasserbade heraus und läßt sie langsam abkühlen. Durch die Abkühlung kondensiert der im Glase befindliche Wasserdampf, bildet den von den Naturforschern des Altertums so gefürchteten

„horror vacui“ und bewirkt dadurch infolge des eintretenden kräftigen Drucks der äußeren Atmosphäre auf den Weckglasdeckel (bei 10 cm Glasdurchmesser über $1\frac{1}{2}$ Ztr. Druck!) wiederum naturgemäß einen hermetischen Abschluß des Einweckglases.

Könnte man die Methode des Einweckverfahrens wirtschaftlich auf die Futtermittelkonservierung übertragen, so würde das Futtermittelkonservierungsproblem sicherlich als endgültig gelöst zu betrachten sein; da dies aber unmöglich ist, so sollen die sich aus dem Einweckverfahren ergebenden Bedingungen für eine absolut sichere Haltbarmachung von organischen Substanzen als Regulativ für die Ausgestaltung des Futtermittelkonservierungsverfahrens dienen. Das war auch der Grund dafür, das Einweckverfahren hier zu erörtern.

Ein säuerungsverfahren. Die nun zu behandelnde Ein säuerung von Futter ist nächst der Dürreheuwerbung die wichtigste und bedeutungsvollste Art der Futtermittelkonservierung und liegt fast allen modernen Futtermittelkonservierungsmethoden zugrunde; sie wird grundsätzlich dadurch charakterisiert, daß die Futtermittel in saftigem Zustande erhalten werden. Albert (4) bezeichnet die Ein säuerung von wasserreichen Futtermitteln, welche sich weder lebend aufbewahren noch trocknen lassen, als die beste Konservierungsweise.

v. Wendtstern (1) nennt folgende Ziele und Mittel der Ein säuerung von Grünfutter: „Das Ziel der Ein säuerung von grünem Futter ist:

1. die in den grünen Pflanzen enthaltenen Nährstoffe und die spezifischen Eigenschaften eines Saftfutters möglichst vollkommen und lange zu erhalten,
2. minderwertiges Futter verdaulich, schmackhafter und bekömmlicher zu machen,
3. die Ein säuerung möglichst wirtschaftlich zu gestalten.

Die Mittel der Ein säuerung sind:

1. eine schnelle Abtötung der grünen Pflanzen,
2. eine möglichst vollkommene und schnelle Sterilisierung der Futtermasse,
3. eine möglichst vollkommene und dauernde Verhinderung von Nährstoffverlusten,

4. die Aufschließung minderwertiger Futterpflanzen durch Wärme und Säuren."

Die Einsäuerung des Futters wird durch Gärungsprozesse im Futter mit mehr oder weniger Wärmeentwicklung herbeigeführt, wobei als Endprodukte der Gärungen hauptsächlich Essig-, Butter- und Milchsäure auftreten. Das eingesäuerte Futter hat dementsprechend einen sauren bzw. säuerlichen Geschmack. Die Gärungserscheinungen mit ihren Ursachen und Wirkungen sollen im folgenden Teil eingehend behandelt werden.

Man unterscheidet zweierlei Ergebnisse des eingesäuerten Futters, und zwar je nachdem sein Säuregehalt vorwiegend aus Essig- und Butter Säure oder aber vorwiegend aus Milchsäure besteht; das Futter mit vorwiegender Essig- und Butter Säure nennt man das eigentliche „Sauerfutter“, das Futter mit vorwiegender Milchsäure nennt man dagegen „Süßfutter“. Es mag hier die Frage, ob das Wort „Süßfutter“ die richtige Bezeichnung für milchsaures Futter ist, unerörtert bleiben; der Name „Süßfutter“ hat sich eingebürgert und trifft jedenfalls für den Geruch des Futters zu, nicht aber für seinen Geschmack. Das Sauerfutter ist minderwertiges, z. T. sogar schädliches Futter; Fingerling (1) bezeichnet die Sauerfutterbereitung als einen Nothelfer, weil, wie einwandfrei bewiesen, ein großer Teil der Nährstoffe, ganz besonders aber das wertvolle Eiweiß, durch Gärungserreger mehr oder weniger zerstört wird und dabei die Verluste meistens so erheblich sind, daß ein wirtschaftlicher Nachteil damit verbunden ist. Demgegenüber weist das Süßfutter in bezug auf Geschmack, Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit hohe Qualitäten auf. Wenn auch die Verfahren nach den Futterergebnissen, welche mit ihnen erzielt werden sollen, als Sauerfutter- oder Süßfutterbereitungsverfahren benannt werden, so ist doch darauf hinzuweisen, daß die Gärungsprozesse selbst bei gewissenhafter und vorschriftsmäßiger Behandlung des Futters häufig durch Zufälligkeiten oder sonstwie anders als gewünscht ablaufen und die Endprodukte der Silage oft nicht so lauten wie ihre Verfahren.

Eine zweckmäßige Einteilung der Einsäuerungsverfahren ergibt sich nach einer von v. Wendtstern (2) veröffentlichten Übersicht;

er unterscheidet kalte, laue und warme Vergärung. Die kalte Vergärung bezieht sich auf die Bereitung von eigentlichem Sauerfutter in gewöhnlichen Erdgruben, daher auch als „Grubenverfahren“ bezeichnet; eine Erwärmung wird hierbei nicht beabsichtigt. Die laue und warme Vergärung machen die Anwendung von wasser- und luftdicht hergestellten Behältern, z. B. von Futtertürmen, „Silos“, erforderlich, daher auch „Turmverfahren“ genannt. Der Futterstoc soll bei der lauen Vergärung nach gewisser Zeit eine Temperatur von 30 bis 40° C, bei der warmen Vergärung möglichst rasch eine solche 45 bis 50° C erreichen. Außerdem fügt v. Wendtstern noch als besonderes Verfahren das mit Anwendung von „Reinzucht = Milchsäure = Bakterienkulturen“ hinzu.

Sauerfutterbereitung. Wir kommen zunächst zu den Verfahren, welche die kalte Vergärung betreffen und Sauerfutter ergeben. Die Sauerfutterbereitung wird äußerlich dadurch gekennzeichnet, daß sie ohne besondere Hilfsmittel entweder in ausgeworfenen Erdgruben oder in einfach gemauerten Erdgruben (Schnitzelgruben) oder auch unter Verwendung von Mieten — das sind auf ebener Erden mannshoch aufgeschichtete Haufen — ausgeführt wird. Für die Sauerfutterbereitung kommen in erster Linie die Blätter und das Kraut der Knollen- und Wurzelgewächse, ferner grüner Mais, ebenso Kartoffeln und Rübenarten, Zuckerrübenschnitzel, Kartoffelpülpe u. dgl. in Betracht. Diesen Futterstoffen wird oft Strohhäcksel oder Spreu für die Gärung zugesetzt. Die Futterstoffe werden für die Sauerfutterbereitung meist in unzerkleinertem Zustande in die Gruben bzw. Mieten eingebracht und bleiben zunächst so lange liegen, bis die Selbsterhitzung des Futters beginnt, was durch ein Stocthermometer abgelesen werden kann. Mit Beginn der Selbsterhitzung wird das Futter sofort durch Menschen oder Spanntiere festgetreten, um durch Beseitigung der Luft aus dem Futterstoc die Atmung der Organismen zu unterbinden; hierauf wird das Futter vollkommen mit einer starken, schweren Erdschicht möglichst luft- undurchlässig bedeckt und zusammengedrückt. Um ein brauchbares Sauerfutter zu erhalten, muß das Sezen des Futters, welches mit der Selbsterhitzung eingeleitet wird, fortgesetzt beobachtet und durch

Ausbesserung der Erdbabdeckung ein dauernd guter Luftabschluß erhalten werden. Nach Kellner (3) empfiehlt es sich, sperriges, stockiges Material, wie Johannisroggen, Comfren, Mais u. dgl. vor der Einsäuerung zu häckseln. Albert (5) teilt mit, daß durch Zusatz von Kalk bei dem Einsäuern der Rübenblätter gute Erfolge erzielt sein sollen; dagegen verwirft er im allgemeinen den Zusatz von Viehsalz; auch Kellner (3) hält einen Zusatz von Viehsalz in keinem Falle für notwendig. Gerlach und Künzgel (1) warnen vor ungemauerten Gruben, weil das Futter in denselben einen unangenehmen Geschmack bekommt, und empfehlen auch für die Bereitung von Sauerfutter gemauerte Erdgruben, welche zum Luftabschluß und zur Vermeidung des Fruchtwasserabflusses innen mit Zement abgeputzt und mit einem Leeranstrich versehen sein sollen. Als Form der gemauerten Gruben wird meist die Gestalt eines langgestreckten Rechtecks gewählt.

Das Sauerfutter riecht und schmeckt sauer.

Süßfutterbereitung. Süßfutter entsteht aus lauer und warmer Vergärung von Futterstoffen. Die Süßfutterbereitung wird äußerlich dadurch charakterisiert, daß für sie besondere Hilfsmittel, und zwar stets wasser- und luftdicht hergestellte Behälter (Silos und Gruben) oder außerdem noch maschinelle Einrichtungen in Anwendung kommen, mittels derer durch Herbeiführung von starker Selbsterhitzung ein wasserreiches Gärfutter entsteht. Im übrigen ist der Begriff des Süßfutters, wie schon oben bemerkt, dadurch gekennzeichnet, daß dieses Futter vorwiegend Milchsäure enthält.

Für die Süßfutterbereitung eignen sich alle Saftfutterarten, sowohl Blattpflanzen und Gräser, wie Knollen- und Wurzelgewächse; von geeigneten Blattpflanzen sind besonders zu nennen: Johannisroggen, Kocklee, Luzerne, Zottelwicke, Serradella, Sparfette, Comfren, Mischfutter bestehend aus Wicthafser, Gerste, Erbsen, Pferdebohnen, Buchweizen und eventuell Mais, sowie schließlich vor allem Zuckerrübenblätter; ob sich der in Amerika für die Süßfutterzilage hauptsächlich benutzte Mais auch in Deutschland mit Erfolg einführen läßt, muß abgewartet werden. Die Blattpflanzen kommen vorwiegend in zerkleinertem Zustand zur Verwendung.

Die Kriterien für ein gut gelungenes Süßfutter sind nach Albert (6) in Farbe, Geruch und Struktur der Futtermischung zu suchen. Die Farbe soll zwischen hellgrün und braun stehen und etwa olivgrün sein; der Geruch soll brotartig oder honigartig, wie der von Pumpernickel oder getrockneten Pflaumen, sein, woraus sich das Wort „Süßfutter“ erklären läßt; schließlich soll die Struktur der frischen Pflanzen, d. h. der Zusammenhang der einzelnen Pflanzenteile, bei der Süßfutterbereitung erhalten bleiben.

Bei der ältesten Methode für die Süßfutttergewinnung wurden sogenannte „Feimen“ — das sind seitlich offene Schuppen — verwendet. In neuerer Zeit bedient man sich für die Süßfuttterbereitung hauptsächlich der Gärkammern und der sogenannten „Futttertürme“; es können aber auch mit gleichem Erfolge gemauerte und gut abgedichtete Gruben verwandt werden. Es sei bemerkt, daß sich die hier anschließend geschilderten Süßfuttterbehälter im allgemeinen ohne Unterschied sowohl für die laue als auch für die warme Vergärung eignen.

Gerlach und Künzel (2) zählen folgende Behälter auf:

1. Gärkammern,
2. Deutsche Futttertürme,
3. Bauernjilos,
4. Amerikanische Futttertürme,
5. Elektro-Futtterbehälter.

Die Gärkammern haben quadratischen oder runden Querschnitt, fassen einen Rauminhalt von etwa 60 bis 100 cbm und werden normalerweise aus Schlackenbeton, Hohlbacksteinen mit Flacheiseneinlagen oder Hohlsteinmauerwerk mit Eiseneinlagen hergestellt; die inneren Wände werden wasserdicht verputzt. Die Firma Herba A.-G., Rapperswil, benutzt für die Herstellung von sogenannten „Herba-Behältern“ Zementhohlsteine; die Firma Gärtner u. Aurich, Dresden, wendet die Hohlsteinbauweise mit Betonecken an; die Süßpreßfuttterbehälter G. m. b. H., Dresden, erbaut die Gärkammern mit Zement, Holz und Eisen; die Industrie für Landwirtschaft G. m. b. H., München, (1) schließlich benutzt zur Herstellung von Gärkammern in Gestalt runder Türme — „Pfla-Futttertürme“ — besonders geformte Betonsteine.

Der deutsche Futterturm wird nach Kluge und Reich (1) neuerdings aus Eisenbeton erbaut, reicht etwa 2,50 m in die Erde hinein, 2,50 m darüber; sein Querschnitt ist rund; der Rauminhalt beträgt etwa 50 bis 100 cbm und mehr. Durch Hochfahrt wird das Einbringen des Futters erleichtert. Für die Futterentnahme sind Türöffnungen in ebener Erde und in Rampenhöhe angebracht.

Der Bauernsilo besteht aus einer doppelten Wand mit Luftzwischenräumen; die äußere Wand wird aus Ziegelmauerwerk, die innere Wand aus besonders konstruierten Betonformsteinen hergestellt; der Querschnitt kann viereckig oder rund sein. Der Turm wird etwa 1,50 m in die Erde gesenkt. Der Rauminhalt ist der gleiche wie bei dem deutschen Futterturm.

Der amerikanische Futterturm (Silo) besteht aus Holz oder Beton oder Bruchsteinen oder gewöhnlichen Ziegelsteinen oder auch aus Metall; in Deutschland kommen Holz und Metall nicht in Betracht. Die amerikanischen Futtertürme sind durch die in Amerika übliche „Wolkenkräuterbauweise“ gekennzeichnet und erreichen Höhen bis zu 12 m und darüber; ihr Querschnitt ist rund, der Rauminhalt mehrere hundert Kubikmeter groß.

Die Elektro-Futterbehälter — kurz „Elsilobehälter“ oder „Elsilos“ —, welche von der Elektro-Futter-Gesellschaft m. b. H., Dresden, (1) hergestellt werden, bestehen aus besonders konstruierten Hohlziegelsteinen mit Einlagen von Eisenbandagen; ihr Querschnitt ist sechseckig gewählt, um bei Anordnung mehrerer Silos nebeneinander in Form der Bienenwaben die benachbarten Wände als Zwischenwände ausnutzen zu können. Die Grundfläche beträgt etwa 15 qm, die Höhe etwa 6,5 m, der Rauminhalt also etwa 100 cbm. Die Elsilos werden je nach den Grundwasser-Verhältnissen mehr oder weniger in den Erdboden versenkt. Zur Futterentnahme sind etagenweise Türöffnungen angebracht.

Für alle Verfahren zur Süßfutterbereitung gelten noch gemeinsam folgende Betrachtungen: Das Haupterfordernis für die Erhaltung des silierten Futters ist ein möglichst vollkommener Luft- und Wasserabluß, um das Eindringen von Schimmelpilzen und anderen schädlichen Bakterien aus zutretender Luft oder aus Grundwasser zu verhindern. Außerdem muß verhütet werden, daß die beim

Absterben der Pflanzengewebe freierwerdenden Fruchtwässer, welche erhebliche Eiweißwerte besitzen, aus den Behältern abfließen können. Hieraus folgt als Grundbedingung, daß einerseits Boden und Wänden der Silos wasserdicht hergestellt sein müssen und daß andererseits der Abschluß der Oberfläche des Gärfutterstodes möglichst vollkommen und ohne Luftzwischenraum, zugleich auch nachgiebig mit Rücksicht auf das Senken des Futters, erfolgt. Bötz (2) bezeichnet als unbedingte Voraussetzung für den Erfolg einer guten Silage: „Absolute Undurchlässigkeit der Silos, feste Lagerung und gute Abdeckung des Futters.“ Um auch dem Eindringen von Regenwasser vorzubeugen, sollen die Süßfutterbehälter ein Regendach bekommen, sofern sie nicht in schon bedeckten Räumen aufgestellt sind.

Die Abdeckung des Futterstodes an seiner Oberfläche nach Füllung eines Silos wird verschieden ausgeführt. Nach Floß (1) wird das Futter in Herba-Behältern nur durch den Pressedeckel abgeschlossen, wobei oft eine 5 bis 10 cm starke Raff-, Stroh- oder Torfschicht unter dem Deckel eingelegt wird. v. Wendtstern (3) teilt mit, daß nach den Ergebnissen von etwa 40 Süßfutteranlagen im Freistaat Sachsen bei Gärkammern fast allgemein die oberste Futterfschicht mit Spreu, Häcksel oder Torf abgedeckt und dann mit dem Pressedeckel fest abgeschlossen wird. Auf grobe Pflanzen wie Zuckerrübenblätter mit Köpfen wird gern eine Schicht Schnitzel gepackt. Bei Türmen decken fast alle Anlagenbesitzer das oberste Futter mit einer 10 bis 30 cm starken Spreu- oder Häcksel- schicht ab, auf welche Erde gefüllt oder ein Deckel aufgelegt wird, der dann mit Steinen beschwert und mit Lehm abgedichtet wird. An anderer Stelle benennt v. Wendtstern (4) zur Abdeckung Bretter, auf welche Steine gepackt werden. Kluge und Reich (2) empfehlen eine Stroh- abdeckung als Schutz gegen Verschmutzung, darüber eine dünne Lehm-breis-schicht von 10 cm und darauf eine gewöhnliche Lehmerd- schicht von 30 cm Stärke. Der Verfasser empfiehlt für alle Verfahren ohne Deckelabschluß die Aufbringung einer Schicht aus feinem Raff von etwa 5 cm Stärke und darauf eine Schicht aus trockenem Lehm- erdboden von etwa 30 cm Stärke; außerdem kann die Futter- oberfläche vor der Abdeckung mit etwas Viehsalz gegen Schimmel- bildung bestreut werden.

Ferner gilt noch für alle Süßfuttermethoden, daß das Futter nach beendeter Silage so fest wie möglich gepackt sein muß, damit keine Lufträume mehr im Futterstod zurückbleiben; hieraus folgt von selbst, daß sich das Zerkleinern des Futters vor der Silage, wie auch schon bei der Sauerfutterbereitung bemerkt, insbesondere bei allen sperrigen und stockigen Futterpflanzen empfiehlt.

Der Vollständigkeit halber mag noch erwähnt sein, daß sich nach den vorliegenden Erfahrungen ein gut einjiliertes Süßfutter in luft- und wasserdicht abgechlossenen Behältern viele Monate lang unverändert erhält; wenn aber ein Silo einmal geöffnet worden ist, soll seine Entleerung ohne große Unterbrechungen vorgenommen werden, so etwa, daß jedesmal ein Futterquantum für ein bis zwei Tagesrationen entnommen wird. Hierbei empfiehlt es sich, die Futterschichten so abzustechen, daß stets ein Minimum von freier, der Atmosphäre ausgelegter Oberfläche des Futterstodes bis zur nächsten Entnahme bestehen bleibt, weil für jedes offenliegende Futter die Gefahr der Schimmelbildung und Nachsäuerung besteht.

Es folgt nun die Auseinandersetzung des Unterschiedes der Methoden zur lauen Vergärung und zur warmen Vergärung, welcher für das Verständnis der Verfahren von ausschlaggebender Bedeutung ist. Es muß bei dieser Betrachtung allerdings zunächst das zur warmen Vergärung gehörige elektrische Futterkonservierungsverfahren ausscheiden. Unter dieser Voraussetzung kann man sagen, daß bei allen Verfahren zur lauen Vergärung die Pressung des Futters in Tageschichten unmittelbar nach der Einfüllung in die Behälter erfolgt, während die Pressung des Futters bei den Verfahren zur warmen Vergärung erst einsetzt, wenn das Futter durch Selbsterhitzung eine Temperatur von 45 bis 50° C erreicht hat. Das lau vergärrte Futter erwärmt sich nur langsam erst nach Tagen oder Wochen und erreicht im allgemeinen Temperaturen von etwa 30 bis 40° C; demgegenüber bezweckt die warme Vergärung eine möglichst rasche Erwärmung des Futterstodes auf 45 bis 50° C, um den ganzen Gärungsprozeß in kürzester Frist zu beenden. Da für die Verfahren zur Warmvergärung neuerdings hauptsächlich maschinelle Pressen verwendet werden, so hat man diesem Verfahren, d. h. mit Pressung des Futters nach Eintritt von 50° C, die Bezeichnung „Süßpreßfutter“

verfahren“ gegeben. Die Süßpreßfutterverfahren machen sich zur schnellen Erzielung der hohen Temperaturen von 50° C die Erfahrung zunutze, daß die Gärung und Selbsterhitzung von Pflanzen bei reichlichem Sauerstoffzutritt der Luft heftiger vor sich gehen als wie ohne denselben, indem man das Futtergut zunächst mehr oder weniger locker schichtenweise in die Behälter einbringt. Außerdem wird die bei der Brenn- und Braunheubereitung mit dem Abwelken der Futterpflanzen gemachte günstige Erfahrung für die Beschleunigung der Selbsterwärmung auch bei der Süßpreßfutterbereitung nutzbringend verwertet. Da bei 40 bis 50° C die Pflanzenzellen absterben und zerfallen, wobei sie ihr Fruchtwasser abgeben, sackt der Futterstock nach Erreichung dieser Temperatur ziemlich rasch auf etwa zwei Drittel seiner ursprünglichen Mächtigkeit zusammen und gewinnt eine hohe Haltbarkeit, wenn noch durch starkes Pressen alle Luft aus dem Stock ausgetrieben wird; gleichzeitig sinkt die Temperatur allmählich auf normale Höhe, etwa Außentemperatur, herab.

Der Arbeitsvorgang bei dem Verfahren zur Lau-Vergärung ist hiernach kurz folgender: Die Futterpflanzen werden in mehr oder weniger abgewelktem Zustande, und zwar zerkleinert oder nicht zerkleinert, so hoch in den Behälter eingebracht, wie es ein Tagewerk ermöglicht. Sowohl während des Einbringens als insbesondere nach Beendigung desselben wird das Futter durch Menschen oder Spanntiere möglichst festgetreten; dasselbe gilt für die Einbringung des Futters am nächsten und an den folgenden Tagen usw. Von Kluge und Reich (3) wird bei lauer Vergärung von saftreichem oder regenasssem Futter vorgeschlagen, auf die Sohle des Futterturmes eine Schicht Mist oder Holz mit Strohabdeckung zu legen, welche etwaige überschüssige Feuchtigkeit aufsaugt und durch ihr Hohllager zur schnelleren Erwärmung der Grünfuttermassen beitragen soll.

Demgegenüber gestaltet sich der Arbeitsvorgang bei dem Verfahren zur Warm-Vergärung folgendermaßen: Das Futter wird in möglichst abgewelktem Zustande, meist zerkleinert, und zwar locker zunächst bis zu einer Schicht von etwa 2 m Stärke in die Gärkammer eingestreut; alsdann wird durch Anwendung eines Stockthermometers die Selbsterwärmung des Futters beobachtet, und es wird das Futter, sobald eine Temperatur von 45 bis

50° C erreicht ist, entweder durch Menschen und Spanntiere oder durch maschinelle Pressen derart zusammengepreßt, daß möglichst alle Luft aus dem Futterstock entweicht. Alsdann kann auf die so konservierte Futtersticht eine zweite Schicht von etwa 2 m Stärke und darauf wieder eine solche usw. bis zum gänzlichen Vollauffüllen des Turmes eingebracht werden, wobei immer wieder derselbe Arbeitsvorgang wie vorbeschrieben erfolgt. Ähnlich wie Kluge und Reich für die Sauvergärung in deutschen Futtertürmen vorschlagen, empfiehlt es sich auch für das Süßpreßfutterverfahren, die Sohle der Behälter zur Aufnahme des nach unten sinkenden Futterkastens mit einer Schicht Raff von etwa 30 cm Stärke zu bedecken.

Als Verbesserung der oben beschriebenen Verfahren für die Süßfutterbereitung mag zunächst die Einbringung des Futters mittels mechanischer Förderanlagen wie Greifer, Elevatoren und Gebläse genannt sein. Außerdem dient zur Vervollkommnung der Verfahren die Verwendung maschineller Pressen; hier sind zu nennen: die Spindelpresse der Firma Herba A.-G., Rapperswil, die Hebel-
 presse der Firma Gärtner u. Aurich, Dresden, die Hebel-
 presse der Firma Industrie für Landwirtschaft G. m. b. H., München, und die Spindelpresse der Süßpreßfutter-Behälter G. m. b. H., Dresden-A.

Die Futtermkonservierung mit Anwendung von Elektrizität nimmt eine Sonderstellung unter den Einsäuerungsverfahren ein. Die Packung des Futters beim Einfüllen in den Behälter erfolgt bei der elektrischen Konservierung so wie bei der lauen Vergärung; der Gärungsprozeß soll aber so verlaufen wie bei der warmen Vergärung, so daß auch bei der elektrischen Silage eine rasche Erwärmung auf Futtertemperaturen von 45 bis 50° C angestrebt wird. Da in diesem Buch die elektrische Futtermkonservierung bevorzugt behandelt werden soll, werden die beiden elektrischen Verfahren, nämlich das sogenannte „Elfu-Verfahren“ von Schweizer und das Verfahren nach dem sogenannten „elektrischen Einsilosystem“ vom Verfasser im dritten Teil gesondert erörtert.

Reinkulturverfahren. Es bleibt nun noch das Verfahren mit Anwendung von Reinzucht-Milchsäure-Bakterienkulturen, kurz „Reinkulturverfahren“ genannt, zu behandeln; dieses

Verfahren gehört bezüglich der Futterpackung zur lauen Vergärung. Bötz hat das Verfahren zuerst angegeben; es besteht, wie der Name schon verrät, darin, daß in den Futterstoc eines Silos Milchsäurebakterien-Reinkulturen eingebracht werden, um eine kräftige Milchsäuregärung herbeizuführen und dadurch schädliche Gärungsprozesse anderer Art (Essig- und Butter säuregärung) zu unterbinden. Um in einem anschaulichen Bilde zu sprechen, werden den schon in jedem Futterstoc mit den frischen Pflanzen eingebrachten Milchsäurebakterien in ihrem erbitterten Kampf, den sie während der Gärung auf Leben und Tod mit den Essig- und Butter säuregegnern führen, große Heeresmassen als Verstärkungen zugeführt, welche durch zahlenmäßige Überlegenheit die Schlacht zu ihren Gunsten entscheiden müssen, wenn dafür gesorgt wird, daß diese Ersatztruppen nicht unausgebildet, ausgehungert oder schon abgekämpft an die Front kommen. Man könnte im ersten Augenblick meinen, daß dieses Verfahren grundsätzlich von der sonstigen Süßfutterbereitung verschieden ist; bei näherer Betrachtung muß aber festgestellt werden, daß das Prinzip, nämlich die Erzeugung von konservierender und dabei in gewissen Grenzen unschädlicher Milchsäure, wie hier so auch bei allen anderen Süßfutterbereitungen besteht, nur mit dem Unterschied, daß, um in obigem Bilde zu bleiben, den Milchsäurestreitern im Futter in dem einen Falle nur Waffen und Munition (Wärme, Elektrizität), in dem anderen Falle aber Verstärkungstruppen (Reinkulturen) an die Front geliefert werden.

Die Reinkulturpilze sind in Einliterflaschen von dem Institut für Gärungsgewerbe in Berlin für wenig Geld zu beziehen. Bis zu ihrem Gebrauch müssen sie bei möglichst kalter Temperatur, z. B. im Keller, Eisschrank u. dgl., aufbewahrt werden. Möglichst kurz vor Beginn der Futterzilage ist die sogenannte „Hauptzüchtung“ herzustellen; hierzu wird in einem größeren Gefäß, wie z. B. Milchkanne, Waschkessel, Eimer, Holzbottich u. dgl., mit einem Fassungsinhalt von 10 bis 20 Liter eine Nährflüssigkeit angerichtet, welche nach verschiedenen Rezepten durch Einkochen von Roggenschrot oder Kartoffeln oder Rübenschnitzeln oder Rübenblättern u. dgl. zubereitet werden kann. In diese nach dem Kochen auf 45 bis 35° C

abgekühlte Nährflüssigkeit wird der Inhalt der bezogenen Reinkulturflasche eingegossen. Um eine gute Pilzentwicklung zu erzielen, muß nun die geimpfte Nährflüssigkeit etwa 24 Stunden lang auf 40 bis 45° C bzw. 30 bis 35° C erhalten bleiben, was durch Einstellen der Gefäße in warmes Wasser, in eine Kiste mit Heu oder dgl. geschehen kann; die Zucht mißlingt, wenn die genannten Temperaturintervalle während des Ansetzens wesentlich über- oder unterschritten werden. Die vorbezeichneten hohen Temperaturen gelten für sogenannte „Warmkulturen“, die niedrigen für „Kaltkulturen“. Unmittelbar vor der Verwendung wird die Hauptzuchtung durch Zusatz einer etwa fünffachen Wassermenge verdünnt und ist damit verwendungsbereit. Die Einsäuerung geht dann so vor sich, daß die Reinkulturflüssigkeit mittels Zerstäuber oder Gießkannen während der Füllung eines Silos möglichst gleichmäßig verteilt in die Futtermasse eingespritzt oder eingestäubt wird. Man wird die Impfung des Futters am besten schichtweise vornehmen. Nach Füllung eines Silos wird der Futterstock ebenso abgeschlossen, wie wir es bei den übrigen Süßfutterbereitungsverfahren schon kennengelernt haben.

Dieses Verfahren zeichnet sich durch radikale Wirksamkeit und geringe Betriebskosten aus und verdient für alle landwirtschaftlichen Betriebe, in welchen gewissenhaftes Personal für die Zubereitung der Hauptzuchtung zur Verfügung steht, hohe Beachtung.

Zum Schluß dieses Teiles mag noch eine Übersicht aller Futterkonjervierungsverfahren in der nachstehend aufgestellten Tafel Aufnahme finden.

Futterkonjervierungstafel.

A. Konjerve: Trocken.

- I. Verwendung von natürlicher Wärme
= Dürreheuerbung.
- II. Verwendung von durch Gärung hervorgerufener Wärme
= Brennheugewinnung und
= Braunheugewinnung.
- III. Verwendung von künstlicher Wärme
= Trocknung.

B. Konserve: Saftig.

I. Säuregehalt: vorwiegend Essig- und Butterfäure
= Sauerfutterbereitung.

II. Säuregehalt: vorwiegend Milchsäure
= Süßfutterbereitung;

a. Süßpreßverfahren,

b. Verwendung von Reinzucht-Milchsäure-Bakterienkulturen,

c. Elektrisches Verfahren;

1. Eßsystem,

2. Einflößsystem.

Zweiter Teil.

Die Probleme der Gärung, der Selbsterwärmung und des elektrischen Widerstandes.

Gärungen treten überall da auf, wo Organismen zerfallen; den Erörterungen in diesem Teil liegen, falls nicht besonders bemerkt, speziell die Einfäuerungsverfahren mit Anwendung von Behältern: Gruben, Gärkammern, Türme, Silos zugrunde.

Gärungsproblem. Wir beschäftigen uns zunächst mit dem Gärungsproblem. Die Gärung ist absichtlich als Problem bezeichnet, weil der Verfasser aus dem Studium der einschlägigen Literatur die Überzeugung gewonnen hat, daß das Wesen der Gärung, die Kausalität der Gärungsprozesse, noch nicht erkannt ist, sondern vielmehr die aus der Empirie registrierten Gärungsercheinungen bisher lediglich zu Hypothesen geführt haben, die zu besprechen sein werden.

Zunächst folgt eine kurze Darstellung der drei wichtigsten Umwandlungen im Futter, welche sich durch chemisch-physiologische Tätigkeit von einzelligen pflanzlichen Lebewesen vollziehen. Diese Kleinlebewesen werden in der Literatur bald Mikroorganismen, bald Pilze oder Bakterien oder auch Bazillen genannt; Form und Charakter derselben sind unendlich mannigfaltig, so daß unzählige Gattungen und Arten vorkommen, von welchen die Wissenschaft einige ermittelt und mit Namen wie: Schimmelpilze, Spaltpilze, Koffen, Vibriolen, Spirillen usw. belegt hat. Die drei Hauptzersehungsprozesse im Futter heißen: Fäulnis, Verwesung und Gärung.

Fäulnis. Die Fäulnis von Pflanzenstoffen, die Proteinfäulnis, besteht hauptsächlich in der Zerlegung eiweißartiger Substanzen bei Luftabschluß durch sogenannte „Spaltpilze“. Zu Beginn

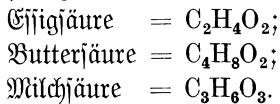
der Fäulnis beobachtet man das Auftreten von Mikrokokken — das sind „Kugelbakterien“ —, später treten zahlreiche andere Bakterienarten hinzu, darunter besonders der bacillus fluorescens liquefaciens. Nicht selten kommt es vor, daß die Fäulnis auf einer bestimmten Stufe des Prozesses zum Stillstand gelangt, wenn nämlich Substanzen auftreten, welche antiseptisch wirken. Als Zerfallprodukte bei der Fäulnis sind zu nennen: flüchtige Fett Säuren nach der Formel $C_n H_{2n} O_2$, von der Ameisensäure (CH_2O_2) bis zur Capronsäure ($C_5H_{11} \cdot COOH$); ferner Leucin [$CH_3 \cdot (CH_2)_3 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$] und Thyrosin ($C_9H_{11}NO_3$), außerdem aromatische Verbindungen: Indol (C_8H_7N), Skatol (C_9H_9N), Phenol ($C_6H_5 \cdot OH$); schließlich anorganische Verbindungen: Ammoniak (NH_3), Kohlensäure (CO_2), Schwefelwasserstoff (H_2S), Wasserstoff (H), daneben substituierte Schwefelwasserstoffe, die Mercaptane [$C_2H_5(SH)$] und Spuren substituirter Ammoniak, der Ammoniakbasen. Es treten nun keineswegs bei der Fäulnis immer die gleichen Endprodukte auf, vielmehr richtet sich die Art des Abbaues der Eiweißmoleküle nach den zufällig vorhandenen Bakterienarten bzw. nach deren Existenzbedingungen. Von Wichtigkeit für die vorliegenden Betrachtungen ist noch, daß die Fäulnis durch mittlere Temperaturen begünstigt, dagegen durch niedere und hohe Temperaturen verzögert wird. Unbedingt erforderlich für den Eintritt der Fäulnis ist die Anwesenheit von Wasser, woraus folgt, daß bei den Konservierungsverfahren die Fäulnis durch Austrocknung der Futtermittel vermieden werden kann. Außerdem läßt sich die Fäulnis durch alle bakterientötenden Mittel, so durch Siedehitze, Alkohol in konzentrierter Form, Karbolsäure, Salizylsäure, Thymol u. dgl., verhindern. Die zuzugendste Nahrung findet die Fäulnis in Pflanzenstoffen, welche reich an Eiweiß und arm an Kohlenhydraten sind.

Verwesung. Bei der Verwesung oxydieren die organischen Stoffe durch den Sauerstoff der frei zutretenden Luft zu Kohlensäure (CO_2), Wasser (H_2O), Nitraten (HNO_3) und Sulfaten (H_2SO_4).

Gärung. Während Fäulnis und Verwesung die Zerstörung und Vernichtung der Organismen bedeuten, kommt die Gärung einer Umwandlung von Substanzen gleich, bei welcher das Endprodukt,

wie z. B. bei Zuckerzersetzung in Alkohol, ein wertvolleres sein kann als das Urprodukt. Lassar (1) entnimmt die Etymologie des Ausdrucks „Gärung“ dem Deutschen Wörterbuch der Gebrüder Grimm, woselbst „Gärung“ von dem Worte „gar“ abgeleitet wird, welches soviel wie „bereit“, „fertig“, „ganz“ bedeutet. Dementsprechend heißt Gärung soviel wie etwas Unfertiges (organisierter Natur) in einen garen Zustand überführen, in welchem es dann erst zum Genuße oder zur anderweitigen Verwendung fertig ist. Lassar (2) erblickt das Schwergewicht der Umgrenzung des Begriffes Gärung (einschließlich Fäulnis) in der Feststellung, daß es sich dabei nur um solche Vorgänge handle, welche sich durch die Tätigkeit von gewissen niederen Pilzen, d. h. von Bakterien, abspielen. Bei der Einjäuerung von Futter für die Konservierung spielen die Essig-, Butter- und Milchsäuregärungen die Hauptrolle; den besten Nährboden für diese Säuregärungen liefern Futterpflanzen, welche reich an Kohlenhydraten und Wasser sind.

Die Endprodukte der genannten drei Gärungsarten ergeben sich aus folgenden chemischen Formeln:



Im übrigen sind die Endprodukte der Gärungen von so unzählig verschiedener Art wie die zur Gärung kommenden organischen Substanzen, deren Zusammensetzungen, die auftretenden Gärungsbakterien und deren Existenzbedingungen.

Wir haben soeben mit den Verstandesfunktionen einen nüchternen Blick in den Mikrokosmos der Wundernatur getan. Wer aber das geheime Wirken und Weben der kleinsten Lebewelt auch mit der Vernunft erfassen will, tut gut, sich die Anschauungen **Schleims** (1) zu eigen zu machen, in dessen Sinne wir eine Welt vor uns haben, in welcher die Einzellerbakterien ein unsterbliches Leben führen, in welcher ihre Zelleiber von Ewigkeit zu Ewigkeit Hochzeiten feiern und Weltkriege führen, den Parzen ihre Fäden spinnen und wieder zerreißen und wechselweise lebendige Organismenstaaten einreißen und wieder

aufbauen „zwecks immer höherer Steigerung der grandiosen Idee des Lebensaufstieges; eingekapselt in den organischen Zellen schlafen sie den Dornröschenschlaf, bis der Ritter Chemismus der Erde — die Heinzelmännchenarbeit kleinster Lebewesen — die Zellkapseln bricht, in denen die Perlen des steigenden Lebens eingelassen sind.“

Mit welchem Rechte von einem Problem der Gärung gesprochen werden kann, mag durch den Streit der Gelehrten über die Urzeugung, *generatio spontanea*, *generatio aequivoca*, die vitalistische Auffassung der Gärungsvorgänge, die Gärungsercheinungen als Wirkungen von Enzymen der Gärungsorganismen und die Umgrenzung des Begriffes „Gärung“ zur Genüge begründet sein. Dem Verfasser scheint die faßlichste biologische Hypothese für den Ursprung der Gärungserreger und ihren Lebenszweck die Schleichsche zu sein, durch welche, wie Schopenhauer (1) von den Kantischen Schriften vergleichsweise sagt, den Blinden der Star gestochen wird. Der Verfasser erblickt in dem Mikrokosmos und seinem Leben ein Spiegelbildchen des Makrokosmos und seines Lebens; wendet man diese Anschauung auf die uns jetzt interessierenden Gärungsvorgänge an, so darf man wohl die gleiche Biozönose zwischen Pflanzenzellen und Bakterien voraussetzen, wie sie Moebius zwischen der Pflanzen- und Tierwelt nachgewiesen hat. Eine Störung der Gleichgewichts-Lebensgemeinschaft wird demnach eintreten, sobald die Pflanzenzelle ihr Wachstum einstellt und damit zugleich die Überwucherung der Bakterien, d. h. die Zersetzung beginnt. Ob die Biozönose Folge oder Ursache des Zellabbaues ist, wird wohl zu den übrigen Welt-rätseln gehören. Jedenfalls bestätigt die Wissenschaft, je länger sie sich mit dem Ursprung alles Lebens beschäftigt, je mehr das *πόλεμος πατήρ πάντων* des alten Empedokles und das *πάντα ῥεῖ* des Heraklit.

Die nachfolgenden Erörterungen über die Varietät der Gärungsvorgänge stützen sich hauptsächlich auf die Abhandlung von Behrens (1) im fünften Abschnitt des Handbuchs der Technischen Mykologie.

Zuwachsbewegung der Gärungsorganismen. Die Varietät der Gärungsvorgänge ist eine Funktion der Zuwachsbedingungen

der Gärungsorganismen. Die Entwicklung der Gärungsorganismen kann sowohl in Zellwachstum als in Zellteilung bestehen, wobei der Gang des Wachstums in der mannigfaltigsten Weise von den Außenbedingungen abhängt. Wachstum kann überhaupt nur stattfinden, wenn gewisse Bedingungen, z. B. genügende Nahrung, eine bestimmte Temperatur, die Gegenwart von Wasser und Sauerstoff usw., erfüllt sind. Diese Wachstumsbedingungen bezeichnet man mit formalen Bedingungen des Wachstums. Neben ihnen wirken auch accessoriale Bedingungen auf das Wachstum, z. B. die Schwerkraft. Die einen wie die anderen wirken teils energetisch, durch besondere Nahrung oder Gifte, teils durch Reize, wie Licht, Wärme, Elektrizität u. dgl. Man unterscheidet hiernach noch autonome Wachstumsbewegungen der Bakterien, welche unter normalen Verhältnissen, sofern die formalen Bedingungen des Wachstums erfüllt sind, vor sich gehen, und aitiologische Wachstumsbewegungen, welche durch äußere Reize erst hervorgerufen werden. Die Wachstumsgeschwindigkeiten der autonomen Wachstumsbewegungen sind unter gleichen äußeren Bedingungen bei verschiedenen Gärungsorganismenarten ganz verschieden. Es soll Bakterien geben, welche bereits nach 20 bis 30 Minuten ihre Länge und ihre Anzahl verdoppeln. Behrens (2) führt einen Bazillus an, welcher in 24 Stunden über 281 Trillionen Nachkommen haben könnte, wenn die Natur nicht dafür gesorgt hätte, daß hauptsächlich durch Erschöpfung des Nährbodens das Wachstum bald zum Stillstand kommt, ja sogar ein schnelles Absterben der großen Mehrzahl der Individuen eintritt.

Eine Erscheinung in der Wachstumsbewegung der Bakterien ist noch von Bedeutung, welche als die „große Periode“ bezeichnet wird; alle Gärungsorganismen, sowohl die einzelligen wie die mehrzelligen, wachsen bei konstanten äußeren Verhältnissen zuerst langsam an, steigern dann ihre Wachstumsintensität bis zu einem Maximum und verzögern dann wieder ihre Wachstumsgeschwindigkeit, bis sie Null geworden ist, was eintritt, wenn der Abschnitt ausgewachsen ist.

Wir gehen nun über zu der Besprechung der verschiedenartigen Beeinflussungen von Sauerstoffzufuhr und von physikalischen Kräften auf die Zuwachsbewegung der Bakterien.

Einfluß der Sauerstoffzufuhr. Der Einfluß der Sauerstoffzufuhr auf die Wachstumstätigkeit von Bakterien wird in der Wissenschaft unter dem Begriff der „Anaerobiose“ behandelt. Unter Anaerobiose ist das Gedeihen von Mikroorganismen bei Ausschluß von freiem Sauerstoff zu verstehen. Schon die Tatsache, daß man die Namen „fakultativ anaerob“, „obligat anaerob“, „obligat aerob“, „aerophil“ und „mikroaerophil“ erfinden mußte, um sich aus den Verlegenheiten zu helfen, in welche die Welt des Geistes von der Welt der Erscheinungen versetzt worden ist, zeugt davon, daß wir es hier noch mit einer terra incognita zu tun haben. Für die vorliegenden Untersuchungen wäre es wertvoll zu wissen, welche von den drei Gärungsorganismen Essig-, Butter- und Milchsäurebakterien aerob bzw. anaerob sind. Es scheint ja so, als wenn die Natur sich glücklicherweise im Sinne der Förderung der Süßfuttermittelgewinnung eingestellt habe, insofern, als nach dem heutigen Stande der Wissenschaft die Milchsäureerreger anaerob, zum mindesten nach Omelianski (1) fakultativ anaerob sind, d. h. anaerob mit der Eigenschaft, auch aerob zu sein, während die Essigsäurebakterien obligat aerob sein sollen. Die Nutzenanwendung würde die sein, daß man durch völlige Luftverdrängung aus dem sterilisierten Futterstod mittels fester Packung und vollkommenen Luftabschlusses des Behälters eine schädliche Essigsäurenachgärung ausschließen, zum wenigsten stark einschränken könnte, ohne die in gewissem Grade erwünschte Milchsäuregärung zu unterbinden. Demgegenüber sollen aber leider die Butter säurebakterien, welche für die Futterkonservierung ganz besonders schädlich sind, auch als fakultativ anaerob gelten.

Einfluß der Turgeszenz und des Wassergehaltes. Man hat sich vorzustellen, daß die Zellen der Gärungsorganismen ebenso wie die Zellen aller Pflanzen ein osmotisches System bilden. Ein Wachstum ist nach dem heutigen Stande der Wissenschaft nur möglich, wenn in den Zellen Turgeszenz herrscht. Die Turgeszenz ist bei den verschiedenen Organismen verschiedenartig, sie hängt in erster Linie von der Höhe des Wassergehaltes ab und wird durch Wassermangel aufgehoben. Hieraus ergibt sich als die schon oben kennengelernte erste Bedingung für das Zellenwachstum der Bakterien das Vorhandensein von Wasser.

Einfluß der Temperatur. Der Einfluß der Temperatur spielt eine der wichtigsten Rollen bei den Gärungserscheinungen. Für alle Gärungsorganismen besteht ein Minimum, ein Optimum und ein Maximum der Temperatur in bezug auf ihre Wachstumsbewegungen. Man nennt diese drei Temperaturen die drei Kardinalpunkte. Die Höhenlagen wie Spannweiten der Kardinalpunkte sind für die verschiedenen Organismengattungen und ihre Arten verschieden und sogar wandelbar je nach besonderen äußeren Verhältnissen, wie Nahrung, Licht, Sauerstoffzutritt; sie können auch durch Akkomodation, Überimpfung und Züchtung verschoben werden.

In nachstehender Tabelle 1 sind die Kardinalpunkte für die bei der Konservierung von saftigen Futtermitteln besonders stark auftretenden Massen von Bakterienarten der Essig-, Butter- und Milchsäuregattungen, welche uns am meisten interessieren, ohne Anspruch auf volle Richtigkeit eingetragen.

Tabelle 1.

Kardinalpunkte von Essig-, Butter- und Milchsäurebakterien.

	Minimum ° C	Optimum ° C	Maximum ° C
Essigsäurebakterien	8	18—33	35—40
Buttersäurebakterien	20	35—37	45—47
Milchsäurebakterien	26	45—50	60—70

Hervorzuheben ist, daß die Unterschreitungen des Temperaturminimums die Lebenstätigkeit der Bakterien im allgemeinen nicht schädigen, es sei denn bei erheblichen Kältegraden, während die Überschreitungen des Temperaturmaximums schon bei wenig Graden die Gärungsorganismen abtöten. Das Absterben der Bakterien tritt allerdings bei geringen Gradüberschreitungen des Maximums erst nach längerer Zeit ein, während dasselbe bei größeren Überschreitungen in relativ kurzer Zeit erfolgt. Die Reaktion der Gärungsorganismen auf derartige Maximumüberschreitungen ist individuell und artlich verschieden. Versuche haben ergeben, daß die Abtötung einer gewissen Bakterienart bei 1° C Überschreitung in 31 Tagen, die einer anderen bei gleicher Überschreitung schon nach fünf Tagen erfolgte. Die un-

gekeimten Sporen der Organismen vertragen höhere Überschreitungen des Temperaturmaximums wie die ungekeimten.

Für die Konservierung von saftigen Futtermitteln kommen, wie schon früher bemerkt, die drei Bakteriengattungen Essig-, Butter- und Milchsäurebakterien vorwiegend in Betracht. Butter säurebildung ist als schädlich, Essigsäurebildung nur in Zehntelprozenten, Milchsäure etwa in zwei- bis dreifacher Menge der Essigsäure als zulässig für ein gutes Süßfutter zu betrachten. Es verdient deshalb besonders hervorgehoben zu werden, daß Butter säurebakterien sich bei mehr als 37° C nur langsam oder gar nicht mehr vermehren, die Massen derjenigen Essigsäurebakterienarten, welche im Futter vorwiegend auftreten, bei 50° C absterben, Milchsäurebakterien sich dagegen noch bei 50° C lebhaft weiterentwickeln.

Es mag noch erwähnt sein, daß man diejenigen Gärungsorganismen, welche nur bei niederer bzw. höherer Temperatur gedeihen, als thermophile Gärungsorganismen, diejenigen, welche bei niederer und auch bei höherer Temperatur gedeihen, als thermotolerante Gärungsorganismen bezeichnet.

Einfluß des Lichtes. Der Einfluß des Lichtes hat für die Behandlung der Futtermittelkonservierungsfrage keine Bedeutung, sofern es nicht gelingen sollte, Röntgenstrahlen oder Röntgenstrahlen mit bestimmten Intensitäten hierfür nutzbar zu machen. Die schädigende Wirkung des Lichtes auf Bakterien ist jedem Laien aus den diesbezüglichen sanitären Maßregeln bekannt. Daß die keimtötende Wirkung mit der Intensität des Lichtes zunimmt und deshalb die antiseptische Wirkung des Sonnenlichtes zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten verschieden ist, darf a priori als zutreffend angesehen werden. Die selbstreinigende Wirkung der Flüsse wird zum großen Teil dem Licht zugeschrieben.

Die bisherigen Untersuchungen über die wachstumshemmenden bzw. tödenden Einflüsse von Röntgen- und Radiumstrahlen auf Bakterien haben noch kein positives Ergebnis gehabt. Trotzdem besteht ein englisches Patent für ein Verfahren zum Haltbarmachen von leichtverderblichen Substanzen durch Bestrahlung mit Röntgenlicht.

Einfluß des Druckes. Auch der Einfluß des Druckes auf das Leben der Gärungsorganismen hat für die Futtermittelkonservierung keine

Bedeutung, weil nur hohe Drücke in Betracht kommen und die Konservierungsbehälter hierfür besonders eingerichtet werden müßten, was an der Kostenfrage von vornherein scheitert. Versuche nach dieser Richtung haben ergeben, daß Gasdrücke von erheblichen Intensitäten wie 45 bis 50 Atmosphären auf Gärungsorganismen zwar eine Wachstums hemmung, aber keine merkliche Schädigung der Individuen hervorbrachten. Trotzdem ist auch in diesem Falle ein Verfahren zur Konservierung von Lebensmitteln durch Anwendung von hochgespannter Kohlenäure in Deutschland patentiert worden.

Einfluß der Bewegung. Der Einfluß der Bewegung kann kurz mit den Worten abgetan werden, daß die Untersuchungen hierüber ein positives Ergebnis nicht erbracht haben, und daß sich die Bewegung außerdem auch nicht auf Futterilos anwenden ließe.

Einfluß der Elektrizität. Am meisten interessiert hier natürlich der Einfluß der Elektrizität auf die Existenzfähigkeit der Gärungsorganismen; derselbe soll deshalb ausführlich behandelt werden.

Die vorliegende Frage kann nur durch exakte Versuche in Laboratorien gelöst werden. Die bisher bekannten Ergebnisse dieser Art lassen es zum mindesten als zweifelhaft erscheinen, ob die Elektrizität als solche auf die Lebenstätigkeit von Bakterien einzuwirken vermag. Die einzigen Versuche, welche zur Feststellung dieser Tatsache Wert haben könnten, sind nach Behrens (3) von Spilker und Gottstein, von d'Arsonval und Charrin sowie von Friedenthal angestellt worden. Diese Forscher haben durch ihre Versuchsanordnungen die sekundären Wirkungen der Elektrizität wie Elektrolyse, Erwärmung und mechanische Bewegung mehr oder weniger eliminiert.

Die beiden erstgenannten Forscher Spilker und Gottstein haben ein mit Bakterienkulturen gefülltes Glasgefäß von 250 ccm Inhalt mit Leitungsdraht umwickelt und durch diesen Draht Induktionsströme geschickt. Eine gewisse Bakterienart in Wasser oder Gelatine soll abgetötet worden sein, nachdem ein Strom von 1,25 Volt und 2,5 Amp. während 24 Stunden einwirkte; andere Bakterienarten erwiesen sich als resistenter gegen die elektrische Induktionswirkung. Bei den auf Milch ausgedehnten gleichartigen Versuchen gelang keine

völlige Sterilisierung derselben, sondern nur eine Herabminderung der Zahl der lebenden Keime. D'Arsonval und Charrin stellten bei gleicher Versuchsanordnung mit Anwendung einer Induktionspule und 10000 Volt Spannung fest, daß einem gewissen Eiterbazillus sein Vermögen der Farbstoffbildung fast gänzlich genommen wurde. Friedenthal, welcher bei derselben Versuchsanordnung durch Kühlung des mit bakterienhaltiger Flüssigkeit gefüllten Glasrohres eine Temperaturerhöhung der Flüssigkeit völlig verhinderte, vermochte auf diese Weise einen Einfluß der Elektrizität auf die Lebensfähigkeit von Bakterien nicht zu finden.

Nur der Versuch von Friedenthal kann für Schlussfolgerungen als maßgebend gelten, weil auch die elektrischen Induktionsströme in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern wärmeerzeugend wirken und deshalb ohne korrekte Temperaturregulierung des Versuchsobjektes keine einwandfreie Prämisse geschaffen wird. Es scheint also hiernach, daß die Elektrizität als solche irrelevant für das Leben der Bakterien und anderer Mikroorganismen ist. Das Gelingen eines Versuches, den elektrischen Strom zur Reinigung von Abwässern zu verwenden, soll nach näherer Untersuchung rein mechanisch zu erklären gewesen sein, indem die durch Elektrolyse gebildeten metallischen Niederschläge die Schwebestoffe der Abwässer mit sich zu Boden rissen.

Die aus der Praxis stammenden Urteile hierüber, welche fast durchweg einen spezifischen Einfluß der Elektrizität auf die Gärungsorganismen konstatieren, indem meist von „lähmender“ Wirkung des elektrischen Stromes auf die Lebenstätigkeit der Bakterien gesprochen wird, welche nach Wallem (1) noch ein bis zwei Tage nach Ausschaltung des Stromes anhalten soll, können nach Vorhergesagtem die grundsätzliche Frage, auf die es hier ankommt, nicht entscheiden. Ebenso belanglos ist hierfür die in neuerer Literatur aufgestellte Behauptung, daß die Elektrizität imstande sei, die Atmung der Pflanzenteile zu unterbinden.

So wertvoll es naturgemäß auch für die Erkenntnis des Vorganges wäre, wenn durch exakte Versuche die Frage geklärt würde, ob die Elektrizität **als solche**, also primär, sei es durch Induktionswirkung oder sonstwie

die Lebenstätigkeit der Bakterien beeinflusst oder nicht, so kann sich doch die Praxis zunächst damit zufrieden geben, wenn festgestellt wird, daß die Elektrizität überhaupt den Gärungsprozeß bei der Süßfutterbereitung in günstigem Sinne zu beeinflussen vermag, sei es durch die künstlich erzeugte Erwärmung der Futterpflanzen und die damit zusammenhängende rasche Beendigung des ganzen Gärungsprozesses, sei es durch andere noch un-
aufgeklärte spezifische Einwirkungen auf den Gärungs-
vorgang, wie Beeinflussung der Turgeszenz, oder Er-
zeugung von Giften durch Elektrolyse u. dergl.

Insofern ist es allerdings von höchstem Interesse, daß alle Er-
fahrungen, welche bisher in praktischen Anlagen bei der Futterkonser-
vierung mit Anwendung von Elektrizität gemacht worden sind, nach
der hierüber zahlreich vorliegenden Literatur übereinstimmend der
Elektrizität einen wesentlichen Anteil an dem erfolgreichen Verlauf
der Gärung bei der Süßfutttergewinnung zuschreiben.

Selbsterwärmungsproblem. Wir kommen nun zu dem Problem
der Selbsterwärmung von Futterstoffen. Wenn die Selbsterwär-
mung in diesem Teil des Buches mit der Gärung zusammen behandelt
wird, so geschieht es deshalb, weil zwischen beiden Erscheinungen
insofern gewissermaßen Parallelismus besteht, als Selbsterwärmung
auftritt, wenn Gärung vorhanden ist und umgekehrt.

Der Begriff „Selbsterwärmung von Futterpflanzen“ müßte
exakt logisch genommen auf die autogenetische Wärmezeugung der
Pflanzenorgane beschränkt werden. Eine solche isolierte Selbsterwär-
mung kommt aber weder bei lebenden Pflanzen und noch viel weniger
bei absterbenden Pflanzenteilen, wie sie bei der Futterkonser-
vierung Verwendung finden, vor. Es lassen sich die Wärmewirkungen, welche
von den an allen Pflanzenteilen unzählig vorhandenen Mikro-
organismen ausgehen, gar nicht reprimieren. Aus diesem Grunde
mögen die Grenzen des Terminus „Selbsterwärmung von Futter-
pflanzen“ für die vorliegende Abhandlung so erweitert werden, daß
er die totale Erwärmung der Pflanzen umfaßt. Es möge dabei
aber die im Futterstoff eines Konservierungsbehälters nicht der
organischen Tätigkeit zufallende Wärmeentwicklung der rein chemischen

Prozesse (meistens Oxydationsprozesse bei Anwesenheit von Sauerstoff) außer acht bleiben, weil dieselbe bei der Konservierung von saftigen Futtermitteln, auf welche es hier ankommt, keine merkliche Rolle spielt. Von Mische (2) ist durch exakte Versuche über die Selbsterhitzung des Heues konstatiert worden, daß bei allen Versuchen die Ursache der Selbsterhitzung physiologischer Natur war und daß kein Beweis für ihre rein chemische Natur erbracht ist. Auch die mit der sogenannten „Kohlenstoffassimilation“ der Pflanzen zusammenhängende Bindung von Wärme kann hier ausgeschaltet werden, weil die Assimilation nur unter Lichtwirkung erfolgt, welche bei der Futtermittelkonservierung nicht vorhanden ist.

Es bleiben demnach als Faktoren für die Selbsterwärmung des Futters im Rahmen unserer Betrachtungen nur noch zwei übrig, nämlich: der Atmungsprozeß der Pflanzenorgane und der Stoff- und Kraftwechsel der Gärungsbakterien; für die aus diesen beiden Faktoren resultierende Wärme wollen wir die von Mische (3) gewählte Bezeichnung der „physiologischen Wärme“ übernehmen.

Atmung der Pflanzen. Die Atmung besteht in der Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlenäure, d. h. aus einem Oxydations- bzw. Verbrennungsprozeß, bei welchem Wärme frei werden muß. Nun hat die Natur den Pflanzenorganismus im Gegensatz zu dem Organismus von Menschen und Tieren mit einer so guten Wärmeausstrahlung und Wärmebindung durch Transpiration ausgestattet, daß eine Erwärmung der Pflanzen durch Atmung in freilebendem Zustande so gut wie nicht erfolgt. Anders gestaltet sich aber die Sache, wenn die Pflanzen oder Pflanzenteile, welche bekanntlich auch in geerntetem Zustande bis zu ihrem Verfall noch atmungsfähig bleiben, in großen Mengen so zusammengehäuft werden, daß die Ausstrahlung der Wärme verhindert wird; unter solchen Umständen kommt die Atmungswärme in hohem Maße, und zwar um so mehr zum Vorschein, je mehr für Luft-, d. h. für Sauerstoffzufuhr gesorgt wird. Wir haben im vorigen Teil gesehen, daß bei den Süßpreßfutterverfahren diese Erscheinung insofern ausgenutzt wird, als die Futterpflanzen locker in die Konservierungsbehälter eingestreut werden, um dadurch große Lufträume für die Atmung zu

schaffen; dem gleichen Zweck sollte zum Teil auch die erwähnte von Kluge und Reich für die laue Vergärung vorgeschlagene hohle Unterlage des Futterstockes aus Holz mit Strohabdeckung dienen.

Niehe (4) gibt an, daß bei der Braunheugewinnung die Atmung der Pflanzen bei Überschreitung von 40° C aufhört, so daß also bei Temperaturen über 40° C die durch Atmungsprozesse des Pflanzenorganismus entstehende Wärme ausscheidet. Man darf wohl die Ermittlungen Niehes bei der Braunheugewinnung als allgemein gültig ansehen und deshalb auf andere Futterkonservierungsverfahren übertragen. Wenn auch nach Versuchsergebnissen der Anteil, in Temperaturgraden gemessen, welchen die Atmung der Pflanzen an der gesamten physiologischen Erwärmung nimmt, gering zu sein scheint und z. B. bei der Einsäuerung von Futter nur wenige Celsiusgrade beträgt, so spielt derselbe, wie später nachgewiesen wird, bei der Entwicklung der Gärungsprozesse im Futter doch keine unerhebliche Rolle.

Auf die Temperaturmessungen der totalen Selbsterwärmung von Grünfutter wird erst nach Behandlung der Erwärmung durch die Bakterientätigkeit einzugehen sein.

Stoff- und Kraftwechsel der Bakterien. Da die Gärungsorganismen Lebewesen sind, so bedingt ihre Existenz ebenso wie bei nieder oder höher organisierten Lebewesen einen Stoff- und Kraftwechsel, welcher in den meisten Fällen mit thermischen Veränderungen, und zwar entweder mit Wärmebildung oder Wärmeabsorption verbunden ist. Als ein wärmebildender oder exothermer Prozeß ist stets die Sauerstoffatmung, als ein wärmeabsorbierender oder endothermer Prozeß ist stets das Wachstum anzusehen. Da es nun anaerobe Organismen geben soll, so könnte man meinen, daß wenigstens diese Bakterienarten keine Wärmebildung, sondern nur Wärmeabsorption erzeugen. In Wirklichkeit überwiegen aber bei allen Gärungen die exothermen Prozesse, woraus folgt, daß bei den Gärungen noch andere exotherme Prozesse wie die der Sauerstoffatmung vor sich gehen müssen. In der Literatur sind nur vereinzelte Angaben ohne zuverlässige Bedeutung über exakte Messung von Temperatursteigerungen zu finden, welche ausschließlich auf exotherme Prozesse von Gärungsbakterien in Futterpflanzen zurückzuführen sind.

Physiologische Wärme. Bei der nun folgenden Darstellung der totalen physiologischen Selbsterwärmung beschränken wir uns auf saftige Blattpflanzen, welche für das Einsäuerungsverfahren von Futter im vorigen Teil aufgezählt worden sind. So spärlich auch exakte Versuche hierüber in der Literatur vorliegen, so zahlreich haben sich andererseits infolge des gesteigerten Interesses der Landwirtschaft an der Süßfuttergewinnung die Erfahrungsergebnisse aus der Praxis in den Veröffentlichungen der letzten Jahre angesammelt.

Es wird unsere Aufgabe sein, die Bedeutung der Selbsterwärmung für den Gärungsprozeß und die günstigsten Bedingungen für dieselbe an Hand der aus der Literatur vorliegenden praktischen Ergebnisse klarzulegen. In erster Linie sind hier die Mitteilungen des Direktors der Sächsl. Landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Leipzig-Möckern, Professor Dr. Fingerling, anzuführen, welcher durch Erfindung neuer analytischer Methoden der Erforschung des Futterkonservierungsproblems neue Wege gewiesen hat. Fingerling (2) berichtet, daß das Süßpreßfutterverfahren schon in den 70 er Jahren des vorigen Jahrhunderts von einem Engländer erfunden sei, indem sich dieser die Beobachtung zunutze machte, daß das Futter bei reichlicher Luftzufuhr, wenn es locker gelagert wird, durch Atmung der Pflanzen- und Bakterienzellen in kurzer Zeit auf eine Temperatur von 50° C gebracht werden kann; er erzielte, wie wir schon im vorigen Teil kennengelernt haben, auf diese Weise ein milchsaures „Süßfutter“, weil die schädlichen Gärungserreger der Butter- und Essigsäure bei einer Überschreitung ihres Maximums um etwa 5° C bzw. 15° C größtenteils abgetötet werden, während sich die der Konservierung dienlichen Milchsäurebakterien bei 50° C noch kräftig entwickeln. Die schnelle Erwärmung der eingelegten Futtermassen auf 50° C bezeichnet Fingerling als das wirksamste Mittel, die Bildung von Butter- und Essigsäure einzuschränken und damit das Zerstückwerk zu verhindern, welches die Butter- und Essigsäurebakterien in den Pflanzenorganismen anzurichten vermögen. v. Wendt (5) hat aus den Ergebnissen von etwa 40 Süßfutterbereitanlagen des Freistaates Sachsen ermittelt, daß sich bei der warmen Vergärung die unterste sogenannte „Heizschicht“ auf 50 bis 60° C erwärmt. In Ausnahmefällen, und zwar bei sehr

wasserhaltigem („nicht etwa regennassem“! der Verf.) Futter, wie bei Serradella und Rübenblättern, wurden in der untersten Schicht sogar Temperaturen von 60 bis 80° C erzielt. Die übrigen Schichtenlagen ergaben Temperaturen bis zu 45 oder 50° C. Bei der lauen Vergärung in Türmen blieb die Temperatur unter den obengenannten Graden. Für die Beurteilung der verschiedenartigen Gärungsvorgänge wäre es wünschenswert, wenn künftig bei der Veröffentlichung von Versuchen die Zeitdauer angegeben würde, innerhalb welcher die Höchsttemperaturen erreicht bzw. die Gärungsprozesse durch Absterben der Pflanzenorganismen bis zum gewissen Abschluß gekommen sind.

Fingerling macht noch besonders darauf aufmerksam, daß durch die stürmische Atmung der Pflanzenorganismen zugleich eine stürmische Oxydationsstätigkeit in den Pflanzenzellen hervorgerufen wird, indem sich ein Teil der Stärke in Zucker umwandelt; diesem Oxydationsprozeß schreibt Fingerling insofern eine günstige Förderung der Milchsäuregärung zu, als der so gebildete Zucker den Milchsäurebakterien oder den Fermenten die zur Entwicklung, d. h. zu ihrer Wärme erzeugung erforderliche Nahrung liefert. Auch Honcamp (1) ist der Ansicht, daß für eine üppige Entwicklung der Milchsäurebakterien genügend Zucker in dem einzufäuernden Futter vorhanden sein muß.

Als ein sehr wichtiges Mittel zur raschen Erzielung hoher Temperaturen wird nächst der Sauerstoffzufuhr die Verwendung von abgewelktem Futter angesehen, weil daselbe den richtigen Trockensubstanzgehalt aufweist. Es ist selbstverständlich, daß nasses Futter die Erwärmung schon insofern beeinträchtigt, als das von nassem Futter in die Konservierungsbehälter eingebrachte Wasser mit erwärmt werden muß, was einen Teil der erzeugten Wärmekalorien ohne Nutzen für den Gärungsprozeß absorbiert. Aus diesem Grunde soll nach Fingerlings Vorschrift das Futter bei der Süßpreßfutterbereitung auf einen Trockensubstanzgehalt von 30 bis 35% abgewelkt sein. Ein höherer Trockensubstanzgehalt der Pflanzen ist der Selbsterwärmung ebensowenig förderlich, wie ein niedrigerer, weil in den älter gewordenen und daher stark verholzten Pflanzen die Nährstoffe weniger leicht oxydierbar sind, so daß den Milchsäurebakterien die

Nahrung ausgeht. Soncamp (2) bezeichnet das Abwelken der Futterpflanzen als eine notwendige Voraussetzung für die Erzielung von 50° C in Süßpreßfütteranlagen; er weist aber zugleich darauf hin, daß das Abwelken insofern eine Erschwerung der Süßfuttergewinnung bedeutet, als das Verfahren dadurch ähnlich wie bei der Heugewinnung von der Witterung abhängig ist. Ein großer Nachteil zu stark verholzter Pflanzen ist aber noch darin zu erblicken, daß dieselben nach dem Absterben sperrig bleiben, daher nicht genügend zusammenfallen können und so die Evakuierung des Futterstocdes erschweren.

Bölk (3) macht darauf aufmerksam, daß die Atmung der zur Konservierung kommenden Pflanzenteile dadurch intensiv gefördert werden kann, daß man sie vor dem Einbringen in die Behälter zerkleinert, weil die auf diese Weise herbeigeführten zahlreichen Verletzungen die Atmung der noch weiterlebenden Pflanzenzellen beschleunigen; hierin besteht also noch ein besonderer Vorteil der Zerkleinerung nächst dem der schon früher genannten dichteren Packung des Futters.

Es darf zum Schluß nicht verschwiegen werden, daß alle von den Pflanzen erzeugte Wärmeenergie aus der Verbrennung von Nährstoffen bestritten wird und deshalb den Futterwert entsprechend herabsetzt.

Problem des elektrischen Widerstandes im Futter. Das Problem des elektrischen Widerstandes im Futter ist für den Techniker das interessanteste Problem, welches bei dem Studium der Futtermkonservierung auftritt.

Es scheint zunächst, als wenn das Problem des elektrischen Widerstandes im Futter nichts mit den Problemen der Gärung und Selbsterwärmung zu tun hätte und seine Behandlung deshalb nicht in diesen Teil gehörte. Das ist aber aus dem Grunde nicht richtig, weil der elektrische Widerstand, wobei hier nur der Ohmische, nicht etwa der induktive gemeint sein kann, lediglich als ein terminologischer Begriff für die geringere oder größere Fähigkeit einer Substanz, Elektrizität in Wärme umzusetzen, aufzufassen ist. Das Wesen des elektrischen Widerstandes ist noch ebenso unbekannt wie das Wesen des mechanischen Reibungswiderstandes. Da aber das elektrische Widerstandsproblem lediglich darauf hinausläuft, die Be-

dingungen zu untersuchen, welche für den Stromfluß durch das Futter, mit anderen Worten für die Wärmeerzeugung im Futter maßgebend sind, so findet die Erörterung dieses Gegenstandes doch seinen richtigen Platz in diesem Teil des Buches.

Das Problem besteht kurz darin, daß das Futter einen total variablen Widerstand aufweist, welcher im FutterstocK im wesentlichen von Wärme, Elektrolyse, Pflanzenstruktur, Nässe, Druck bzw. Packung und Feuchtigkeitsgrad des Futters beeinflusst wird. Der bei weitem ausschlaggebende Einfluß kommt hierbei der Wärme zu; dieselbe soll deshalb hier zunächst ausschließlich behandelt werden. Über die Leitfähigkeit frischer Futterpflanzen liegen noch keine exakten Versuchsergebnisse in der Literatur vor; es wird Aufgabe der Elektrotechnik sein, die Werte hierfür zu ermitteln. Man kann a priori annehmen, daß das Ohm'sche Gesetz $e = i \cdot w$ für organische Stoffe wenigstens in Differentialwerten so gut Gültigkeit besitzt wie für anorganische, wobei natürlich die durch Elektrolyse des Pflanzenjaftes bzw. der Futternässe entstehende gegenelektromotorische Kraft bei Gleichstrom mehr, bei Wechselstrom weniger zu berücksichtigen sein wird. Auch die bekannte Formel $i = s \cdot \frac{1}{q}$ dürfte bei organischen Substanzen Geltung haben; nur ist hierbei, wie schon oben gesagt, der Widerstandskoeffizient s ein schwieriges Objekt. Die Zellsubstanz des Pflanzenorganismus besteht hauptsächlich aus Holzfaserstoff und Wasser. Während nun Holzfaserstoff zwar in trockenem Zustande nicht elektrisch leitend ist, kann er in feuchtem Zustande als gutleitend gelten, wie feuchte Leitungsmaße beweisen. Hiernach müßte man mit einem gewissen Anspruch auf Richtigkeit folgern dürfen, daß frische, saftreiche Pflanzen gut leitend, ausgetrocknete Pflanzen dagegen schlecht leitend seien. Hier schlägt uns aber die Natur ein Schnippchen, indem sie es gerade umgekehrt eingerichtet hat, wie wir glauben schließen zu müssen: frische Futterpflanzen leiten nämlich den elektrischen Strom gar nicht, während ausgetrocknete, abgewelkte Pflanzen mehr oder weniger leitfähig sind. Schweizer (1) berichtet, daß eine Futtersticht von 50 cm Stärke aus nicht gehäckseltem frischen Gras den elektrischen Strom erst bei einer Spannung von etwa 8000 Volt leitete.

Die wissenschaftliche Lösung des Problems hat ergeben, daß die Ursache dieses paradoxen Verhaltens der frischen Pflanzen in etwas anderem als in der Zusammensetzung des Pflanzenstoffes, nämlich in einer stromundurchlässigen Wachsschicht mit feinen Härchen auf Blatt- und Stengeloberflächen der Pflanzen zu suchen ist. Man nennt diese Oberflächenschicht, welche einen Schutz der Pflanzen gegen äußere Einflüsse bedeutet sowie wärmeerhaltend wirkt, und welche bei Menschen und Tieren, wenn auch in etwas anderer Beschaffenheit, auch vorhanden ist, die „Epidermis“. Der Hauptanteil an der Nichtleitfähigkeit der Epidermis ist im Futterstod den Wachsschichten, ein ganz unbedeutender Teil den Härchen zuzuschreiben, weil Wachs bekanntlich ein sehr schlechter elektrischer Leiter ist, während die Härchen infolge des Druckes, unter dem die Pflanzen in dem Futterbehälter stehen, unwirksam werden.

Beseitigt man die Wachsschichten, z. B. durch Erwärmung des Futters, d. h. durch Wegschmelzen, was bei Austrocknung der Pflanzen von selbst geschieht, so sinkt der Futterwiderstand sogleich auf kleine Werte herab. Es gibt aber außer dem Wegschmelzen der Wachsschichten noch zwei andere Möglichkeiten, die Pflanzenstoffe besser leitend zu machen. Die eine besteht in der festen Packung des Futters im Silo, deren günstige Wirkung ohne weiteres einleuchtet und daher keiner näheren Erklärung bedarf; demgemäß wird das Futter bei der elektrischen Konservierung, wie wir am Schluß des ersten Teiles schon gesehen haben, nach dem lauen Vergärungsverfahren im Silo fest eingestampft. Die weitere Möglichkeit, die Leitfähigkeit eines Futterstodes zu verbessern, besteht darin, daß man die Pflanzen vor der Silage zerkleinert. In diesem Falle bilden die Wundflächen den Leitungsquerschnitt der Pflanzen und der elektrische Widerstand des Futters wird etwa im Verhältnis von Schnittwundflächen zu Epidermisflächen herabgesetzt, d. h. die Leitfähigkeit des Futters wächst um so mehr, je kleiner das Futter gehäckselt bzw. je gründlicher es gerissen ist.

Wir bemerkten schon, daß Holzfaserstoffe an sich schlecht leitend sind; hieraus folgt, daß die Pflanzen mit starkem Holzstoffbestand auch in zerkleinertem Zustande immer weniger leitend sind wie solche mit geringem Holzstoffbestand; das zeigt sich deutlich bei der Gegen-

überstellung von z. B. Comfrey, Johannisroggen, Mais einerseits und Luzerne, Krotklee, Zuckerrübenblättern anderseits.

Stellen wir nun auf Grund der vorstehenden Ausführungen eine Betrachtung darüber an, welchen Verlauf die Stromkurve nach der Einschaltung des Stromkreises durch den Futterstock eines Silos nehmen muß, so kann vorausgesagt werden, daß die Stromstärke zunächst je nach dem Grad der vorgenommenen Zerkleinerung des Futters größer oder geringer sein wird, daß sie aber stark anwächst und sehr groß werden muß, sobald durch Selbsterwärmung oder durch die vom elektrischen Strom erzeugte physikalische Wärme die Wachsichten nach und nach fortschmelzen und verschwinden. Dieser Vorgang wird durch die Praxis voll und ganz bestätigt; hierbei ist nur noch zu berücksichtigen, daß äußere Feuchtigkeit der Futterpflanzen wie Regennässe den Widerstandsbeffizienten noch wesentlich beeinflusst, indem der Widerstand um so mehr herabgesetzt wird, je größer der Feuchtigkeitsgrad ist und umgekehrt. Gehäckseltes Futter, welches trocken in den Silo eingebracht ist, wird stromleitend, sobald man den Futterstock mit Wasser begießt; die Leitfähigkeit des Futters nimmt sogar stark zu, wenn man etwa dem Wasser noch eine schwache Koch- oder Viehzalzlösung beimischt. Anderseits versteht es sich hiernach von selbst, daß man umgekehrt die Leitfähigkeit von regennassem Futter herabsetzen kann, indem man trockenes Strohhäcksel in das Futter einstreut. Ein solches Verfahren ist aber gefährlich, weil man durch Strohhäcksel dem Futter einen Fäulniserreger zusetzt, indem die in den hohlen Strohhalmern befindliche Luft auch unter starkem Druck des Futterstockes während und nach der Silage nicht entweicht und auf diese Weise eine faulige Gärung des Strohs hervorruft, welche das Futter zum mindesten unschmackhaft machen kann.

Es bedarf nach Voraufgegangenem kaum der Erwähnung, daß das Futter nach Eintritt des Zellenzerfalles, d. h. etwa bei 40 bis 50° C, wobei es auf zwei Drittel seines Volumens und weniger zusammensinkt und dabei eine weiche Masse bildet, gar keinen elektrischen Widerstand mehr besitzt.

Das Problem des elektrischen Widerstandes im Futter ist hiernach zwar wissenschaftlich gelöst, aber es ist damit noch nicht auch

praktisch gelöst. Die praktische Lösung soll der Behandlung im nächsten Teil vorbehalten bleiben; es sei hier aber schon die Problemstellung für sie gegeben; dieselbe gipfelt in der Frage: Wie kann der Futterstrom reguliert werden? Die oben angegebenen Mittel des Zerkleinerns der Futterpflanzen und des Strohhäckselzusatzes können nicht als Lösungen gelten, weil durch sie der Futterwiderstand lediglich einmal, und noch dazu ganz ungewiß und unbestimmbar und bei Anwendung des zweitgenannten Mittels sogar mit gefährlicher Nebenwirkung beeinflusst werden kann.

Die Behandlung des Widerstandsproblems in diesem Teil wird, wie oben gesagt, erst gerechtfertigt sein, wenn auch die Wärmewirkung des elektrischen Stromes, welche wir mit „Futterstromwärme“ bezeichnen wollen, erörtert wird.

Es ist klar, daß die Futterstromwärme an den Stellen des Futters direkt erzeugt wird, an welchen der elektrische Widerstand auftritt; da sich nun aber der elektrische Widerstand bis in die feinsten Zellgewebe der Futterpflanzen nahezu gleichmäßig verteilt, so darf angenommen werden, daß auch die Futterstromwärme gleichmäßig auftritt. In dieser Erscheinung liegt eine große, wenn nicht überhaupt die größte Bedeutung, welche dem Futterstrom beizumessen ist. Man bedenke hierbei, daß Grünfutter eher ein Wärmeisolator als ein Wärmeleiter ist, so daß jede andere künstliche Erwärmung von Silofutter ungleichmäßig vor sich gehen muß. Aber gerade in einer möglichst gleichmäßigen Erwärmung mit entsprechend praktischer Dosis liegt nächst ihrer Beschleunigung die sicherste Gewähr für das gute Gelingen einer Silage.

Wir kommen nun zur Berechnung der Futterstromwärme und der hiermit zusammengehörigen elektrischen Leistungen und Arbeiten. Indem wir zum Unterschied von der Selbsterwärmung des Futters allgemein jede künstlich dem Futter zugeführte Wärme — mit Ausnahme der Außentemperatur — mit „Zusatzwärme“ bezeichnen, haben die nachfolgenden Berechnungen nicht nur für die Anwendung von Futterstromwärme, sondern für jede künstliche Erwärmung eines Futterstocks Gültigkeit, wobei alsdann die Werte für die elektrische Leistung einfach durch andere Energiewerte zu ersetzen sind. Diese Berechnungen sollen hier in zweifacher Weise

vorgenommen werden, und zwar einmal sozusagen „unwissenschaftlich“ durch Aufstellung von Faustformeln, welche natürlich nur bedingten Wert haben, das zweite Mal aber wissenschaftlich unter Berücksichtigung aller der Kräfte, welche eng verkettet in fortgesetzter Wechselwirkung die beobachteten Temperaturen hervorbringen. Der Verfasser würde von der Veröffentlichung von Faustformeln ganz absehen, wenn nicht die Resultate aus den hier aufgestellten Formeln unter normalen Verhältnissen stets ungünstiger ausfielen, wie es in Wirklichkeit der Fall ist, so daß die wirklichen Ergebnisse gegenüber den vorher angestellten Berechnungen keine Enttäuschungen bereiten; diese Bedingung sollte überhaupt immer die erste Voraussetzung für die Zulassung von Faustformeln in der Praxis sein.

Zunächst werden die Faustformeln gegeben und dann, allerdings erst unter der folgenden Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Teiles zu einem Gesamturteil, die wissenschaftliche Darstellung der Gesamtwärme.

Faustformeln. Die Wärmekapazität bzw. spezifische Wärme des Futters ist verschieden, je nachdem das Futter saftreich oder saftarm ist. Werte hierfür sind in der Literatur nicht bekannt und wären noch durch exakte Versuche zu bestimmen. Für die Süßfutterbereitung kommen hauptsächlich saftreiche Futterpflanzen zur Verwendung, deren Wärmekapazität etwa gleich 1,1 gesetzt werden kann. Das kalorische Äquivalent von einer Kilowattstunde ist rund gleich 860 Kalorien.

Es sollen nun folgende beiden für rohe Überschlagsrechnungen erfahrungsgemäß zulässigen Annahmen gemacht werden:

1. Die physiologische Wärme soll quantitativ weder direkt noch indirekt durch den elektrischen Strom verändert werden.
2. Bei gleichbleibendem Sauerstoffgehalt im Futterstock soll die physiologische Wärme, welche die Pflanzen von ihrem frisch eingebrachten Zustand bis zu ihrem Zerfall entwickeln, konstant, d. h. unabhängig von der Zeitdauer des Absterbens der Pflanzenzellen sein, so daß man also unter gleichen Futterverhältnissen die Endtemperatur der physiologischen

Erwärmung am Schluß einer **lauen Vergärung** gleich derselben bei der Beendigung einer elektrischen Silage setzen kann.

Es ist hier aus später noch näher ersichtlichen Gründen die laue Vergärung zum Vergleich herangezogen worden, weil bei ihr ebenso wie bei der elektrischen Silage das Futter beim Einfüllen in den Silo sofort eingestampft wird, so daß insofern bei beiden Verfahren gleiche Futterstockverhältnisse vorliegen.

Es mögen nun folgende Zeichen gelten:

F = Eingebachte Futtermenge in Zentnern,

T = Dauer der elektrischen Silage in Stunden,

t_s = Endtemperatur eines Futterstockes bei der lauen Vergärung mit ausschließlicher Selbsterwärmung in ° C,

t_e = Endtemperatur desselben Futterstockes bei der elektrischen Silage durch Selbsterwärmung und Zusatzwärme durch elektrischen Futterstrom in ° C,

L = Elektrische Leistung in Kilowatt,

A = Elektrische Arbeit in Kilowattstunden,

a = Elektrische Arbeit in Kilowattstunden je Zentner Frischfutter.

Es ergeben sich dann nachstehende für die Praxis hinreichende Faustformeln ohne Anspruch auf wissenschaftliche Richtigkeit:

$$1) \quad A = \frac{F \cdot (t_e - t_s)}{15}$$

$$2) \quad L = \frac{F \cdot (t_e - t_s)}{T \cdot 15}$$

$$3) \quad F = \frac{15 \cdot L \cdot T}{t_e - t_s}$$

$$4) \quad a = \frac{t_e - t_s}{15}$$

Folgendes Beispiel mag die Anwendung der Faustformeln erläutern: Es soll durch physikalische Einwirkung des elektrischen Stromes auf einen Futterstock, welcher in einer Schicht von etwa 2 m nach den Regeln für die laue Vergärung eingebracht ist, innerhalb einer Silagedauer von 24 Stunden eine Futtermenge von 180 Ztr., welche mit einer Anfangstemperatur von etwa 20° C in den Silo

gefüllt ist, auf 45° C erwärmt werden. Auf Grund von Erfahrungen darf angenommen werden, daß die physiologische Wärme des Futters bei der Sauvergärung die Temperatur des Futterstocdes um 15° C erhöht, d. h. auf eine Temperatur von 35° C bringt. Unter den oben-gemachten beiden Annahmen müßte dann der elektrische Strom eine Zusatzwärme erzeugen, welche eine Temperaturerhöhung des Futterstocdes um weitere 10° C über die physiologische Selbst-erwärmung hinaus bewirkt. Aus Gleichung 2) ergibt sich hierfür eine Durchschnittsleistung der Elektrizität von

$$L = \frac{180 \cdot 10}{24 \cdot 15} = 5 \text{ kW.}$$

Die insgesamt aufzuwendende elektrische Arbeit betrüge

$$A = \frac{180 \cdot 10}{15} = 120 \text{ kW-Stunden.}$$

Die für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sehr wichtige spezifische elektrische Arbeit je Zentner Futter betrüge im vorliegenden Falle

$$a = \text{rund } 0,7 \text{ kW-Stunden.}$$

Gesamturteil. Wenn wir nun die Ergebnisse der Studien über die Probleme der Gärung, der Selbstwärmung und des elek-trischen Widerstandes im Futter resümierend zu einem Gesamturteil in bezug auf die Vorgänge bei der Süßfutterbereitung mittels Elek-trizität zusammenfassen, so dürfen wir folgende Schlüsse ziehen, welche wertvolle Fingerzeige für dieses Einsäuerungsverfahren geben:

1. „Über die Anaerobiose.“ Die scheinbare obligate Aero-biose der Essigsäurebakterien und die scheinbare fakultative Anaerobiose der Milchsäurebakterien zwingt zu der Forderung, durch eine feste Packung des silierten Futters für eine möglichst weit-gehende Evakuierung des Futterstocdes und einen möglichst voll-kommenen Luftabschluß desselben Sorge zu tragen; den gleichen Schluß konnten wir früher schon aus den Ergebnissen des im ersten Teil beschriebenen Einweckverfahrens ziehen.

2. „Über die Atmungswärme.“ Wenn angenommen werden darf, was noch durch Versuche zu belegen sein würde, daß die At-mungstätigkeit der Pflanzenzellen bei niederen Außentemperaturen

die gleiche ist wie bei höheren Außentemperaturen, so muß sich für die Temperatursteigerung, die durch den reinen Atmungsprozeß der Pflanzen hervorgerufen wird, in der Zeit eine ungefähr geradlinig ansteigende Kurve ergeben, weil in gleichen Zeiträumen bei gleichen Verbrennungsprozessen gleiche Wärmeenergien frei werden. Es geht schon aus früherem hervor, daß hierbei ein Korrektur-

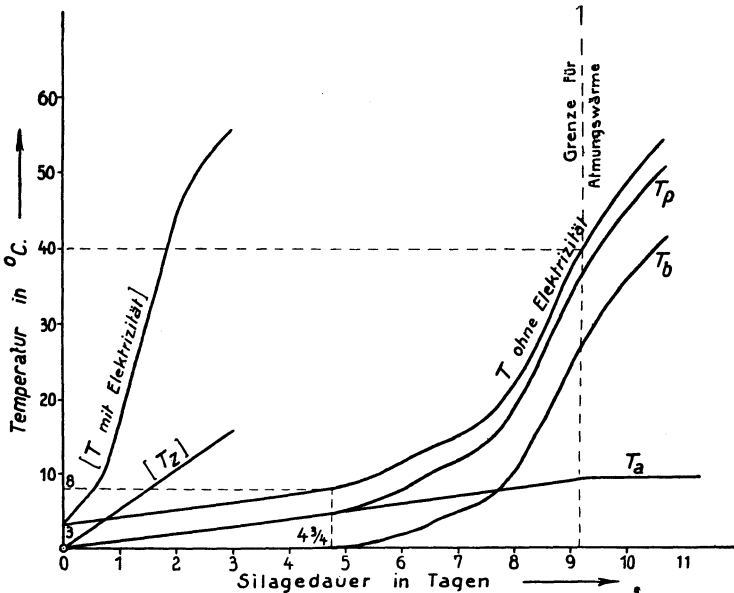


Abb. 1. Temperaturkurven bei lauer Vergärung.

Koeffizient einzusetzen ist, welcher sich aus dem Fortschritt des Zellabbaues der Pflanzen während des Gärungsprozesses ergibt und bei etwa 40°C = Null sein muß. Die Kurve T_a in Abb. 1 mag ohne Anspruch auf Richtigkeit die mittlere Temperaturkurve für die reine Almungswärme der Pflanzen eines Futterstalles bei lauer Vergärung sein.

3. „Über die Bakterienwärme und über die physiologische Wärme.“ Wir haben gesehen, daß die Gärung bei einer Temperatur von etwa 8°C mit Essigsäurebildung beginnt, periodisch die Kardinalpunkte der drei Gärungserreger mit einer gewissen Phasenverschiebung

der einzelnen Bakterienarten nacheinander durchläuft, die Lebensbedingungen durch Temperaturerhöhung für die folgende Art schaffend bzw. für die vorangegangene vernichtend, schließlich bei dem Optimum für die Milchsäureerreger endigt, wo sie durch Pflanzenzerfall und Pressung des Futterstoffs abgebrochen wird.

Bei der hohen Bedeutung, welche die soeben skizzierten Vorgänge der Bakterientätigkeit bei der Futterkonservierung haben, mag der Versuch berechtigt sein, diese Vorgänge, wenn auch ohne Anspruch auf Richtigkeit, nomographisch zur Darstellung zu bringen. Es sei besonders betont, daß es dem Verfasser hierbei lediglich auf die Feststellung der Methodik für derartige Untersuchungen ankommt, so daß die nachfolgenden Kurvenblätter nur einen Richtwert, aber keinen Richtigkeitswert besitzen sollen.

Zunächst ein Wort über die „Nomographie“! Der Verfasser hat sich im Jahre 1921 mit diesem Zweig der angewandten Mathematik eingehend beschäftigt und wird demnächst Veröffentlichungen hierüber erfolgen lassen; er ist zu der Ansicht gekommen, daß die Nomographie künftig in der Technik und in den ihr verwandten Fächern bezüglich praktischer Auswertung der Mathematik für Problemlösungen eine wichtige Rolle spielen wird, wenn erst ihre Bedeutung in breiter Öffentlichkeit genügend bekannt geworden ist. Der Verfasser erblickt den durch keine andere Rechenmethode gebotenen Hauptvorteil der Nomographie darin, daß die mit ihr entwickelten Kurvenscharen insofern immer teleologisch charakterisiert sind, als alle Funktionen naturgesetzmäßig verlaufender Prozesse gemäß der Regel: „natura non fecit saltus“ notwendig Stetigkeit aufweisen müssen, welche in Kurven am klarsten zum Ausdruck kommt. Die nachfolgenden nomographischen Berechnungen mögen zur Bestätigung des Borgefügten dienen.

In Abb. 2 soll die Lebenstätigkeit der Masseneinheit von Essigsäurebakterienarten unter den für diese Art spezifisch günstigsten Lebensbedingungen durch die Kurve A_0 dargestellt sein; diese Kurve möge die „Haupt-Lebenstätigkeitscharakteristik“ für Essigsäurebakterien heißen, wobei die Einheit der wichtigsten Masse der bei der Futterkonservierung auftretenden Essigsäurebakterien gemeint sein soll. Die Abzisse in Abb. 2 ist nach Futtertemperaturen in ° C

eingeteilt; die Ordinate gibt das kalorische Arbeitsäquivalent der Lebensstätigkeit dieser speziellen Masseneinheit von Essigsäurebakterienarten in Momentanwerten an.

Kalorisches Arbeitsäquivalent der Lebensstätigkeit von Masseneinheiten einer Bakteriengattung in Momentanwerten.

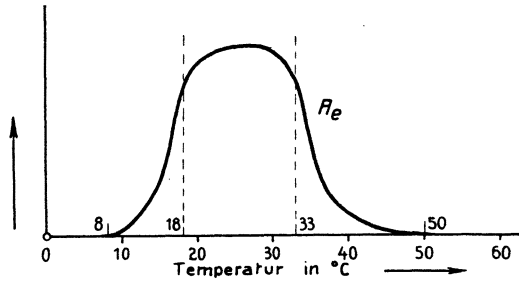


Abb. 2. Haupt-Lebensstätigkeitscharakteristik von Essigsäurebakterien.

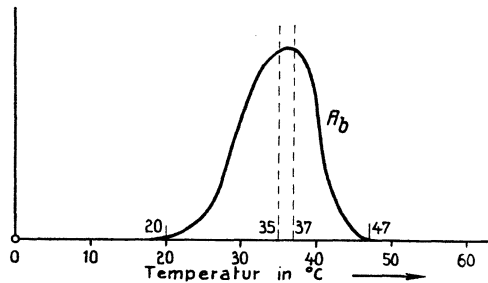


Abb. 3. Haupt-Lebensstätigkeitscharakteristik von Buttersäurebakterien.

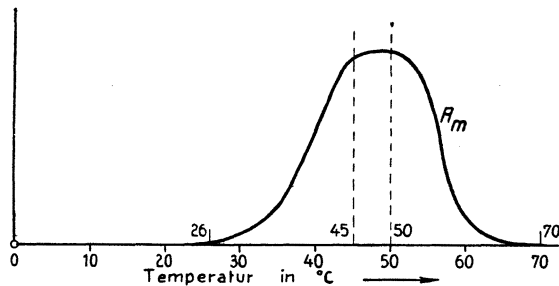


Abb. 4. Haupt-Lebensstätigkeitscharakteristik von Milchsäurebakterien.

Es soll angenommen werden dürfen, daß das kalorische Arbeitsäquivalent in Momentanwerten für alle Bakteriengattungen inner-

halb der ihnen eigenen Kardinalpunkte unter Voraussetzung spezifisch gleicher, nämlich der für jede Art günstigsten formalen Lebensbedingungen auch das gleiche sei; bezeichnet man zum leichteren Verständnis der Definitionen den Güstigkeitsgrad der formalen Bedingungen für das Wachstum (ausschließlich der Wärme) einer Gattungsmasseneinheit von Bakterienarten mit dem Namen „spezifische Gärungsfreudigkeit“ des betreffenden Futters, z. B. Essig-, Butter- und Milchsäure-Gärungsfreudigkeit, so kann der vorige Satz lauten: Das kalorische Arbeitsäquivalent für alle Bakteriengattungen sei innerhalb der ihnen eigenen Kardinalpunkte gleich, wenn die spezifische Gärungsfreudigkeit des Futters für sie dieselbe ist.

In Abb. 3 soll A_b die Haupt-Lebenstätigkeitscharakteristik für die Masseneinheit der Butterjäurebakteriengattung, in Abb. 4 soll A_m die der Milchsäurebakteriengattung darstellen.

Es sei darauf hingewiesen, daß der Verfasser zur Vermeidung von Mißverständnissen diese drei Hauptcharakteristiken absichtlich nicht auf ein Kurvenblatt gebracht hat, um die Trennung der unterschiedlich spezifischen Gärungsfreudigkeiten der Futterforten für jede Bakteriengattung ausdrücklich darzutun. In einem Futterstod werden die Lebensbedingungen für die Gärungsbakteriengattungen und ihre Arten ganz verschieden ausfallen, und es fragt sich, ob in jedem Futter überhaupt immer der Fall der größten spezifischen Gärungsfreudigkeit für irgendeine Bakterienart vorliegt.

Sehen wir nun die Verhältnisse in einem ganz bestimmten Futterstod voraus, so mögen für diesen Fall die spezifischen Gärungsfreudigkeiten für die Masseneinheiten von Essig-, Butter- und Milchsäurebakterien bekannt sein; alsdann lassen sich hierfür die Charakteristiken der genannten drei Bakteriengattungen in einem Kurvenblatt darstellen; diese Kurven mögen schlicht „Lebenstätigkeitscharakteristiken“ mit Bezug auf einen bestimmten Fall heißen. Da es hier nur auf die Methodik ankommt, braucht der angenommene Fall nicht näher erläutert zu werden.

Für die weiteren nomographischen Berechnungen wollen wir als bestimmten Fall die Einsäuerung von Zuckerrübenblättern bei lauer Vergärung zugrunde legen, und zwar deshalb, weil, wie

im ersten Teil schon auseinandergesetzt ist, die Packung des Futterstoffs bei der lauen Vergärung mit der bei der elektrischen Silage übereinstimmt, so daß dieser für die Darstellungen der Bakterienwärme und demnächst der physiologischen Wärme benutzte „bestimmte Fall“ und die hierbei ermittelten Ergebnisse ohne weiteres später auch als Unterlagen für die Behandlung der Zusatzwärme von Futterstrom dienen können, wenn zugleich auch dasselbe Futtermaterial (Zuckerrübenblätter) gewählt wird.

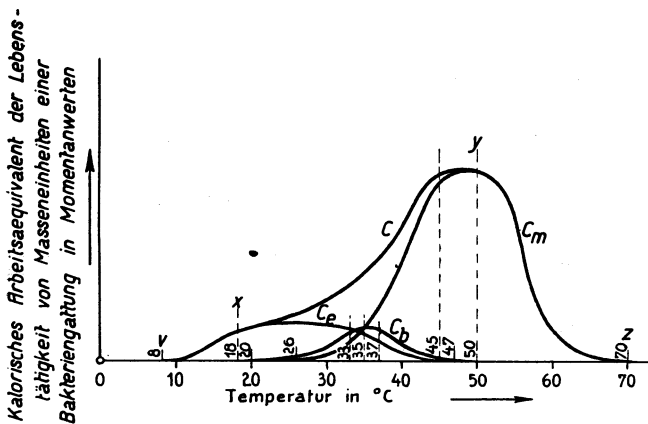


Abb. 5. Lebenstätigkeitscharakteristiken für einen bestimmten Fall.

Abb. 5 soll etwa die Lebenstätigkeitscharakteristiken C_e , C_b , C_m für Flüssig-, Butter- und Milchsäurebakterien bei der zugrunde gelegten lauen Vergärung von Zuckerrübenblättern, sowie die Resultierende dieser drei Kurven in Kurve C wiedergeben; Kurve C verläuft von v bis x mit C_e und von y bis z mit C_m gemeinsam.

Da angenommen wird, daß die durch die Lebenstätigkeit der Bakterien erzeugte Wärmemenge dieser selbst cum grano salis proportional ist, so würden die Lebenstätigkeitscharakteristiken zugleich die Wärmeenergiekurven in Momentanwerten während der Silage für die betreffenden Gattungseinheiten darstellen, wenn die Temperaturzunahme gemäß der Abszisseneinteilung in Abb. 2, 3, 4 und 5 geradlinig vor sich ginge; das ist aber im FutterstocK nie der Fall.

Um weiter zu kommen, muß in diesem Falle eine schon bekannte Temperaturkurve aus der lauen Vergärung von Zuckerrübenblättern zu Hilfe genommen werden; Kurve T in Abb. 6 möge eine solche aus der Praxis mit einer Anfangstemperatur von etwa 3° C in Abhängigkeit von der Silagedauer darstellen.

Jetzt läßt sich aus C in Abb. 5 unter Verwendung der Temperaturkurve T in Abb. 6 die Resultierende der Wärmekurven der drei Bak-

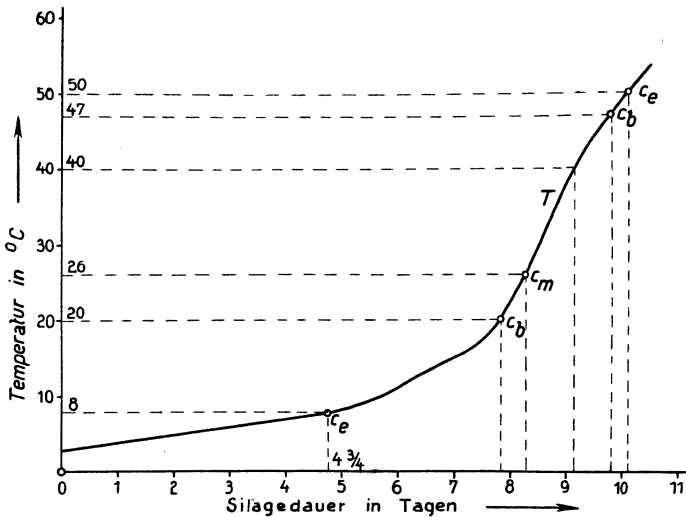


Abb. 6. Temperaturkurve einer lauen Vergärung.

teriengattungen in Momentanwerten für den angenommenen Fall mit der Silagedauer als Abszisse konstruieren; die charakteristischen Punkte für die aufzustellende Wärmekurve sind in T eingetragen und mit den entsprechenden Zeichen der zugehörigen Charakteristiken versehen. In Abb. 7 ist die so konstruierte Wärmekurve durch w dargestellt. Die Abszisse gibt für w die Silagedauer in Tagen, die Ordinate die durch die Lebenstätigkeit erzeugte Wärmemenge in kg-Kalorien als Momentanwerte wieder. Aus dieser Wärmekurve w ergibt sich nun ohne weiteres durch Integration ihrer Kurvenfläche die zugehörige Temperaturkurve, welche zunächst in ihrem Verlauf unmaßstäblich aus der Integration als Kurve b in Abb. 7 eingezeichnet ist; in Abb. 1 ist die Kurve b alsdann unter Zugrunde-

legung einer Wärmekapazität des Futters von 1,1 maßstäblich durch die Kurve T_b dargestellt.

Die mittlere Gesamttemperatur des Futterstocdes im vorliegenden Fall, welche durch physiologische Wärme erzeugt wird, ist in Abb. 1 durch die Resultierende T_p aus T_a und T_b wiedergegeben. Durch senkrechte Parallelverschiebung von T_p um die Anfangstemperatur $= 3^\circ \text{C}$ erhält man nun ohne weiteres die Gesamttemperaturkurve

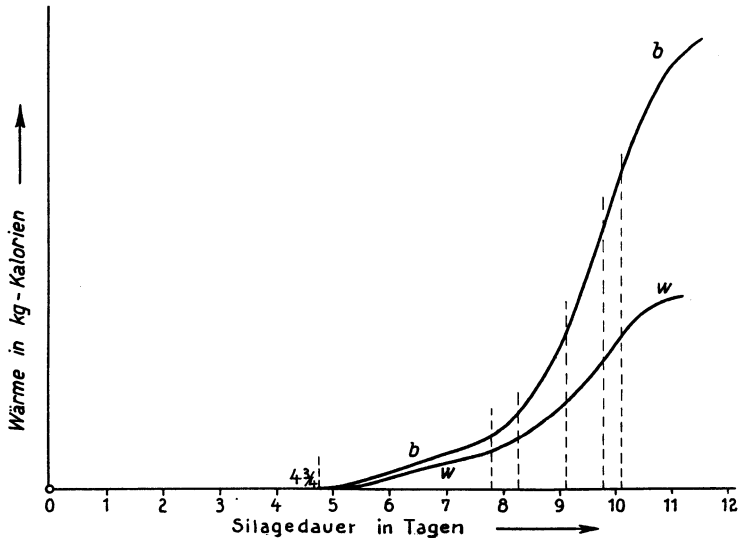


Abb. 7. Wärmekurven aus Bakterientätigkeit bei einer lauen Vergärung.

T des Futters. Die Kurve T in Abb. 1 wird mit der Temperaturkurve T in Abb. 6 um so besser übereinstimmen, je genauer die verwendeten Charakteristiken der Gärungserreger den Verhältnissen des Zuckerrübenstocdes entsprechen, dessen laue Vergärung zur Konstruktion der Kurven herangezogen worden ist; mit anderen Worten kann man die soeben vorgesehrte nomographische Rechnung dazu benutzen, um reziprok operierend die Kurve C in Abb. 5 für einen bestimmten Fall zu ermitteln bzw. bis zu beliebiger Genauigkeit zu korrigieren.

Auf die Einwirkung veränderlicher Außentemperatur während der Silagedauer braucht in den Rechnungen keine Rücksicht genommen

zu werden, weil bei der sehr schlechten Leitfähigkeit von Futterstoffen eine direkte Beeinflussung der Erwärmungsvorgänge von außen während der Gärung als mehr oder weniger ausgeschlossen zu bezeichnen ist. Die Anfangstemperatur des Futters zu Beginn einer Silage, welche, wie wir den Kurven schon entnehmen können, für den ganzen Verlauf derselben von großer Wichtigkeit ist, mag im folgenden stets als Konstante für die Silagedauer mit K bezeichnet werden.

4. „Über die Zusatzwärme und über die Gesamtwärme.“

Nehmen wir an, es ließe sich der Futterstrom während der Silage auf eine nahezu gleichbleibende Stromstärke regulieren, so wird die Charakteristik der Zusatzwärme durch eine steigende gerade Linie dargestellt, wie sie in Abb. 8 als Kurve T_z eingetragen ist. Der Einfluß der Zusatzwärme auf die Umgestaltung bzw. Verschiebung der Selbsterwärmungscharakteristik, welche die Kurve T_p in Abb. 1 für einen bestimmten Fall wiedergibt, ist für unsere vorliegende Arbeit von entscheidender Bedeutung.

Will man diesen wichtigen Einfluß der Zusatzwärme durch Elektrizität auf den ganzen Gärungsprozeß einer Silage, z. B. der oben zugrunde gelegten lauen Vergärung von Zuckerrübenblättern nomographisch ermitteln, so müßte man folgendermaßen verfahren: Zunächst beschränke man die Konstruktion auf 36 Stunden Silagedauer, weil erfahrungsgemäß bei der elektrischen Silage im allgemeinen erst nach dieser Zeit die Temperatur von 40°C erreicht wird, so daß bis dahin für die Temperaturkurve aus Atmungswärme annähernd noch eine geradlinige Zunahme ohne Abfall angenommen werden kann.

Wie oben schon auseinandergesetzt ist, kann man die im vorigen Absatz dargestellten Kurven ohne weiteres für die Berechnungen in diesem Absatz verwenden, weil hier wie dort eine feste Packung des Futterstodes sowie gleiches Futtermaterial, d. h. also gleiche äußere Verhältnisse sowohl für die Atmung der Pflanzen als auch für die Lebenstätigkeit der Bakterien vorliegen.

Man übernehme also die Temperaturkurve T_a in Abb. 1 innerhalb der Abzisse von 0 bis 36 Stunden auf die Abb. 8. Addiert

man dann die beiden Kurven T_a und T_z , so erhält man T_r . Aus T_p entnehmen wir die Anfangstemperatur des Futters von $K =$ etwa 3°C und verschieben dementsprechend die Gerade T_r nach oben, so daß

$$T_s = K + T_a + T_z$$

entsteht.

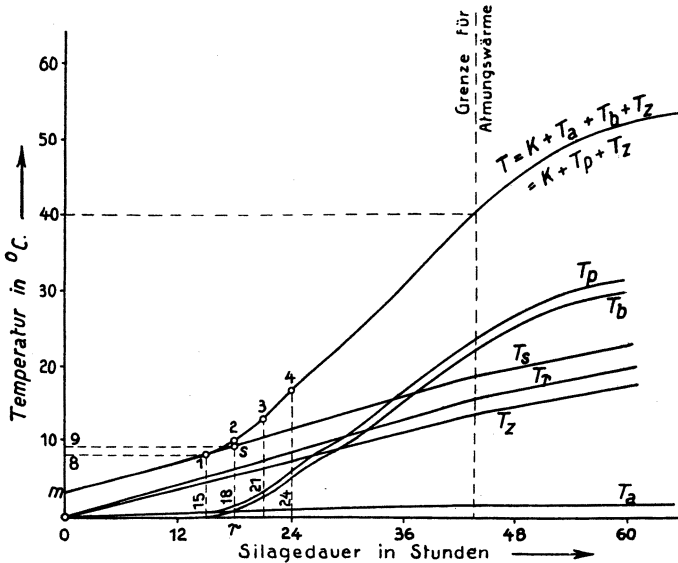


Abb. 8. Temperaturkurven bei Vergärung mit Elektrizität.

Die gesuchte Temperaturkurve der bei der elektrischen Silage entstehenden Gesamtwärme im Futterstocf

$$\begin{aligned} 5) T &= K + T_a + T_b + T_z \\ &= T_s + T_b \end{aligned}$$

läßt sich jetzt Stunde für Stunde punktweise mit Hilfe der Interpolation folgendermaßen konstruieren: Das Stück m bis 1 der Kurve T in der Zeitabzisse von 0 bis 15 Stunden muß mit T_s zusammenfallen. Nun greift man auf Kurve C in Abb. 5 zurück; nimmt man dabei der Einfachheit halber an, daß sich die Lebenstätigkeit der Bakterien während sechs Stunden nicht wesentlich verändert, so findet man die Punkte 2, 3, 4 usw. von T für 18, 21, 24 Stunden usw., indem man zuerst zur Bestimmung des Punktes 2 die Temperatur $r_s =$ etwa 9°C (Abb. 8) als Durchschnittstemperatur für die Zeitdauer

von der 15. bis 21. Stunde annimmt und die ganze früher angegebene mathematische Operation, ausgehend von Kurve C in Abb. 5, über Kurve w und Kurve b in Abb. 7 bis Kurve T_b in Abb. 1 durchführt, den so erhaltenen Durchschnittswert von T_b im Abszissenpunkt 18 auf die Kurve T_s aufsetzt und alsdann den so ermittelten Punkt 2 der Kurve T für die nächste gleichartige Operation zur Bestimmung von Punkt 3 verwendet usw. Zu beachten ist bei der weiteren Konstruktion der Kurve T, daß bei $40^\circ C$ die bis dahin geradlinig verlaufende Kurve T_a umbogen werden muß und weiterhin parallel zur Abszissenachse verläuft.

Die Kurve von der Gleichung

$$T = K + T_a + T_b + T_z$$

in Abb. 8 ist auf die soeben ange deutete Weise ermittelt worden.

Aus den nunmehr vorliegenden Temperaturkurven in Abb. 8 ergeben sich rückwärts die Temperaturkurven T_b aus Bakterienwärme durch Subtraktion von T und T_s , sowie die Temperaturkurve T_p aus physiologischer Wärme durch Addition von T_a und T_b . Die vorstehende Gleichung für T kann hierdurch auch folgende Form erhalten:

$$T = K + T_p + T_z.$$

Da der Hauptzweck dieser nomographischen Berechnungen darin besteht, den wesentlichen Einfluß der Zusatzwärme auf den Gärungsprozeß einer Futterzilage anschaulich zu machen, so muß nun noch die Kurve T aus Abb. 8 nach Abb. 1 übertragen werden, was hier geschehen ist. Der Unterschied im Verlauf der Kurve T für Ginfäuerung ohne Elektrizität und der Kurve T für Ginfäuerung mit Elektrizität ist erstaunlich, wenn man bedenkt, daß derselbe durch die verhältnismäßig unscheinbare Temperaturkurve T_z der Zusatzwärme allein hervorgerufen worden ist. Während bei der lauen Vergärung (Abb. 1) der Gärungsprozeß in den Temperaturgrenzen von 3 bis $40^\circ C$ mehr als 9 Tage dauert, wird derselbe durch den Einfluß der Zusatzwärme aus Futterstrom (Abb. 8) auf knapp 2 Tage d. h. um 7 Tage abgekürzt, so daß gemäß den Vorschriften für die warme Vergärung eine wesentliche Beschleunigung des Pflanzenzerfalls durch Anwendung von Elektrizität jedenfalls erreicht wird. Der besseren Veranschaulichung dieses überraschenden

Phänomens wegen ist T_z auch in Abb. 1 übertragen worden. Man hat sich hiernach vorzustellen, daß der elektrische Strom bei dem elektrischen Futterkonservierungsverfahren nur einen kleinen Teil der Wärme liefert, welche zum Gelingen der Silage erforderlich ist, und daß die Zusatzwärme hauptsächlich einerseits den Anstoß zur Einleitung der Gärungsprozesse und andererseits den dauernden Antrieb zur Beschleunigung und raschen Beendigung derselben gibt.

Mathematisch gesprochen steht die Gesamttemperatur nicht in linearer, sondern in potenziertter Abhängigkeit von der Zusatztemperatur T_z ; die wissenschaftliche Formel für T dürfte etwa lauten:

$$6) \quad T = A + B (T_p + T_z) + (C \cdot T_p \cdot T_z^n) \begin{matrix} T_p = 40 \\ T_p = 0 \end{matrix}$$

wobei A , B und $C = \text{Konstanten}$,
 $n > 1$ und

der zweite Klammerwert nur in den Grenzen von $T_p = 0^\circ \text{C}$ bis $T_p = 40^\circ \text{C}$ veränderlich ist, über 40°C hinaus aber wegen des Pflanzenzerfalls und der Pressung des Futterstoffs mit dem Wert für $T_p = 40^\circ \text{C}$ etwa konstant bleibt. Für A ist die Anfangstemperatur, für B der reziproke Wert der Wärmekapazität des Silagematerials einzusetzen.

Für $T_z = 0$ (Einfäuerung ohne Elektrizität) wird

$$T = A + B \cdot T_p;$$

für $T_p = 0$ (künstliche Erwärmung von Stroh oder Holzspänen) wird

$$T = A + B \cdot T_z;$$

endlich wird für $T_p = 0$ und $T_z = 0$ (Stroh- oder Holzspäne ohne künstliche Erwärmung)

$$T = A = \text{konstante Anfangstemperatur.}$$

Wenn die Erwärmung des Futters z. B. von 0 bis 45°C allein durch Zusatzwärme erfolgen sollte, so würde man nach Formel 4)

$$a = \frac{t_e - t_s}{15}$$

eine elektrische Arbeit von mehr als $3 \text{ kW} \cdot \text{Std.}$ je Zentner Futter aufzuwenden haben; in Wirklichkeit benötigt man bei dem Verfahren

mit dem elektrischen Einilosystem, wie im nächsten Teil erläutert wird, aber nur 0,5 bis 1 kW-Std. je Zentner Futter.

Der Wissenschaft bleibt es vorbehalten, die hier zum Teil nur rational wiedergegebenen Kurven in Abb. 1 bis 8 exakt zu bestimmen.

Um die zahlreichen der Wissenschaft zufallenden Probleme aus der elektrischen Futterkonservierung um ein weiteres zu vermehren, mag hier noch zum Schluß dieses Teiles folgende Frage aufgeworfen sein: Welche Ingredienzien bzw. Infusorien könnten dem Silagefutter beigegeben bzw. in ihm elektrolytisch oder anderswie hervorgerufen werden, um seinen Wert und seine Haltbarkeit zu verbessern?

Als ein Verfahren nach dieser Richtung hat die Anwendung von Reinzucht-Milchsäure-Bakterienkulturen zu gelten; ein anderes derartiges Verfahren, welches bekanntgeworden ist, besteht in der Zufuhr von Kohlenensäure in den Futterstod eines Silos.

Es wird auch zu prüfen sein, ob durch zeitweise oder dauernde Einwirkung von Elektrizität auf das fertige Silagefabrikat Nachgärungen im Futterstod verhütet werden und sich dadurch die Konservierung wirtschaftlich vervollkommen läßt.

Dritter Teil.

Die elektrische Futterkonservierung.

Sffenbar bildeten die beiden ersten Teile dieses Buches die praktische und wissenschaftliche Einführung in das Hauptthema, welches jetzt in dem dritten Teil erörtert werden soll; dieser Teil beansprucht gemäß dem Buchtitel eine besondere Behandlung; diese soll auch inhaltlich darin bestehen, daß das vom Verfasser stammende neue Verfahren nach dem sogenannten „elektrischen Einsilosystem“ in seiner ganzen genetischen Entwicklung mit allen hierbei zu verzeichnenden technischen Problemlösungen zur Darstellung kommt. Wenn sich der Verfasser dazu entschlossen hat, die nachfolgenden Ausführungen dieses Teiles in persönlicher Rede an den Leser zu verfassen, so gibt er der Hoffnung Ausdruck, daß seine Abweichung von der durch Jahrhunderte sanktionierten Stilweise wissenschaftlicher Abhandlungen nicht etwa mit den törichten Bestrebungen gewisser moderner Expressionisten nach Neuheit um jeden Preis und unter Mißachtung geheiliger Überlieferungen in Beziehung gebracht wird.

Oktober 1921. Anfangs Oktober 1921 erhielt ich von der Elektro=Futter=Gesellschaft m. b. H., Dresden=A., eine Einladung zu einer Versammlung in Niederjesditz bei Dresden, in welcher vor persönlich geladenen Interessenten und Sachverständigen die bisherigen Erfahrungen mit einem neuen Verfahren der Futterkonservierung, nämlich mit Anwendung von Elektrizität, bekanntgegeben und in freier Aussprache behandelt werden sollten. Die nächste Folge dieser Einladung bestand in einer Anregung meiner Phantasie nach der Richtung, um welche Strommengen sich wohl durch einen solchen neuen elektrischen Verbrauchsapparat bei allgemeiner Einführung in der provinziälsächsischen Landwirtschaft die Leistungen der Landelektrizität erhöhen lassen könnten. Aber zu der

Erfindung selbst stellte sich bei mir ein ziemlich beträchtlicher Skeptizismus ein, welcher seine Begründung in den vielen Enttäuschungen fand, die man leider in Deutschland seit dem Verlust des großen Krieges mit allen möglichen Ideen gewissenloser Spekulantent hat machen müssen.

In Niedersiedlitz angekommen, hellte schon die stattliche Versammlung von mir zum Teil bekannten Autoritäten in der Landwirtschaft meine pessimistische Stimmung über diesen Gegenstand merklich auf. Als aber in der Diskussion der Erfinder des neuen Verfahrens selbst gesprochen und einwandfreie Sachverständige die vorgetragene Erfolge bestätigt und zum Teil sogar schon wissenschaftliche Erklärungen hierfür gegeben hatten und als uns obendrein noch Gelegenheit geboten wurde, durch Besichtigung von zwei in der Nähe gelegenen praktischen Anlagen auch unser Vorstellungsvermögen in dieser Beziehung zu befriedigen, war ich entschlossen, die Frage der elektrischen Futterkonservierung zum Gegenstand eingehender wissenschaftlicher und praktischer Studien zu machen, um mir endgültige Klarheit über ihre Bedeutung zu verschaffen.

Hier ein paar berechnete Worte über die Person des Erfinders. Er heißt Schweizer und ist auch von Geburt Schweizer. Ganz abgesehen von der Bedeutung seiner Erfindung bin ich der Ansicht, daß Schweizer durch einen für moderne Erfinder im allgemeinen ungewöhnlich gemeinnützigen Sinn ausgezeichnet ist, mit welchem er sich in den Dienst der Landwirtschaft stellt. Selbstverständlich muß bei der Beurteilung der Neuheit auch die Firma Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. gebührend berücksichtigt werden, welche es übernommen hat, die Schweizerische Erfindung in die Wirklichkeit umzusetzen. Ich bin der Ansicht, daß es dem selbst- und zielbewußten Vorwärtsdrang des Erfinders und der weisen Vorsicht nebst vornehmer Zurückhaltung der Firma, welche den Namen des in ganz Deutschland hochgefeierten Begründers ihres Unternehmens und zugleich der gesamten Elektrotechnik trägt, zuzuschreiben ist, daß in kurzer Zeit in Deutschland eine größere Anzahl wertvoller Versuchsanlagen nach dem neuen Konservierungsverfahren mit Anwendung von Elektrizität entstanden ist.

Aus Niedersiedlitz zurückgekehrt, erstattete ich dem Vorsitzenden

des Aufsichtsrats der Landelektrizität und zugleich Direktor der Landwirtschaftskammer für die Provinz Sachsen, Landesökonomierat Dr. Kabe, Bericht über meine Eindrücke, welche ich in der Versammlung und bei der Besichtigung der Anlagen von der elektrischen Futtermittelkonservierung erhalten hatte, woraufhin derselbe sogleich alle diejenigen Stellen hierfür interessierte, welche in der Provinz Sachsen in Frage kommen: So wurde auf seine Veranlassung hin schon Mitte November in einer Versammlung im Saale der Landwirtschaftskammer vor geladenen Interessenten die Angelegenheit eingehend erörtert; ferner wurde mir Gelegenheit geboten, am 21. 11. 1921 in einer Sitzung des Ausschusses für das Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätewesen ein Referat über die elektrische Futtermittelkonservierung zu halten; schließlich wurde eine Studienkommission für die elektrische Futtermittelkonservierung mit dem Sitz in Halle zu dem Zweck ins Leben gerufen, die technischen und wirtschaftlichen Fragen und Erscheinungen, welche bei dem Bau und Betrieb von elektrischen Futtermittelkonservierungsanlagen auftreten, wissenschaftlich und praktisch zu erforschen und die Landwirtschaft auf diesem Gebiet zu unterstützen und zu beraten. Den Vorsitz dieser Studienkommission übernahm Rittergutsbesitzer v. Zakrzewski in Oppin bei Halle.

Elfuerverfahren. Die Grundlage aller Studien bildet die genaue Kenntnis des sogenannten Elfuerverfahrens nach der Schweizerischen Erfindung. Es ist zum Verständnis des Folgenden notwendig, hier die vollständige Behandlung dieses Verfahrens einzuschalten. Man stelle sich also ein zylindrisches Gefäß vor, dessen Mantel aus elektrisch nicht leitendem Material, z. B. Glas oder Porzellan, dessen Boden und Deckel aber aus gut leitendem Material, z. B. Eisenblech, bestehen. In Abb. 9 ist das Gefäß schematisch im Querschnitt dargestellt: der Mantel ist mit m , der Boden mit b und der Deckel mit d bezeichnet. Das Gefäß soll mit Futterpflanzen F dicht gefüllt sein. Unter der Voraussetzung, daß Gleichstrom mit sogenanntem Nullleiter — das ist ein an die Erde angelegter Dynamopol — zur Verwendung kommt, ist nun der Deckel d mit dem einen Außenpol des Stromsystems, z. B. mit dem Pluspol, in der Abbildung mit $+$ bezeichnet, der Boden dagegen mit dem Nullpol, in der Ab-

bildung mit 0 bezeichnet, angeschlossen. Wird nun der Stromkreis eingeschaltet, so schließt sich derselbe durch das Futter, d. h. die Elektrizität wird infolge der nicht leitenden Wandungen des Gefäßes gezwungen, von dem Deckel d, auf welchem sie sich über die ganze Futteroberfläche verbreiten kann, von oben nach unten durch das Futter F nach dem Boden b zu fließen, was in der Abbildung durch Pfeile angedeutet ist. Diesen Strom bezeichne ich zum Unterschied von dem für Zerkleinerungszwecke bei der elektrischen Silage benötigten Kraftstrom oder von irgendwelchem anderen Licht- und Kraftstrom in einer Anlage mit dem Namen „Futterstrom“.

Grundsätzlich stimmen die Einrichtungen der Elfusilos mit der Konstruktion des vorherbeschriebenen Glasgefäßes überein. In der Praxis können naturgemäß die Silowandungen aus wirtschaftlichen Gründen nicht aus dem bestisolierenden Material Glas oder Porzellan hergestellt werden, sondern es werden hierfür Steine aus besonderem Isolierstoff verwendet; außerdem werden zu

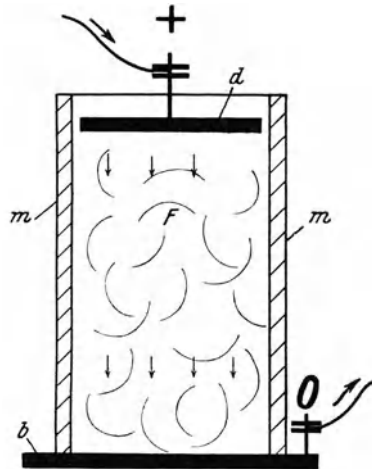


Abb. 9. Glasjilo mit Plattenanordnung.

diesem Zwecke die verputzten Innenwände mit einem Isolierlackanstrich versehen. Die früher schon erwähnte Hohlform der Bausteine dient nicht der Erhöhung des elektrischen Widerstandes der Wandungen, sondern vielmehr ihrer Wärmeisolation und dem Umstand, daß durch die hohle Form der Steine ermöglicht wird, die zur Wandverstärkung benötigten Eisenbandagen in die Wände einlegen zu können. Der Boden in den Elfußbehältern wird durch einen in denselben eingelegten Rost aus runden Eisenstäben leitend gemacht und mit dem Nullpol der elektrischen Anlage verbunden. Im übrigen sei bezüglich der Silokonstruktion von Elfußanlagen auf den ersten Teil verwiesen. Bei Verwendung von dreiphasigem Wechselstrom, d. h. Drehstrom, welcher in Überlandzentralen, mit andern

Worten fast in der gesamten Landwirtschaft Verwendung findet, werden zum Ausgleich der Phasen von der Elsu in der Regel drei Behälter gleichzeitig eingeschaltet; in diesem Falle sind die Bodenelektroden von allen drei Silos an den Nullpol der Drehstromanlage angeschlossen, während die Deckel der Reihe nach an je eine Phase geschaltet werden. Das Schaltungsschema hierfür und nähere Erläuterungen findet man in einem gedruckten Vortrag von Vallem (2).

Die Behandlung des Futters sowie die elektrischen Vorgänge im Futter ergeben sich aus dem ersten und zweiten Teil dieses Buches. Die Futterpflanzen sollen zerkleinert, d. h. gehäckselt oder gerissen werden, um den Futterwiderstand herabzusetzen und einen möglichst raschen Stromdurchgang durch das Futter herbeizuführen. Angewelltes und regennasses Futter leitet besser wie ganz frisches und regentrockenes Futter. Beim Einfüllen in die Behälter wird das Futter gemäß seiner Behandlung bei der lauen Vergärung festgetreten bzw. festgestampft; die feste Packung vermindert, wie im zweiten Teil schon hervorgehoben wurde, den Futterwiderstand; bei dem elektrischen Verfahren kann man auf den Vorteil der lockeren Lagerung des Futters nach Art des Süßpreßverfahrens verzichten, welcher in der Ausnutzung der Atmungswärme des Futters für die rasche Entwicklung des Gärungsprozesses besteht, weil bei Anwendung von Elektrizität die Gesamterwärmung durch den Futterstrom beschleunigt wird. Im übrigen wird aber die elektrische Silage ebenso wie bei dem Süßpreßverfahren in Schichten von etwa 2 m Stärke vorgenommen, weil die Einfuhr und Zerkleinerung des hierfür notwendigen Futterquantums (200 bis 600 Ztr.) eine reichliche Tagesarbeit darstellt und weil besonders im Sommer bei hohen Außentemperaturen die elektrische Behandlung zur Vermeidung von vorzeitigen Gärungsprozessen unmittelbar nach der Füllung, also ohne ein Liegenlassen des Futterstodes über Nacht, zu erfolgen hat; außerdem bieten allzu mächtige Futterschichten dem Stromdurchgang einen unerwünscht hohen Leitungswiderstand. Es sei noch bemerkt, daß natürlich auch die Höhe der zur Verfügung stehenden Netzspannung eine wesentliche Rolle für die Entwicklung der Stromstärke spielt, so daß höhere Spannungen, wie z. B. 220 oder 380 Volt, den niederen Spannungen

von z. B. 110 Volt vorzuziehen sind; immerhin ist die Spannung nicht ausschlaggebend für die Anwendung des Verfahrens, zumal sich bei niederen Spannungen ohne weiteres durch Anordnung dünnerer Futterstichten, z. B. von 1 m statt 2 m Stärke, der Spannungsausfall gegenüber höheren Spannungen kompensieren läßt.

Der Arbeitsvorgang nach dem Einfüllen des Futters in den Silo ist einfach der, daß die Elektrodendeckel — das sind mehrteilige, meist sechseckige Deckel mit Metallbelag — auf die glatt abgestrichene Futteroberfläche aufgelegt, an die zur Verfügung stehenden Anschlußkabel angeschlossen werden und alsdann der Silostromkreis eingeschaltet wird. Ein in den Stromkreis eingeschalteter Strommesser gestattet die Beobachtung der Futterstromstärke. Die Futterstromstärke nimmt aus den im zweiten Teil näher kennengelernten Gründen mit fortschreitender Erwärmung des Futters von selbst immer mehr zu und erreicht ein Maximum, wenn der Zellabbau der Pflanzen bei etwa 40 bis 50° C einsetzt und das Futter zusammenfällt.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei den Größenverhältnissen der Elfsilos (etwa 15 qm Querschnitt eines Behälters) im allgemeinen kurz vor dem Zusammenfallen des Futterstodes eine Stromstärke von etwa 50 Amp. je Silo erreicht wird; eine wesentliche Überschreitung dieser Stromstärke wird durch Sicherungen oder automatische Ausschalter verhindert. Da die elektrische Stromstärke zum gleichen Zeitpunkt nach Beginn der Silage etwa 50 Amp. anzeigt, wenn die Temperatur des Futters ebenfalls etwa 50° C erreicht hat, so darf man mit angenäherter Genauigkeit einen Synchronismus der zahlenmäßigen Erwärmung und Stromzunahme, soweit er für die Praxis ausreicht, annehmen, so daß bei dem Elfverfahren die Ablesung am Strommesser ohne großen Fehler zugleich als Temperaturablesung benutzt werden kann. Die Silage ist in Elfanlagen im allgemeinen als beendet anzusehen, wenn der Strommesser 50 Amp. anzeigt; in diesem Falle wird die Stromleitung ausgeschaltet und entweder eine zweite, dritte Futtersticht u. s. f. aufgelegt und in vorbeschriebener Weise elektrisch siliert oder, falls der Silo voll gefüllt ist, die Abdeckung des Futterstodes gemäß den Angaben im ersten Teil vorgenommen. Die elektrische Silage einer Futtersticht dauert nach

den Ermittlungen von Wallem (3) je nach der Art des Futters, seiner inneren und äußeren Beschaffenheit und seines Zerkleinerungsgrades, der Außentemperatur, der Stärke der behandelten Futterschicht und der elektrischen Spannung ein bis zwei Tage lang.

Fragebögen mit Bezug auf Elfanlagen. Um die Erörterung des Elfuerverfahrens zum vollständigen Abschluß zu bringen, muß ich der weiteren historischen Entwicklung meines Studiums der elektrischen Futterkonservierung vorgreifend hier schon die Ergebnisse einer Rundfrage auf Grund von Fragebögen besprechen, welche die Landelektrizität G. m. b. H. zu Halle im Mai 1922 an eine größere Anzahl von Elfanlagenbesitzern in Deutschland mit dem Erfolge versandt hat, daß elf vollständige Antworten einliefen, und zwar

- 5 aus dem Freistaat Sachsen,
- 2 aus Brandenburg,
- 1 aus Bayern,
- 1 aus Württemberg,
- 1 aus Baden und
- 1 aus Schlesien.

Die Ergebnisse werden am besten frageweise wiedergegeben:

1. In welchem Jahre ist Ihre elektrische Futterkonservierungsanlage eingerichtet worden?

1 Anlage: im Jahre 1920,
10 Anlagen: „ „ 1921.

2. Ist Ihre Anlage von Grund auf neu oder welche schon vorhandenen Einrichtungen sind mit verwendet worden?

8 Anlagen: vollständig neu,
3 „ : alte Gärkammern.

3. Aus wieviel Behältern besteht Ihre Anlage?

1 Anlage: 1 Behälter,
2 Anlagen: 2 „
4 „ : 3 „
2 „ : 4 „
2 „ : 6 „

4. Welche Querschnittsform haben Ihre Silos?

- 1 Anlage: rund,
- 2 Anlagen: viereckig,
- 6 " : sechseckig,
- 1 Anlage: 1 Silo viereckig,
1 Silo sechseckig,
- 1 " : achteckig.

5. Wie hoch sind Ihre Silos?

- 1 Anlage: 4,8 m,
- 4 Anlagen: 5 "
- 2 " : 5,5 "
- 3 " : 6 "
- 1 Anlage: 6,5 "

6. Welchen Rauminhalt umfaßt ein Silo?

- 2 Anlagen: etwa 65 cbm,
- 1 Anlage: " 75 "
- 3 Anlagen: " 80 "
- 1 Anlage: " 85 "
- 1 " : " 95 "
- 3 Anlagen: " 120 "

7. Welchen Rauminhalt faßt Ihre ganze Anlage?

- 1 Anlage: etwa 120 cbm,
- 1 " : " 150 "
- 1 " : " 170 "
- 1 " : " 200 "
- 2 Anlagen: " 240 "
- 1 Anlage: " 260 "
- 1 " : " 360 "
- 1 " : " 380 "
- 1 " : " 480 "
- 1 " : " 720 "

8. Aus welchem Baumaterial bestehen die Silos?

- 30 Silos: aus Esuhohlststeinen,
- 7 " aus Beton- bzw. Bruchsteinen.

9. Auf welche Weise sind Ihre Silos isoliert?
- gegen Stromverluste?
 - gegen Wärmeverluste?
- zu a) alle Anlagen: mit Isolierlackanstrich der inneren Wände;
 zu b) 8 Anlagen: durch Hohlsteine,
 2 " : stehen in Gebäuden,
 1 Anlage: nicht.
10. Welche Stromart verwenden Sie?
- 3 Anlagen: Gleichstrom,
 8 " : Drehstrom.
11. Welche Spannung hat Ihre elektrische Anlage?
- 2 Anlagen: 110 Volt (Gleich- und Drehstrom),
 1 Anlage: 220 Volt (Gleichstrom),
 3 Anlagen: 210/120 Volt (Drehstrom),
 1 Anlage: 380 Volt (Gleichstrom),
 4 Anlagen: 380/210 Volt (Drehstrom).
12. Wieviel Kilowattstunden haben Sie je 1 Ztr. Futter für die elektrische Silage verbraucht?
- alle Anlagen: 1—2 kW=Std. je Ztr. Futter.
13. Wieviel Kilowattstunden haben Sie für Zerkleinern des Futters auf je 1 Ztr. Futter verbraucht?
- alle Anlagen: etwa 0,25—0,50 kW=Std. je Ztr. Futter.
14. Wieviel Futterkampagnen haben Sie mit dem elektrischen Verfahren bis jetzt durchgemacht?
- 2 Besitzer: 2 Kampagnen,
 9 " : 1 Kampagne.
15. Welche Sorten von Grünfutterpflanzen haben Sie für die elektrische Konservierung benutzt?
- hauptsächlich Rübenblätter mit Köpfen,
 - Klee, Mais und überständiges Gras,
 - Gemenge.
16. Wurde das Futter in vollständig grünem oder in abgewelktem Zustande in die Silos eingebracht?
- In fast allen Fällen in frischem, grünem, teils regennassem, teils gefrorenem Zustande.

17. Wurde das Futter zerkleinert und auf welche Weise?
 in allen Fällen: zerkleinert,
 „ 7 Fällen: mit Radmaschine (Wratzslavia) gehäckelt,
 „ 4 „ : Rübenblätter und Köpfe mit Reißwolf bzw.
 Stiftendreschmaschine gerissen.

18. Wie lange lagerte das elektrisch konservierte Futter im Silo bis zur Verfütterung?

2 bis 8 Monate lang.

19. Wurde bei der Entnahme des Futters aus dem Silo Schimmelbildung oder Nachsäuerung beobachtet?

Schimmelbildung: 1,5 bis 20 cm tief an der Oberfläche,

Nachsäuerung: in einigen Fällen schwach, sonst nicht.

20. Haben Sie für die Gesundheit der Tiere günstige oder ungünstige Beobachtungen durch Fütterung mit Elektrofutter gemacht?

5 Anlagenbesitzer: „Keine ungünstigen!“

3 „ : „Günstige!“

1 „ : „Guter Gesundheitszustand der Tiere!“

1 „ : „Nur die günstigsten!“

1 „ : „Gesundheitszustand der Tiere ausgezeichnet!“

Ein Besitzer berichtet, daß sein Vieh bei Maul- und Klauenseuche nur elektrisch konserviertes Futter annahm, und zwar „sehr gern“.

21. Haben Sie eine Zunahme an Milchproduktion mit Elektrofutter beobachtet?

7 Anlagenbesitzer: Beobachtungen fehlen bzw. keine Zunahme.

1 „ : „Milchleistung stieg!“

1 „ : „Milchertrag merklich gestiegen!“

2 „ : Zunahme 1—1½ Liter pro Kuh und Tag.

22. Sind Sie mit dem elektrisch konservierten Futter zufrieden oder nicht?

2 Besitzer: „Noch nicht genügend Erfahrungen!“

1 „ : „Im Herbst habe ich nur einige Tage konservierten Alee gefüttert, den die Kühe gern fraßen!“

- 1 Besitzer: „Wir sind zufrieden!“
 6 „ : „Sehr zufrieden!“
 1 „ : „Das Futter ist ausgezeichnet, so daß noch eine größere Kammer gebaut werden soll!“

Faßt man die Antworten in ein Gesamturteil zusammen, so darf man sagen:

Das mit Elektrizität konservierte Futter ist gut, es kann den Milchertrag fördern und bietet eine Sicherheit für die Erhaltung der Tiere während Maul- und Klauenseuche.

Ich bin nun an der Stelle angelangt, wo ich, wie in der Einleitung bemerkt, zur rein sachlichen Abwägung des pro und contra diejenigen Mängel des Schweizerischen Verfahrens in Elftuanlagen aufzählen muß, welche dem Verfahren bisher die allgemeine Verbreitung verweigert haben.

Ich nenne folgende Mängel:

1. Die Silos sollen aus Elftuhohlststeinen ausgeführt werden; die Verwendung vorhandener gemauerter Erdgruben bzw. vorhandener Gärkammern und Futtertürme ist daher nicht vorgesehen.
2. Die Silowände sollen elektrisch isoliert sein; sie erhalten daher einen Isolierlackanstrich auf den Innenwandflächen.
3. Die Stromstärke ist während der Silage ungleichmäßig; sie wächst unregulierbar in Abhängigkeit von dem unbestimmten und veränderlichen Futterwiderstand von etwa Null beginnend bis auf Kurzschlußwerte an.
4. Der höchste Stromverbrauch gegen Beendigung der Silage übersteigt die normale Leistungsfähigkeit der Transformatorstationen in Ortsnetzen von Überlandzentralen.
5. Die Vorschrift für die gleichzeitige Verwendung von drei Silos in Drehstromanlagen ist unbequem.

Ein näheres Eingehen auf die genannten Mängel erübrigt sich, weil meine nachstehend beschriebenen weiteren Studien, welche teleologisch auf Abstellung der vorbezeichneten Mängel an elektrischen Konservierungsanlagen gerichtet waren, alles weitere erkennen lassen.

November 1921. Wir kehren hiermit zurück zum November 1921.

Am 21. November 1921 hielt ich, wie schon oben erwähnt, über das Thema dieses dritten Teiles ein Referat im Ausschuß für das Landwirtschaftliche Maschinen- und Gerätewesen im Vorstandssitzungszimmer der Landwirtschaftskammer Halle, wobei ich zum Ausdruck brachte, daß das elektrische Konservierungsverfahren erst dann für die Allgemeinheit nutzbar gemacht werden könnte, wenn es gelänge, die obengenannten Mängel der bisherigen Anlagen zu beseitigen. Erwähnenswert ist, daß ich in diesem Referat schon einen Vergleich der elektrischen Futterkonservierung mit dem nassen Einweckverfahren auseinandersetzte und dabei den Standpunkt vertat, daß die günstige Wirkung des elektrischen Stromes bei der Silage in erster Linie der Wärmeerzeugung zuzuschreiben wäre.

Glasjilos. Inzwischen hatte ich die Konstruktion von Versuchs-
jilos aus Glaszylindern, die ich „Glasjilos“ nannte, in zwei verschiedenen Größen entworfen; die Maße der Glasjilos sind in folgender Tabelle 2 aufgeführt:

Tabelle 2.

Größenverhältnisse von Versuchs-Glasjilos.

	A u s f ü h r u n g	
	klein	groß
Höhe	50 cm	50 cm
lichte Weite	8,5 "	18,5 "
lichter Querschnitt	56 qcm	270 qcm
Rauminhalt	2,8 l	13,5 l

Die Böden der Glasjilos waren aus Eisen hergestellt und zugleich als Ablaufbehälter mit Sieb und Ablaufhahn für Fruchtwasser eingerichtet. Die Deckel aus Messing waren mit Löchern für das Einführen von Thermometern ins Futter versehen. Diesen Glasjilos, deren Konstruktion die schematische Darstellung in Abb. 9 entspricht, lag das Schweizerische Prinzip zugrunde. Abb. 10 zeigt die photographische Wiedergabe eines kleineren und größeren Glasjilos; sie wurden ebenso wie alle übrigen Apparate, welche ich für meine Studien entworfen habe, in der Werkstatt der Landelektrizität G. m. b. H. zu Halle unter Leitung von Oberingenieur Breitner hergestellt.

Erster Versuch. 8. Februar 1922. Der erste Versuch mit Anwendung eines Glasfilos wurde am 8. Februar 1922 im Laboratorium der Werkstatt der Landelektrizität, und zwar nach dem Schweizerischen Verfahren gemacht. Als Silagefutter wurde kleingeschnittener Weißkohl benutzt, weil zu dieser Jahreszeit frisches Grünfutter nicht zur Verfügung stand. Als Stromart wurde Wechselstrom mit 210 Volt Spannung benutzt. Da der Stromdurch-

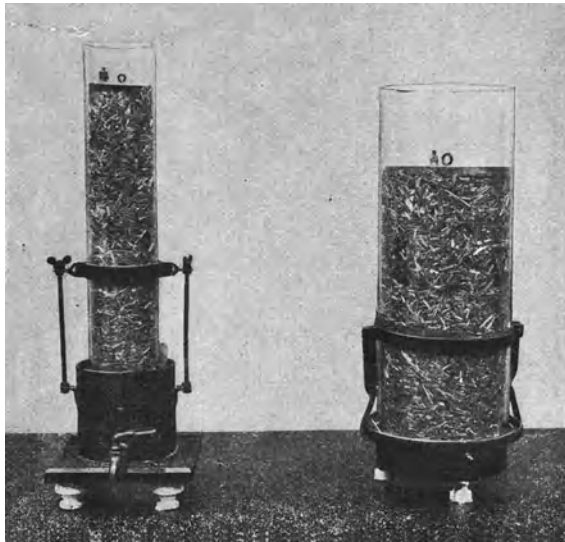


Abb. 10. Glasfilos.

gang aus den wissenschaftlich schon hinreichend bekannten, im zweiten Teil unter „Problem des elektrischen Widerstandes im Futter“ eingehend erörterten Ursachen (Pflanzenepidermis, Wachsschichten) lange auf sich warten ließ, wurde eine dünne Kochsalzlösung zugegossen, welche bewirkte, daß nach wenigen Stunden bei maximal 3 Amp. eine wohl duftende Weißkohlkonserve entstand.

Elektrodenverfahren mit reiner Stabanordnung. Meine Überlegungen für die Verbesserung des Schweizerischen Verfahrens bewegten sich zunächst in folgender Richtung: Wenn das elektrische Konservierungsverfahren Allgemeingut der Landwirtschaft werden

sollte, so war die erste Bedingung, daß es auch bei Benutzung von Drehstrom auf ein Silo anwendbar gemacht wurde; dabei mußte die Isolierung der Wände fortfallen und die Ausnutzung der schon zahlreich in den landwirtschaftlichen Betrieben verbreiteten gemauerten Gruben — sogenannten „Schnitzelgruben“ — ermöglicht werden.

18. Februar 1922. Ein Versuch nach diesem Gesichtspunkte fand am 18. Februar 1922 wiederum im Laboratorium der Landelektrizität statt: Es wurde hierfür eine gewöhnliche große Konservenbüchse als Silo benutzt, wie sie in Abb. 11 links wiedergegeben

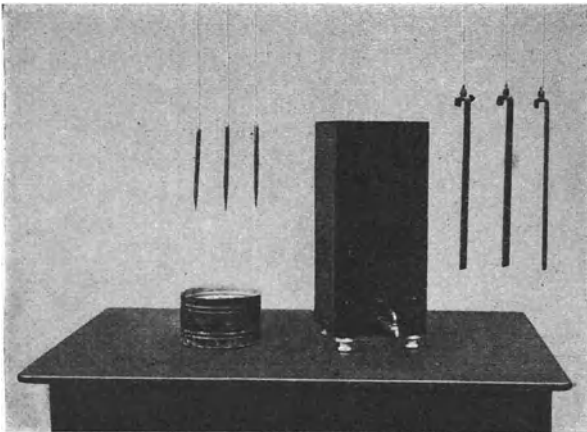


Abb. 11. Konservenbüchse und Holzsilo.

ist; als Futter diente wie beim ersten Versuch Weißkohl. In die fest eingepackte Futtermasse wurden drei dünne Messingstäbe in Anordnung eines gleichseitigen Dreiecks soweit eingelassen, daß sie den Boden noch nicht berührten. Die drei Stäbe wurden dann mit den drei Phasen der Drehstromzuleitung verbunden, während die Konservenbüchse an den Nullleiter angeschlossen war. Der Erfolg war insofern zufriedenstellend, als dasselbe Ergebnis erzielt wurde wie bei der Schweizerischen Anordnung des ersten Versuches. Ich nannte dieses Verfahren das „Elektrodenverfahren mit reiner Stabanordnung“ oder im Gegensatz zu der Schweizerischen „Plattenanordnung“ auch „reine Stabanordnung“.

April 1922. Die reine Stabanordnung bildete den ersten Gegenstand meiner Patentanmeldung zu dem neuen elektrischen Verfahren. Es mag diese Anordnung schon von anderer Seite vor mir ausprobiert worden sein; für mich war sie ganz neu, weil ich von einer Anwendung derselben bis dahin nichts wußte. Leider ergaben sich bei allen Versuchen mit der reinen Stabanordnung dieselben elektrotechnischen Übelstände wie bei dem bekannten Verfahren: die Stromstärke wuchs sehr langsam an und stieg gegen Beendigung der Silage auf unbestimmbar hohe Werte.

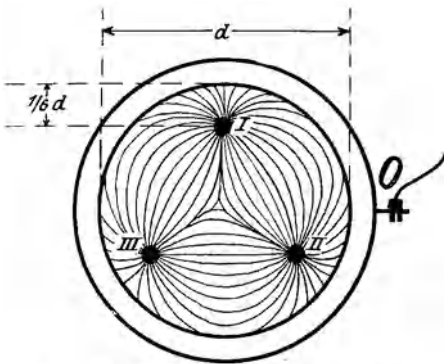


Abb. 12. Betonbottich mit 3 Pfäfen.

In Abb. 12 ist die reine Stabanordnung für die Versuche dargestellt, welche demnächst in runden Betonbottichen mit einer lichten Weite von etwa 1 m, einer lichten Höhe von etwa 0,65 m und einem Fassungsvermögen von etwa $\frac{1}{2}$ cbm ausgeführt wurden; die Innen-

wandfläche (nicht der Boden!) war zum Anschluß an den Nullpol der elektrischen Leitung mit einem einfachen Eisendrahtgeflecht belegt und mit einem dünnen Zementstrich glatt verputzt. Die vermutlichen effektiven Strombahnen sind durch dünne Kurven in der Abb. 12 eingetragen. Der in Abb. 11 rechts dargestellte viereckige Versuchssilo aus Holz mit drei an den Innenwänden aufgehängten Elektroden ergab keine Verbesserung der Verhältnisse. Erst auf einem Umwege gelang es mir, den vorbezeichneten, zunächst fast unüberwindlich erscheinenden Schwierigkeiten beizukommen, welche die unregulierbare Stromstärke bereitete.

Dorn. Indem ich zunächst reumütig zu der Schweizerischen Plattenanordnung mit je einem Pol oben und unten und isolierter Wandung zurückkehrte, gelang es mir bald, die erste wesentliche elektrotechnische Verbesserung hierfür zu erzielen. Wie in

Abb. 13 wiedergegeben, führte ich einen spitzen Messingstab *d*, den ich „Dorn“ nannte, durch den oberen Elektrodendeckel, in elektrischer Verbindung mit diesem, so in das Futter ein, daß derselbe mit der Spitze bis auf etwa 10 cm der Bodenelektrode genähert wurde. Abb. 14 zeigt die photographische Wiedergabe dieser Versuchsanordnung. Der Versuch glückte so gut, daß der Glaszylinder dieses Silos infolge der raschen intensiven Erwärmung des Futters zwischen Boden und Dornspitze zersprang.

Ohne Dorn war der Strom zu gering, mit Dorn war er wieder zu stark! Um ein Mittel ding hiervon zu bekommen, konstruierte ich einen neuen Dorn, Abb. 15, welcher aus einem imprägnierten Holzstab *h* mit Messingringen *r* bestand, die mit kleinen Zwischenräumen auf den Holzstab aufgereiht bzw. eingelegt waren. Der Holzdorn mit Messingringen ist auf der photographischen Abb. 14 rechts mit aufgenommen worden. Ich erwartete von der Verwendung dieser neuen Dornkonstruktion, daß der Strom, indem er von

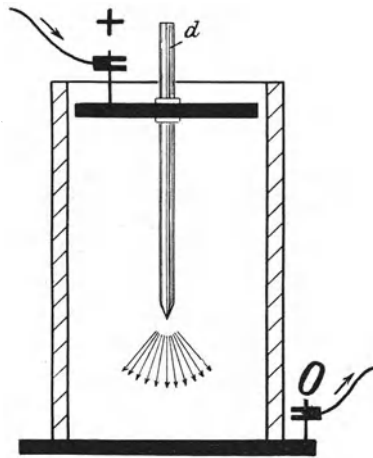


Abb. 13. Glasfello mit Dorn.

Ring zu Ring durch das Futter fließen mußte, auf diesem Wege genügenden Widerstand fand, um abgedrosselt zu werden, und gleichzeitig seine Wärmewirkung auf die ganze Futtermasse ausübte. Abb. 15 zeigt den Verlauf der Strombahnen, wie ich mir ihn dachte.

Der Versuch mit diesem neuen Dorn bestätigte meine Hypothese, indem eine gleichmäßige Erwärmung der Futtermasse von unten bis oben eintrat, was sich auch evident in der Erhaltung des Glases zeigte. Dieser Dorn mit Ringen hatte für den Fall der Einführung in die Praxis gegenüber dem ersten Dorn noch den Vorzug, daß er unbedenklich bis auf den Boden getrieben werden konnte, ohne dadurch Kurzschluß zu erzeugen, wenn man das spitze Ende des Stabes in hinreichender Länge isoliert ließ. Es leuchtet

sofort ein, daß diese Dornkonstruktion mit Ringen schon eine brauch-

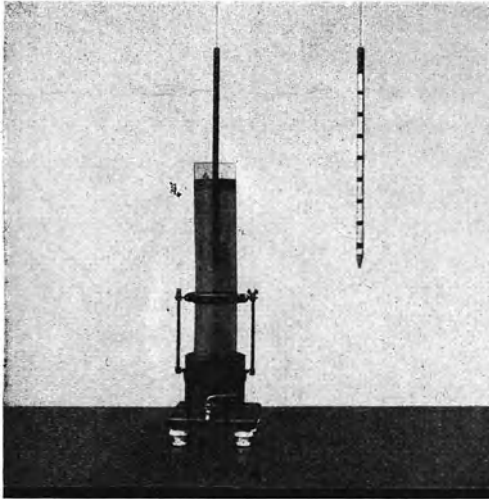


Abb. 14. Dorn-Anordnung.

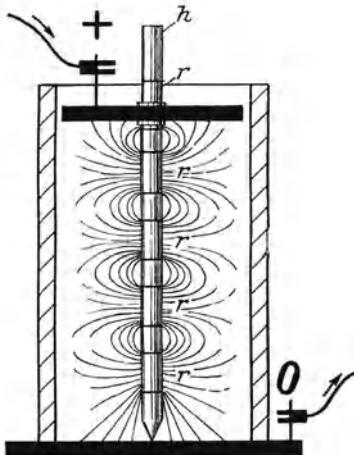


Abb. 15. Glasjilo mit Ringdorn.

bare Problemlösung darstellte, weil der Gedanke der mechanischen Stromregulierung durch Verengung oder Erweiterung der Ringzwischenräume auf dem isolierten Dorn ohne weiteres gegeben und in die Praxis umsetzbar war; wenn dann noch, wie Abb. 16 darstellt, statt eines Dornes mehrere gleichmäßig über

die Futtermasse verteilt wurden, so konnte der obere Elektroden-
deckel ganz fortfallen, und man konnte auch, was die Hauptsache war, auf die Isolierung der Wandungen verzichten. Durch Verschiebung der Dorne in ihrer Höhenlage ließen sich außerdem die Strombahngebiete verlegen, falls sich das als notwendig herausstellen sollte.

Die soeben beschriebene, an sich praktisch schon wesentliche Verbesserung des bisherigen Schweizerischen Verfahrens hielt ich aber für die

endgültige Lösung des Problems nicht für ausreichend und verzichtete daher auch auf eine Patentanmeldung dieses Gegenstandes.

Wärmstäbe. Um die spezifische Einwirkung der Elektrizität auf die Lebenstätigkeit der Bakterien praktisch zu ermitteln, wurden auf meinen Vorschlag hin Parallelversuche angestellt, wobei man unter sonst möglichst gleichen Bedingungen in dem einen Silo reine physikalische Wärme, in dem anderen elektrischen Strom auf das Futter einwirken ließ. Für diese und die späteren Versuche wurden

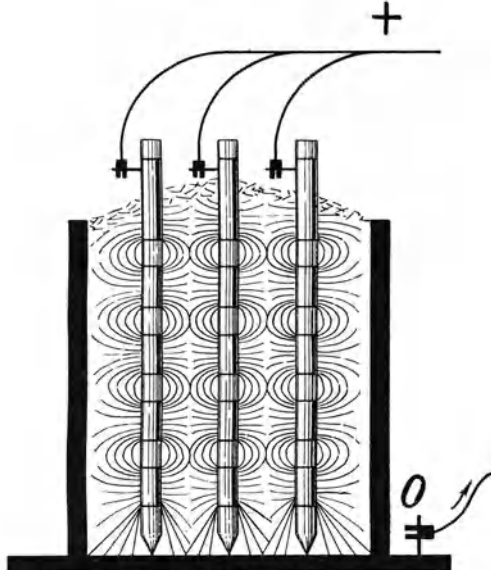


Abb. 16. Metallzylinder mit mehreren Ringdübeln.

von nun an, sofern nicht besonders bemerkt, stets die oben beschriebenen Betonbottiche sowie Drehstrom von 210 Volt Phasenspannung mit Nullleiteranschluß benutzt. Obwohl die Versuche für den beabsichtigten wissenschaftlichen Zweck ergebnislos verliefen, weil es sich als unmöglich herausstellte, für die Versuchsergebnisse gleiche Voraussetzungen zu schaffen, so waren sie doch insofern für meine weiteren Studien von ausschlaggebender Bedeutung, als sie mich veranlaßten, sogenannte elektrische „Wärmstäbe“ zu konstruieren. Diese Wärmstäbe bestanden aus Gasrohr mit eingebauten Heizwiderständen und waren mit einer durchlöchernten zweiten Wandung für die Abgabe heißer Luft an das Futter versehen; sie besaßen an ihrem

Ende eine Spitze und wurden ebenso wie die Elektroden bzw. die Dorne senkrecht in die Futtermasse eingestochen und dann, natürlich zweipolig, an die elektrische Leitung angeschlossen. Während ich infolge der Mißerfolge resigniert auf weitere Parallelversuche verzichtete, verzichtete ich jedoch nicht zugleich auf die Einbeziehung der Wärmstäbe in den Bereich derjenigen Mittel, welche mir zu einer Lösung des elektrischen Konservierungsproblems verhelfen sollten.

Selbstauschaltung. Bei allen Versuchen, die mit der reinen Stabanordnung angestellt wurden, hatte sich nun im Gegensatz zu der Schweizerischen Plattenanordnung ein ganz neues Phänomen eingestellt, welches ich zunächst fälschlich als ein günstiges Prognostikon für die weitere Entwicklung der Stabanordnung ansah. Während nämlich bei der Stabanordnung der Strom zwar zunächst ebenso wie bei der Plattenanordnung allmählich auf hohe Werte anstieg, fiel er im Gegensatz zu dieser bei einer gewissen Stärke ganz plötzlich und ohne sogleich ersichtlichen Grund bis auf nahezu Null ab. Ich nannte diese Erscheinung „Selbstauschaltung“, woraus man schon meine anfängliche Eingenommenheit für das neue Phänomen entnehmen kann. Da nun aber die Selbstauschaltung ebenso unbestimmt und unbestimmbar wie das Ansteigen des Stromes eintrat, so mußte sie ganz besonders insofern als ein Kardinalübelstand der reinen Stabanordnung angesehen werden, als sie bei den Versuchen in größerem Maßstabe schon lange vor dem Abbau der Pflanzenzellen, d. h. vor Beendigung der Silage einsetzte und auf diese Weise die Durchführung derselben überhaupt in Frage stellte.

Worauf war diese Selbstauschaltung zurückzuführen? Das war die nächste Frage, welche nun beantwortet werden mußte; die Beantwortung ergab sich aus folgender Überlegung: Bei der Stabanordnung waren die Kontaktflächen der Elektroden mit dem Futter, welche den Stromübergang von diesen zum Futter vermittelten, sehr klein im Verhältnis zu den Kontaktflächen der Schweizerischen Plattenanordnung; dementsprechend mußte die Stromdichte an den Elektroden meiner Stabanordnung viel größer sein wie an den Elektroden der Plattenanordnung.

Folgendes kurze Rechenexempel mag diese Erklärung dartun:

Der Außendurchmesser der verwendeten Elektrodenstäbe betrug 34 bis 35 mm; bei einer Futterhöhe von etwa 2 m, wie sie bei einem hierfür angelegten Versuch vorlag, wurden die Stäbe etwa 2 m lang gemacht, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Stäbe nicht ganz bis auf den Boden gestoßen wurden, sondern noch etwa 10 bis 20 cm Spiel hatten. Die Kontaktfläche eines Stabes, der also etwa 1,80 m im Futter steckte, betrug demnach rund 1700 qcm; demgegenüber hätten im Falle der Plattenanordnung bei dem gewählten Gefäß einer quadratischen Grube von $3,5 \times 3,5$ m² die Deckel eine Kontaktfläche von rund 120000 qcm, d. h. etwa die siebenzigfache Fläche geboten. Selbst wenn man berücksichtigt, daß bei der dreiphasigen Stabanordnung in einem Silo für die gleiche Leistung nur ein Drittel der Stromstärke wie bei der einphasigen Plattenanordnung benötigt wurde, so blieb doch noch das Verhältnis der Kontaktflächen rund 1:20.

Die hohe Stromdichte an den Elektrodenstäben mußte naturgemäß eine erhöhte Erwärmung und schließlich Austrocknung des Futters in nächster Nähe der Stäbe zur Folge haben, wodurch dann die Unterbrechung des Stromes entstand. Selbstverständlich konzentriert sich die Stromdichte lediglich an den Staboberflächen und nimmt im Futter proportional mit dem Abstand von der Stabelektrode ab. Hiernach lautete die nächste Aufgabe: Wie lassen sich die Kontaktflächen der Elektrodenstäbe so vergrößern, daß keine Selbstausschaltung mehr eintritt?

So leicht die Aufgabe im ersten Augenblick aussah, so schwer und langwierig gestaltete sich ihre Lösung. Die einfachste Lösung, an die man sofort denken mußte, bestand in der Ausbildung der Stäbe zu Zylindern mit entsprechend großen Durchmessern. Sollte unter Zugrundelegung gleicher Leistungen die Kontaktfläche der Stäbe derjenigen der Deckel bei der Plattenanordnung entsprechen, so mußte der äußere Durchmesser eines Stabes etwa 170 mm, d. h. rund das Fünffache der bisher verwendeten betragen. Da sich aber schon die Stäbe von 34 bis 35 mm Außendurchmesser nur schwer in den Futterstock eintreiben ließen, so war es von vornherein ausgeschlossen, noch stärkere Stäbe anzuwenden zu können. Wollte man dennoch mit stärkeren Stäben weiter operieren, so

war man gezwungen, auf eine ortsfeste Anordnung derselben im Silo überzugehen; eine solche Anordnung widersprach aber grundsätzlich dem Voratz, das neue System zum Allgemeingut der Landwirtschaft zu machen, weil solche Anordnung mit isoliert aufgestellten Elektroden wegen der hohen Anschaffungskosten nur bei großen Türmen noch wirtschaftlich zu werden versprach, für die Ausnutzung von Schnitzelgruben aber gar nicht in Betracht kam. Außerdem ist klar, daß die stationäre Anordnung der Elektroden die Beschädigung der Silos erschweren, die Anwendung von Spanntieren für die Futterpressung aber ganz und gar unmöglich machen würde. Wollte ich also die Stabanordnung weiter verfolgen, so konnte dies nur unter der Bedingung geschehen, daß die bewegliche Anordnung der Elektrodenstäbe bestehen blieb, so daß sie nach Füllung des Futterbehälters in die Futtermasse eingebracht und nach beendeter elektrischer Silage ebenso wieder entfernt werden konnten, um für den zweiten, dritten usw. Silo wieder zur Verfügung zu stehen.

Es gab nun noch eine andere naheliegende Möglichkeit, die Elektrodenoberflächen zu vergrößern; diese bestand darin, daß man die Stabzahl für jede Elektrode vermehrte. In Abb. 17 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, wie ich mir die Stabanordnung mit vier Stäben je Pol in diesem Falle bei quadratischen Gruben dachte. Ich teilte mir die Grube schematisch in vier runde Bottiche ein, wobei, wie man aus der Abbildung ersieht, die Abweichungen für die Praxis nicht hoch zu veranschlagen sein konnten. Jeder dieser gedachten runden Bottiche erhielt den drei Phasen des Drehstroms entsprechend drei Elektrodenstäbe; die ganze Grube erhielt also zwölf Stäbe. Die Innenwände der Grube sollten mit einem zusammenhängenden Geflecht aus verzinktem Eisendraht belegt werden, welcher mit einem dünnen Zementstrich zu verputzen und an den Nullpol der Leitung anzuschließen war. Sollte bei dieser Anordnung von zwölf Stäben eine gleichmäßige Stromverteilung herbeigeführt werden, so mußten die benachbarten Elektroden gleich weit voneinander entfernt sein. Durch diese Bedingung ist aber zugleich die Lage der zwölf Stäbe in einem Quadrat mathematisch zwangsläufig fixiert. In der Abb. 17 werden $\triangle abc$, $\triangle def$, $\triangle ghi$, $\triangle klm$ gleichseitige Dreiecke; das Viel-

ed a c d f g i k m wird ein gleichzeitiges Achteck. Als geometrische Orte für die Bestimmung des Punktes c zum Beispiel dienen die Linien os und pt, auf deren Schnittpunkt c liegen muß; damit sind zugleich alle übrigen elf Punkte gegeben. Die arithmetische Berechnung ergibt für das Verhältnis der Stababstände zur Seite des Quadrats den abgerundeten Wert von 0,236.

Durch die Vervielfachung der Stabzahl wurde die Kontakt-
oberfläche für jede Phase ebenfalls vervierfacht, und es war bei dieser
Mehrstäbeanordnung unter Zugrundelegung der gleichen Grube
wie beim vorigen Bei-
spiel das spezifische Ver-
hältnis der Kontakt-
oberfläche zu der Plattenan-
ordnung auf 1:5 herab-
gesetzt worden. Aber auch
die so erweiterte Kontakt-
oberfläche gab noch nicht
die volle Garantie für ein
Ausbleiben der Selbst-
ausschaltung, so daß ich
noch ein anderes Mittel
hierfür erfinden mußte.

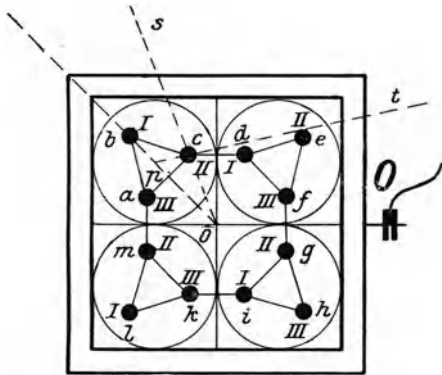


Abb. 17. Silo mit 12 Elektroden.

Schraubenelektrode. Es galt also, eine Stabform zu konstruieren, bei welcher die Oberfläche der Elektrode wesentlich vergrößert wurde und die sich dennoch bequem in die kompakt geschichteten Futtermassen eines Silos einbringen ließ. Die erfinderische Beschäftigung mit diesem Gegenstand hat viele Wochen schlaflosen Grübelns für sich in Anspruch genommen und bestätigte wieder einmal, daß Erfinden schlimmer ist wie Spekulieren. Es entstand eine Reihe von Gegenständen, welche ich mit folgenden Namen belegte, die ihre Formen ohne weiteres erkennen lassen:

1. Gesteinsbohrer. Derselbe ging nicht ins Futter.
2. Korkzieher aus schmalem Flachisen.

Die Herstellung war zu schwierig für eine Verallgemeinerung.

3. Rohrspirale, große und kleine Ausführung.

Dieselben zerwühlten das Futter zu sehr.

4. Kreuzbohrer aus Flacheisen.
Derselbe ließ sich nicht ins Futter einbringen.
5. Zylindrische Flacheisenspirale.
Dieselbe verbog sich beim Einbringen ins Futter.
6. Spieß mit sternförmigem Querschnitt.
Derselbe ließ sich nur etwa $\frac{1}{2}$ m mit aller Gewalt ins Futter eintreiben.

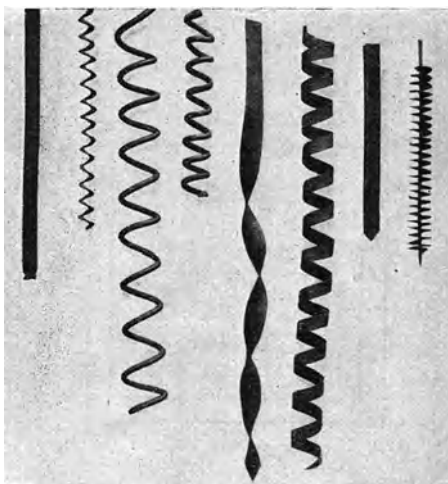


Abb. 18. Elektroden-Konstruktionen.

Die endlich richtige Lösung war

7. die Schnecke aus Eisenblech, so wie sie als Transportichnecke Verwendung findet.

In Abb. 18 sind alle Elektroden-Konstruktionen in der vorher aufgezählten Reihenfolge von links nach rechts wiedergegeben.

Die Konstruktion der Schnecke schwebte mir längst vor, aber ich wußte nicht gleich, wie man sie, ohne Guß zu verwenden, herstellen

solte. Erst als mir einfiel, wie man mit einem Rettichschneider den Rettich in Scheiben schneidet, war die Erfindung gegeben. Während man allerdings mit dem Rettichschneider zunächst eine Spirale und dann erst durch einen Schnitt mit dem Messer die Scheiben herstellt, so verfuhr ich umgekehrt: schnitt zunächst die Scheiben aus Blech aus, preßte sie in Gewindegänge, wie Abb. 19 darstellt, und schweißte diese Scheibenstücke dann zu einer Schnecke zusammen. Die photographische Abb. 20 zeigt von links nach rechts eine ausgechnittene Scheibe, ferner dieselbe in einen Gewindegang gepreßt, einen mit Schneider zur Spirale geschnittenen Rettich und die aus gepreßten Scheibenstücken zusammengeschnitzte fertige

Schnecke. Diese Schnecke legte ich dann um die bisher verwendeten Gasrohrstäbe und erhielt auf diese Weise eine brauchbare Elektrode,

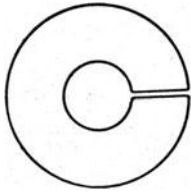
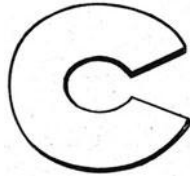


Abb. 19. Schneckenangang.



welche ich mit dem Namen „Schraubenelektrode“ belegte. Abb. 21 zeigt die Ansicht einer solchen Schraubenelektrode; sie ließ sich mit Leichtigkeit in jedes Futter von beliebiger Beschaffenheit ein-

schrauben und ergab eine Kontaktfläche, welche zugleich mit Anwendung einer Mehrzahl von Elektroden je Pfahle allen Anforder-

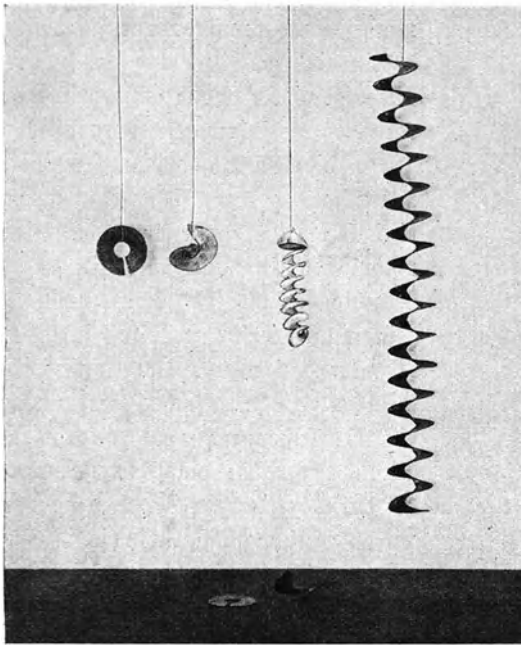


Abb. 20. Schneckenkonstruktion.

ungen bezüglich der Stromdichte zu entsprechen vermochte; ihre Form hatte außerdem noch den großen Vorzug, daß sie nach

dem Herausdrehen aus dem Futter kein Loch hinterließ, weil die betroffenen Futtermassen hierbei sofort von selbst wieder zusammenfielen.

Elektrowärmer. Inzwischen war ich mir klar darüber geworden, daß die Stromstärke bei dem elektrischen Konservierungsverfahren durch Einschaltung von Vorschaltwiderständen so begrenzt werden mußte, daß ein Kurzschluß ausgeschlossen war bzw. auf einen automatischen Schalter verzichtet werden konnte. Daß dabei die von solchen Vorschaltwiderständen aufgenommene und in Wärme umgesetzte elektrische Energie nicht verlorengehen durfte, sondern vielmehr im Konservierungsprozeß restlos nutzbar gemacht werden mußte, war für mich von vornherein eine *conditio sine qua non*. Der technisch gebildete Leser wird inzwischen sicher meinen Ausführungen vorangeeilt sein und schon die Nutzanwendung meiner früheren Wärmstäbe gezogen haben. Ich verfab also einfach die Schraubenelektrode mit einem gewöhnlichen Heizwiderstand in dem Rohr und benutzte sie als Vorschaltwiderstand; als Bezeichnung hierfür wählte ich den Namen „Elektrowärmer“. Überraschenderweise stellte sich bei den praktischen Versuchen mit dem Schnecke heraus; die Schnecke wirkte nämlich

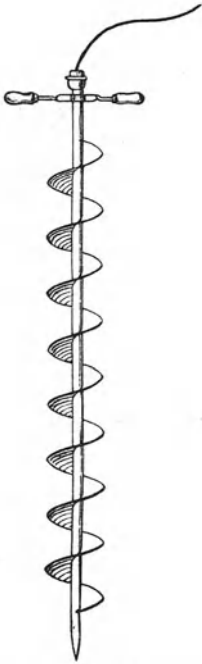


Abb. 21.
Schraubenelektrode.

bei der Übertragung der Wärme vom Heizstab auf das Futter ähnlich wie die Rippen von Heizkörpern, so daß die Temperatur am Stab wesentlich niedriger ausfiel wie bei den früher konstruierten Wärmstäben, und zwar stieg sie nicht mehr über 60 bis 70° C. Diese Temperatur hat kein Verbrennen des Futters am Stab zur Folge und genügt, um das erforderliche Temperaturgefälle für die Fortleitung der Wärme durch das Futter sicherzustellen.

Lösung des Widerstandsproblems im Futter. Es mag als

ein glücklicher Umstand angesehen werden, daß die Anwendung der Elektrowärmer außer ihrer Bestimmung als Vorschaltwiderstände zugleich das im vorigen Abschnitt mit Ausführlichkeit behandelte Widerstandsproblem im Futter praktisch löste. In meiner diesbezüglichen Patentanmeldung habe ich ungefähr folgendes hierüber ausgeführt: Man erwärmt das Futter künstlich, z. B. durch Elektrowärmer, außerdem leitet man einen elektrischen Strom in bekannter Weise durch das Futter hindurch. Auf diese Weise erreicht man, daß sofort nach Beginn des Silagebetriebes, und zwar ganz unabhängig von dem elektrischen Leitwiderstand der Futtermasse, die Erwärmung des Futterstodes einsetzt und den Konservierungsprozeß einleitet. Zugleich wird aber der elektrische Leitwiderstand der Futterpflanzen durch die rasche Erwärmung und durch das damit verbundene Fortschmelzen der Wachsschichten auf den Pflanzenoberflächen so rasch herabgesetzt, daß schon in kurzer Zeit nach Einschaltung des Stromkreises selbst bei niedriger Spannung ein kräftiger Strom durch das Futter fließt, welcher seine Wirkung auf die Organismen im Futter ausüben kann; es hat sich sogar bei praktischen Versuchen herausgestellt, daß durch dieses Verfahren das Zerkleinern des Futters für die elektrische Stromleitung bedeutungslos wird.

Das elektrische Einsilosystem. Nach diesen Ausführungen ist einleuchtend, daß ich unbedenklich die Verwendung von Schraubenelektroden zusammen mit Elektrowärmern als ein ganz neues System für das elektrische Futterkonservierungsverfahren ansprechen durfte, zumal daselbe, wie noch dargetan werden soll, allen elektrotechnischen, praktischen und wirtschaftlichen Anforderungen genügt, welche an ein solches für seine allgemeine Einführung gestellt werden müssen. Ich nenne dieses neue System „Das elektrische Einsilosystem“, weil ich in der Anwendungsmöglichkeit einzelner Silos in Überlandzentralen die Hauptbedingung für seine uneingeschränkte Verbreitung erblicke.

Oktober 1922. Das soeben beschriebene Einsilosystem wurde zum ersten Male im Oktober 1922 in einem quadratischen Normalsilo von etwa 20 cbm Rauminhalt bei der Silage von geschnittenen Futterrübenblättern ausprobiert. Bei diesem praktischen Versuch wurden zwölf Elektrowärmer über die Futteroberfläche gleichmäßig

verteilt und eine Elektrode, welche in der Mitte der Futteroberfläche eingesetzt war, angewendet, wobei ein Elektrowärmer als Vorschaltwiderstand für die Elektrode diente; der Futterstrom war bei dieser Schaltung sehr niedrig begrenzt, er betrug bei 120 Volt Spannung zwischen Phase und Nullpol nur 2,5 Amp.

Es versteht sich für jeden Elektrotechniker von selbst, daß das elektrische Einflößsystem eine sehr große Zahl von Schaltungs-



Abb. 22. Elektropol vor der Anwendung.

kombinationen zuläßt, auf welche ich hier nicht näher eingehen kann.

Elektropol. Meine Beschäftigung mit den Schaltungen endete damit, daß ich eine solche herausfand, welche in zweckmäßiger Weise die Elektrode mit dem Elektrowärmer zu einem Gegenstand vereinigt, den ich nunmehr „Elektropol“ oder kurz „Pol“ nenne; in Abb. 22 ist der Elektropol vor seiner Verwendung in einem Grubenfilo

photographisch wiedergegeben. Der Elektropol wirkt, wenn er ins Futter eingebracht und eingeschaltet ist, so lange hauptsächlich als Elektrowärmer, als der Futterwiderstand hoch ist, er wird automatisch mehr und mehr zur reinen Elektrode, je mehr der Futterwiderstand im Verlauf der Silage abnimmt und begrenzt schließlich die Stromstärke auf ein vorgeschriebenes Maximum, wobei die

Vorschaltwiderstände als Wärmewiderstände für das Futter ausgenutzt werden. Diese Kombination von Elektrode und Elektrowärmer zu einem einzigen Apparat vereinfacht nicht nur das Verfahren wesentlich, sondern liefert zugleich das Maximum an Futterstrom, weil bei niedrigem Futterwiderstand der gesamte zur Silage aufgewendete Strom durchs Futter fließt.

November 1922.

Der Elektropol ist das Endergebnis der kon-

kreten Niederschläge meines etwa einjährigen Studiums mit der elektrischen Futterkonservierung. Er bildet den Gegenstand meiner achten Patentanmeldung für das elektrische Einsilosystem und wurde zum ersten Male im November 1922 ausprobiert.

Abb. 23 zeigt eine Anordnung von zwölf Elektropolen in einer quadratischen Schnitzelgrube von $3,5 \times 3,5 \text{ m}^2$, wobei die Verteilung so ausgewählt worden ist, daß auf jeden Elektropol ein möglichst gleiches Futterquantum entfällt. Aus der Abb. 24 ist eine Schaltung sowie der Anschluß der Elektropole an das Drehstromnetz ersichtlich. Für rechteckige Querschnitte ergeben sich ganz analoge Bilder. Abb. 25 gibt die photographische Aufnahme der elektrischen Silage in einem normalen Grubensilo mit zwölf Elektropolen wieder und zeigt zugleich, wie der Anschluß eines Pols mittels Stecker herge-

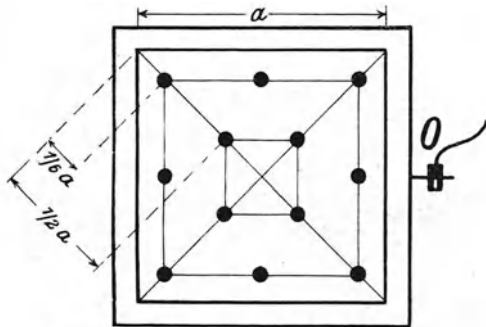


Abb. 23. Silo mit 12 Elektropolen.

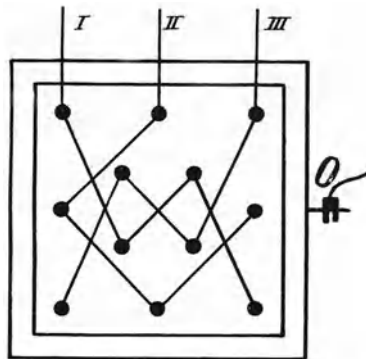


Abb. 24. Schaltung von 12 Elektropolen in einem Normal-silo.

elektrischen Silage in einem normalen Grubensilo mit zwölf Elektropolen wieder und zeigt zugleich, wie der Anschluß eines Pols mittels Stecker herge-

Herrichtung der Silos für das elektrische Einsilosystem. Es folgt nun zunächst die Beschreibung der Herrichtung von Silos für das elektrische Einsilosystem. Die inneren Wände und der Boden eines Silos werden mit einem 2,5 bis 3 cm starken Zementputz versehen, welcher wasserdicht und luftundurchlässig sein soll. Auf diesen Putz der Wände wird ein verzinktes Eisendrahtgeflecht, etwa wie es zu Garteneinfriedigungen benutzt wird oder anderer billiger Art, aufgebracht. Das ganze Drahtgeflecht soll in sich durch einen etwa



Abb. 25. Grubensilo mit 12 Elektropolen.

10 qmm starken Kupferdraht bzw. Kupferstreifen oder einen etwa 16 bis 25 qmm starken verzinkten Eisendraht verbunden sein, welcher zum Anschluß an den Null- oder Erdpol der elektrischen Zuleitung bzw. an die Erdungsleitung dient und deshalb an einer Ecke des Silos frei herauszuführen ist. Der Boden der Silos erhält keinen Drahtbelag. Das Drahtnetz der Wandungen wird so mit einem dünnen Bestrich von reinem Sand und Zement versehen, daß es verschwindet und glatte Wände entstehen, ohne daß die elektrische Leitfähigkeit des Drahtnetzes wesentlich beeinträchtigt wird. Abb. 26 zeigt den abgebrochenen Wand- und Bodenquerschnitt einer

nach vorstehender Beschreibung hergerichteten, mit Ziegelsteinen ausgemauerten Schnitzelgrube.

Für neu anzulegende Erdgruben empfiehlt sich sowohl der rechteckige als auch der quadratische Querschnitt. Der rechteckige Querschnitt bietet bei normalen Abmessungen von 3 bis 3,50 m lichter Weite, 4,50 bis 5 m lichter Länge, 1,80 bis 2 m lichter Tiefe gegenüber dem quadratischen den nicht unbedeutenden Vorteil, daß Spann-
tiere zum Einstampfen des Futters während des Einfüllens verwendet werden können, was sich bei normalen quadratischen Gruben wegen Platzmangels schlecht einrichten läßt. Der quadratische Querschnitt hat gegenüber dem rechteckigen andererseits den Vorzug, daß sich eine quadratische Grube bei normalen Größenverhältnissen von etwa 3 bis 3,5 m

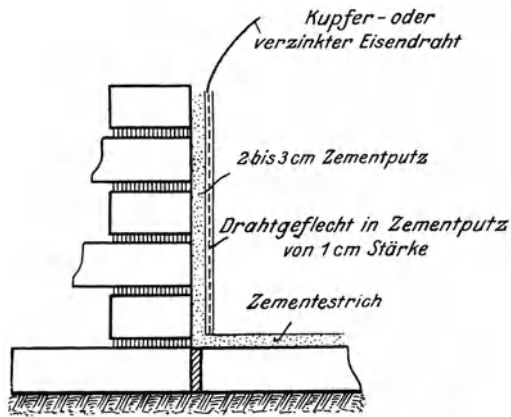


Abb. 26. Wand- und Bodenquerschnitt eines Normalilos.

lichter Quadratweite und 1,80 bis 2 m lichter Tiefe mit Rücksicht auf Anfuhr, Zerkleinerung, Einbringen und Festtreten des Futters bequem in einem Tagewerk füllen läßt, was bei rechteckigen Silos von oben bezeichneter Größe nicht immer der Fall sein wird. Nun kann bei hohen Außentemperaturen, wie im Sommer, für einen nur zum Teil gefüllten Silo, dessen Futter eine Anfangstemperatur von 15 bis 30° C mit in den Behälter bringt, natürlich schon eine Nachtzeit genügen, um schädliche Gärungen aufkommen zu lassen; bei kalten Außentemperaturen, wie im Herbst, kommt das Futter nur mit etwa 0 bis 5° C in die Behälter und kann deshalb ohne Gefahr tagelang liegen, ohne daß sich merkliche Gärungsercheinungen in dieser Zeit zeigen. Mit anderen Worten wird für

die Silage in der Sommerzeit die Vorschrift gelten müssen, die elek-

trische Behandlung un-
mittelbar nach der Fül-
lung der Silos anzu-
setzen, während im Herbst
diese Vorschrift nicht zu
gelten braucht. Es sind
daher für Neuanlagen
beide Grubenquerschnitte
zu empfehlen, und zwar
für Sommerfutter: Gras,
Klee, Luzerne der qua-
dratische, für Herbstfutter:

Zuckerrübenblätter,
Milchfutter der recht-
eckige Querschnitt. Ab-
bildung 27 zeigt den
Grundriß und Schnitt
einer normalen quadra-

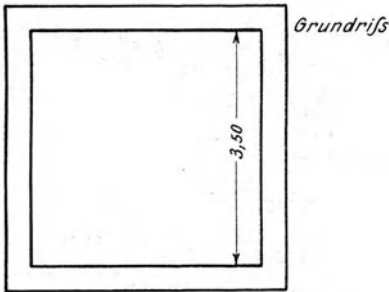
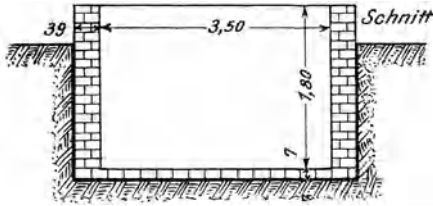


Abb. 27. Quadratischer Normal silo.

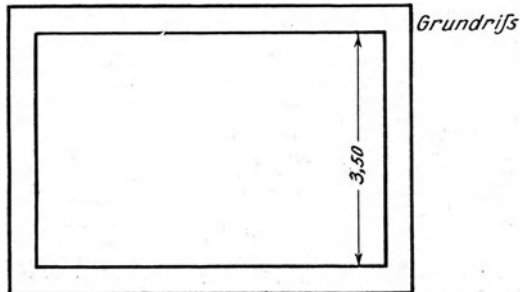
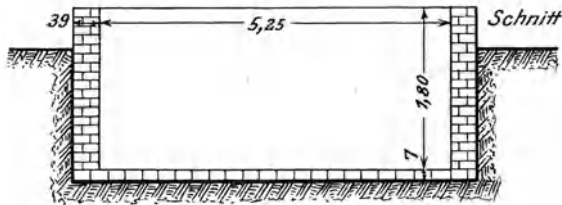


Abb. 28. Rechteckiger Normal silo.

tischen Grube; Abb. 28 zeigt das gleiche für eine normale rechteckige Grube. In Abb. 29 ist eine leere (vorn) und eine hochaufgefüllte (dahinter) quadratische Grube photographisch dargestellt. Das Einlassen der Gruben in die Erde richtet sich natürlich nach dem lokalen Grundwasserstand; der guten Wärmeisolation wegen sollte man so tief wie möglich in die Erde hineinbauen. Der



Abb. 29. Leerer und hochaufgefüllter quadratischer Gruben-silo.

lichte Rauminhalt der beiden abgebildeten normalen Gruben beträgt für die quadratische Grube etwa 20 cbm, für die rechteckige etwa 30 cbm. Da man bei gutem Einstampfen und hohem Aufschichten über den Grubenrand hinaus auf jeden Kubikmeter je nach Pflanzenbeschaffenheit eine Futtermenge von 15 bis 18 Ztr. unterbringen kann, so faßt eine quadratische Normalgrube etwa 350 Ztr., eine rechteckige Normalgrube etwa 500 Ztr. Futter.

Die Größenverhältnisse, die ich einem quadratischen oder rechteckigen Normalfälo zugrunde gelegt habe, sind nicht zuletzt aus der Rücksichtnahme auf die Leistungsfähigkeit von Überlandzentralen hervorgegangen. Nach der im zweiten Teil gegebenen Faustformel

$$F = \frac{15 \cdot L \cdot T}{t_e - t_s}$$

erhält man mit genügender Genauigkeit das Futterquantum in Zentnern, welches für die Innehaltung einer vorgeschriebenen elektrischen Höchstleistung je Silage auf einmal siliert werden darf. Ich habe für quadratische Normalgruben eine elektrische Leistung von etwa 5 Kilowatt je Grube und für rechteckige Nor-

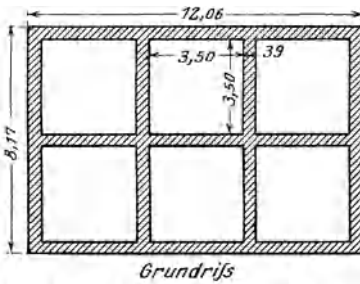


Abb. 30. Sechsfacher Normalfälo.

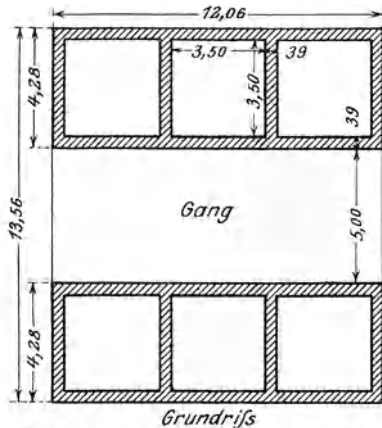


Abb. 31. Sechsfacher Normalfälo in 2 Reihen mit Durchfahrt.

malgruben eine solche von etwa 7,5 Kilowatt je Grube zugelassen. Diesen Leistungen entsprechen in Drehstromanlagen mit einer Phasenspannung von 210 Volt für quadratische Normalgruben Stromstärken von etwa 13 Amp. und für rechteckige Normalgruben solche von etwa 20 Amp. Setzt man $(t_e - t_s)$ nach Erfahrung = 10°C und $T = 45^\circ \text{C}$, so gewinnt man für F die gleichen Werte, welche vorstehend aus dem Fassungsvermögen der Gruben schon errechnet worden sind.

Bei Verwendung vorhandener langer Schnitzelgruben, aus welchen sich durch Einziehen von Querswänden zahlreiche quadratische oder rechteckige Normalgruben herstellen lassen, können die vorhandenen Breiten und Tiefen ohne weiteres beibehalten werden;

auch schräge Wände sind unbedenklich zulässig. Hochgebaute runde, viereckige oder sechseckige Silos, von welchen sich die Süßpreßbehälter wegen ihrer Preßvorrichtungen besonders gut für das elektrische Einsilosystem eignen, bleiben wie sie sind und werden lediglich an ihren inneren Wandungen gemäß vorstehenden Angaben hergerichtet. Mehrere Normalgruben vorbebeschriebener Größe ordnet man zweckmäßig in zwei Reihen nebeneinander an, wie

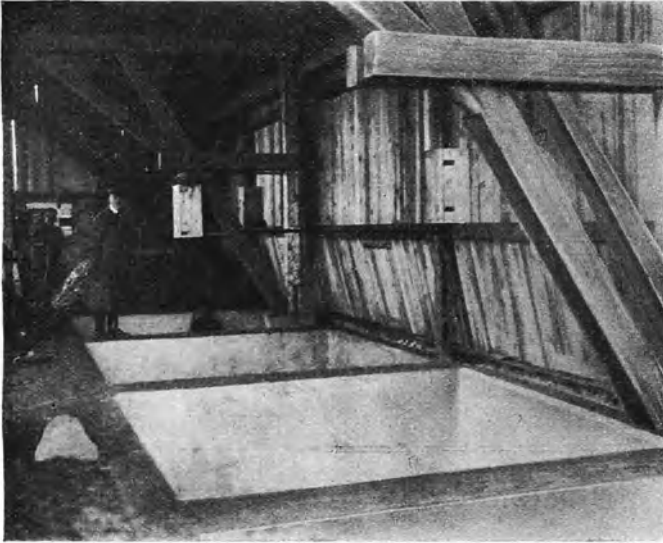


Abb. 32. Drei quadratische Grubensilos.

Abb. 30 für sechs quadratische Normalgruben im Grundriß erkennen läßt. Zweckmäßiger, wenn auch teurer, ist die Anordnung nach Abb. 31, weil die zwischen den beiden Reihen liegende Anfahrt zu der Grube unter Dach liegt und auch die Futterarbeiten vor Regen geschützt sind. Abb. 32 läßt drei quadratische Gruben erkennen, welche aus einer vorhandenen langen Schnitzelgrube durch Einziehen von Quertwänden hergestellt wurden.

Erdruben, welche an Gebäude anschließen, erhalten eine einfache Überdachung von etwa 2 m freier Höhe, so wie sie in Abb. 33 beispielsweise dargestellt ist und auch noch aus Abb. 22 (S. 84)

hervorgeht. Abb. 34 zeigt eine Dachausführung für den Grundriß in Abb. 30; Abb. 35 und Abb. 36 zeigen eine solche für den Grundriß in Abb. 31.

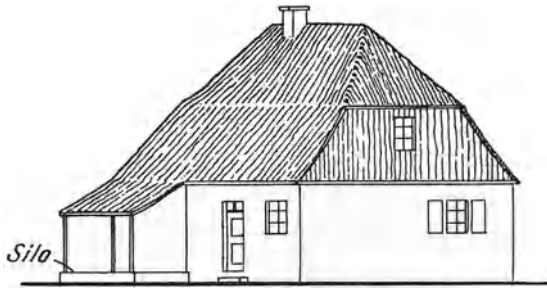


Abb. 33. Normal silo am Haus.

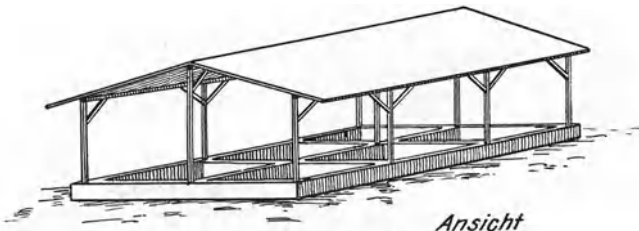


Abb. 34. Sechsfacher Normal silo.

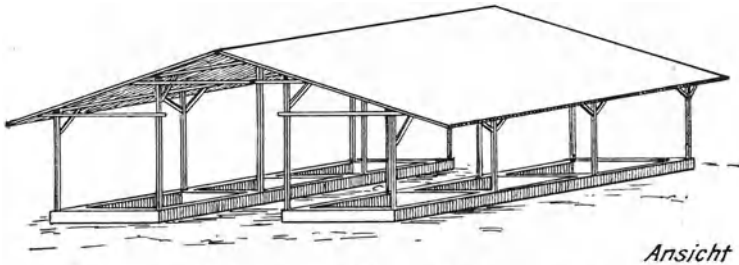


Abb. 35. Sechsfacher Normal silo in 2 Reihen mit Durchfahrt.

Es ist selbstverständlich, daß die Überdachung der Grubensilos kein integrierender Bestandteil der elektrischen Silage ist und daß man darauf verzichten kann; man muß sich nur klar darüber sein, daß ohne Überdachungen die Möglichkeit — nicht etwa die Not-

wendigkeit! — besteht, daß ein an sich gut siliertes Futter durch Zutritt von Regen- bzw. Schmutzwasser wieder infiziert werden und an Qualität mehr oder weniger einbüßen kann. Es wird auch durch praktische Versuche zu prüfen sein, ob es sich nicht empfiehlt, bei der Silage von zu wasserreichem Futter, insbesondere von Rübenblättern mit Schnee und Eis, dem überschüssigen Wasser im Futterstoc durch vorgesehene Löcher im Boden des Silos den Abfluß zu ermöglichen.

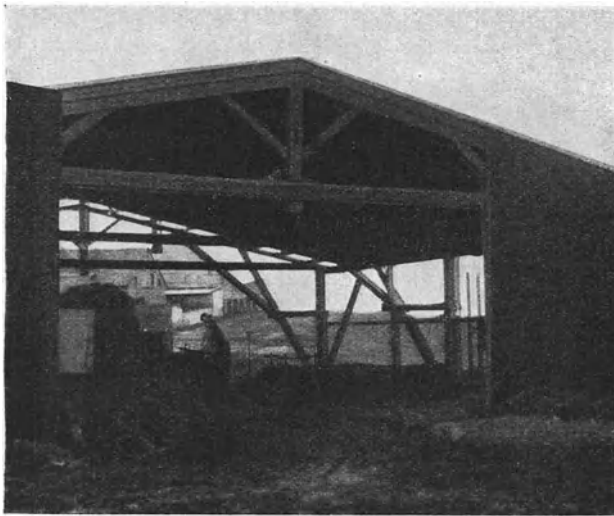


Abb. 36. Überdachung für Grubensilos mit Durchfahrt.

**Arbeitsvorgang bei einer Silage mit dem elektrischen Ein-
silosystem.** Der Arbeitsvorgang bei einer Silage mit dem elektrischen Ein-
silosystem ist folgender: Der Boden der Silos wird zu-
nächst mit einer Schicht aus feinem Raff von etwa 25 bis 35 cm
Stärke bedeckt. Alsdann wird das je nach seiner Beschaffenheit ge-
häckselte oder gerissene oder überhaupt nicht zerkleinerte Grünfutter
in den Silo eingefüllt, wie Abb. 37 zeigt. Im Silo wird die ein-
geworfene oder eingeblasene Futtermasse von ein bis zwei Leuten
gleichmäßig verteilt und von diesen oder, wo es sich machen

läßt, von Spanntieren festgetreten. In hochgebauten Silos wird die Silage schichtenweise vorgekommen, wobei jede Schicht etwa 1,80 bis 2 m stark ist. Um dem Zusammensinken des Futters während und nach der Silage Rechnung zu tragen, wird das frische Futter noch bis zu 1 m über den Grubenrand bzw. über die Schichtoberfläche hinaus in Haufenform aufgetürmt. Ist die



Abb. 37. Füllen eines Grubensilos.

Füllung der Grube beendet bzw. die vorbezeichnete Schicht im Siloturm eingebracht, so werden die Elektropole nach obigen Angaben gleichmäßig auf den Futterstock verteilt und gemäß Abb. 38 senkrecht in denselben eingeschraubt. Ich rechne auf 1 qm Futteroberfläche etwa einen Pol, wobei in Drehstromanlagen die Gesamtzahl der Pole möglichst eine durch drei teilbare Größe sein soll. Die Pole werden hiernach mittels Verbindungsschnüren mit Steckern in der bei anderen beweglichen elektrischen Gebrauchsapparaten auch üblichen Weise, wie aus Abb. 39 ersichtlich, an die Schalttafel

angeschlossen und der Strom alsdann eingeschaltet; hiermit nimmt die elektrische Silage ihren Anfang.

Die elektrische Behandlung des Futterstodes kann auf die Nachtzeiten beschränkt werden, so daß am Tage der Strom ausgeschaltet bleibt; dies empfiehlt sich, wenn die betreffende Überlandzentrale für Nachtstrom eine

Strompreisermäßigung gewährt. Die Dauer der elektrischen Silage hängt in erster Linie von der äußeren Beschaffenheit der in den Silo eingebrachten Futterpflanzen ab und beträgt 2×12 Stunden, wenn die Pflanzen regentrocken mit hoher Anfangstemperatur (Sommer) eingebracht werden, steigt aber auf 4×12 bis etwa 6×12 Stunden an, wenn die Anfangstemperatur niedrig, z. B. bei 0°C liegt und außerdem Schnee



Abb. 38. Einschrauben eines Elektropols in den Futterstod.

und Eis mit in den Futterstod hineingekommen sind (Spätherbst). Die Silage ist als beendet anzusehen, wenn das Futter im Durchschnitt eine Temperatur von 40 bis 50°C erreicht hat, was der Anfänger mittels eines Stodthermometers feststellen wird, der Erfahrene aber einerseits an dem Kilowattstundenverbrauch, andererseits am Transpirieren des Futterstodes und Einfallen desselben ohne weiteres erkennen kann. Die Erfahrungen in Elsaunlagen

haben ergeben, daß es für den Erfolg der elektrischen Silage nicht notwendig ist, daß der Futterstoc in allen seinen Teilen auf die Temperatur von 40 bis 50° C gebracht wird; vielmehr sind auch dann noch zufriedenstellende Ergebnisse zu verzeichnen gewesen, wenn der Futterstoc teilweise unter einer Temperatur von 20° C



Abb. 39. Anschließen eines Elektropols.

geblieben war. Man hat sich vorzustellen, daß ein gewisser Prozentsatz hochinfizierter Futterstocprovinzen mit Milchsäure den ganzen Futterstoc noch nach Beendigung der elektrischen Silage allmählich zu durchdringen vermag, wie es ja ähnlich auch bei dem Reinzucht-Milchsäure-Bakterienkulturen-Verfahren der Fall ist. Es fragt sich sogar, ob es überhaupt wirtschaftlich ist, die Erwärmung eines Futterstoces mit Elektrizität so weit

zu treiben, daß alles Futter gleichmäßig auf 40 bis 50° C erwärmt wird, oder ob nicht vielmehr ein Wirtschaftlichkeitsmaximum hierfür besteht. Es ist auch möglich, daß durch Anwendung von Zusatzwärme bei dem Reinkulturverfahren, d. h. durch eine Kombination dieses Verfahrens mit dem elektrischen Verfahren ein günstiges wirtschaftliches Ergebnis erzielt werden kann, was durch praktische Versuche festzustellen sein wird.

Es empfiehlt sich, während der Silage den Futterstoc eines elek-

trischen Silos nicht zu betreten, wenn nicht der Strom ausgeschaltet ist, weil sich die Elektrifizierung des Futters auf den Körper überträgt. Eine Gefährdung ist bei dem elektrischen Einilosystem ausgeschlossen, weil die Wandungen der Silos mit dem Erdpol des elektrischen Leitungsnetzes verbunden sind und deshalb keine elektrische Spannung führen. Auch das umliegende Erdreich ist völlig frei von vagabundierenden Strömen, weil dieselben restlos im Drahtnetz der Wandungen aufgefangen werden.

Nach Beendigung der Silage wird der Strom ausgeschaltet, die Verbindungsschnüre werden abgetrennt und die Elektropole aus dem Futter herausgeschraubt. Alsdann muß das Futter nochmals möglichst festgetreten bzw. eingestampft werden. Bei dem Einstampfen sind besonders die Stellen zu berücksichtigen, an welchen die Pole geessen haben. Süßpreßsilos, welche für das Konfervierungsverfahren mit dem elektrischen Einilosystem verwendet werden, gewähren den Vorteil, daß das Pressen des Futterstoßes mittels mechanischer Vorrichtungen in einfacher und gründlicher Weise besorgt werden kann. Ist das Einstampfen bzw. Pressen besorgt, so kann man die Futteroberfläche zur Vermeidung von Schimmelbildung mit ein wenig Viehsalz bestreuen. Alsdann bringt man bei normalen Gruben eine Schicht aus feinem Raff von etwa 5 bis 10 cm Stärke auf das Futter auf und deckt die ganze Grube mit einer Schicht aus trockener Lehmerde von etwa 30 cm Stärke ab. In hochgebauten Silos wird nach Beendigung der elektrischen Silage von einer 2 m-Schicht ohne Abdeckung gleich die zweite 2 m-Schicht Futter aufgebracht und mit dieser in gleicher Weise verfahren wie vorher beschrieben ist, bis der Silo in seiner ganzen Höhe gefüllt ist. Alsdann muß die Futteroberfläche ebenfalls entsprechend abgedeckt werden.

In dem vorherbezeichneten Zustande bleibt der Futterstoß ohne weitere Behandlung bis zu seiner Verwendung; es empfiehlt sich, die Abdeckung in den ersten Wochen nach Abschluß eines Silos daraufhin zu beobachten, ob Risse entstehen, und diese sogleich zu schließen.

Die elektrische Leistung verändert sich während der ganzen Silage praktisch unbedeutend; die Stromstärke beträgt in Drehstromanlagen mit einer Phasenspannung von 210 Volt bei einer quadratischen

Normalgrube von etwa 20 cbm höchstens 13 Amp., bei einer rechteckigen Normalgrube von etwa 30 cbm höchstens 20 Amp. Der Futterstromverbrauch stellt sich auf etwa 0,5 bis 1 Kilowattstunde je Zentner Futter. Der Kilowattstundenverbrauch ist, abgesehen von dem Einfluß der Futterart, hauptsächlich von der Anfangstemperatur des Futters, d. h. von der Außentemperatur der Luft und dem Feuchtigkeitsgehalt des Futters abhängig. Im Sommer kommt man bei regentrockenem Futter mit 0,5 Kilowattstunde aus; im Spätherbst dagegen, wenn das Futter zum Teil mit Eis und Schnee in den Silo eingebracht wird, ist etwa 1 Kilowattstunde, in außergewöhnlich ungünstigen Fällen, wenn das Futter unzerkleinert und stark mit Schnee und Eis vermischt ist, über 1 Kilowattstunde erforderlich; in diesem letzten Falle wird aber der Strom für das Zerkleinern des Futters gespart. Zu dem Kilowattstundenverbrauch für die Silage kommt eventuell noch der Stromverbrauch für das Häckeln bzw. Reißen des Futters mit etwa 0,25 bis 0,50 Kilowattstunden je Zentner Futter hinzu.

Vorzüge des elektrischen Einjiloystems. Ich komme nun zur Aufzählung der Vorzüge, welche das Futtermittelkonservierungsverfahren mit Anwendung des elektrischen Einjiloystems aufzuweisen hat.

1. Die Baustoffe werden für die Silos nicht vorgeschrieben und können beliebig beschafft werden.
2. Es können alle Silostrukturen, insonderheit die sogenannten Schnitzelgruben, verwendet werden.
3. Die Gruben bieten bequeme Beschickung und gute Wärmeisolation.
4. In den Gebieten von Überlandzentralen mit Drehstrom können einzelne Behälter Verwendung finden.
5. Die Wandungen der Behälter und der benachbarte Erdboden sind durch den mit dem Erdboden des elektrischen Leitungsnetzes verbundenen Drahtgeflechtbelag strom- und gefahrlos.
6. Der elektrische Wirkungsgrad ist gleich 1, weil sich die gesamte dem Futter zugeführte elektrische Leistung nur im Futterstod selbst auswirken kann, so daß Stromverluste ausgeschlossen sind — das elektrische Einjiloystem bietet gewissermaßen ein Schul-

beispiel für eine restlose Umkehrung von elektrischer Energie in andersgeartete Energie.

7. Die Stromstärke ist unabhängig von der elektrischen Leitfähigkeit des Futters, bleibt während der ganzen Silage vom Einschalten bis Ausschalten des Stromes praktisch gleich und läßt sich in engen Grenzen vorausbestimmen.
8. Die Verteilung des Stromes erfolgt gleichmäßig auf die drei Phasen einer Drehstromanlage.
9. Die Erwärmung des Futters setzt sofort nach Einschaltung des Silagestromkreises, der Stromfluß durchs Futter kurze Zeit nachher kräftig ein.
10. Die Erwärmung erfolgt gleichmäßig durch den ganzen Futterstod.
11. Die elektrische Leistung und Stromstärke sind infolge der Gleichmäßigkeit während der Silagedauer so niedrig bemessen, daß sie selbst bei allgemeiner Einführung des neuen Verfahrens die Leistungsfähigkeit der bestehenden Ortsnetze, Ortstransformatoren und Zentralen nicht übersteigen.
12. Durch allgemeine Einführung dieses Verfahrens kann die Konsumententwicklung der Überlandzentralen gesteigert und ihre Wirtschaftlichkeit zum Nutzen aller Konsumenten erhöht werden.
13. Der Landwirt kann nach dem neuen Verfahren seine verschiedenartigen Futterorten, hoch- und geringwertige, in getrennten Silos konservieren und deshalb nach Belieben für die Verfütterung auswählen.

Silageergebnisse mit dem elektrischen Einsilosystem. Jetzt muß ich von dem Leser die Frage gewärtigen, welche Futterwertergebnisse bei der Silage mit dem elektrischen Einsilosystem vorliegen; die präzise Antwort hierauf müßte lauten: „Nach Urteil der Anlagenbesitzer und der Sachverständigen war das Futter in sountsoviel Anlagen »gut«, in sountsoviel Anlagen »sehr gut«, in sountsoviel Anlagen »ausgezeichnet«, seine chemische Analyse zeigte durchschnittlich sountsoviel Prozent Milchsäure, sountsoviel Prozent Essigsäure, keine Spur von Butterfäure, der Nährwertgehalt setzte sich im Durchschnitt aus sountsoviel Kilogramm Stärkewerten, dabei sountsoviel Prozent verdaulichem Eiweiß usw. zusammen; in keinem Falle ist ein ungünstiges Resultat bekannt.“

Eine solche Antwort muß ich vorläufig schuldig bleiben, weil noch nicht genügend praktische Erfahrungen vorliegen. Aber, so wird der Leser mit Recht fragen, wie steht es denn mit den Ergebnissen bei den Studienversuchen? Darauf antworte ich, daß dieselben von der Studienkommission in Halle veröffentlicht werden. Ja, höre ich manchen Leser fragen, wozu denn dann das ganze Buch? — Ich bin der Überzeugung, daß der vorliegende Gegenstand so wichtig ist, daß die gesamte landwirtschaftliche, elektrotechnische und wissenschaftliche Welt dafür interessiert zu werden verdient, und daß für diesen Zweck das Erscheinen einer Abhandlung nie zu früh erfolgt.

Schließlich kann und darf ich aber doch wohl mit bestem Anspruch auf künftige Bestätigung erwarten, daß die Ergebnisse der Futterkonservierung mit dem elektrischen Einfilosystem in der Praxis ebenso gute sein werden, wie es die mit anderen Verfahren heute schon sind, weil bei diesem System Wärme und Elektrizität, d. h. die beiden wichtigsten Faktoren, in Anwendung kommen, welche für das Gelingen der Futterkonservierung schon mit Bestimmtheit als ausschlaggebend erkannt worden sind.

Sieht man einmal von jeder spezifischen Einwirkung der Elektrizität bzw. Zusatzwärme auf die Gärungserreger ab, so bleibt gemäß den Berechnungen im zweiten Teil die Tatsache bestehen, daß durch die künstliche Erwärmung eines Futterstocks die Abtötung der Pflanzenzellen, d. h. der Konservierungsprozeß ganz wesentlich beschleunigt wird; da aber auf Grund schon vorliegender praktischer Erfahrungen die Gärungsprozesse innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalles, z. B. von 0 bis 45° C, in **kurzer** Zeit günstiger für das Silageergebnis verlaufen als wie bei **langer** Dauer, so ist der Schluß berechtigt, daß es möglich sein muß, durch Anwendung von Elektrizität die Futterkonservierung zu verbessern. Diese Überlegung hat meinen Glauben an den Erfolg der elektrischen Futterkonservierung trotz mancher Mißerfolge immer aufrechtzuerhalten vermocht.

Strombahninstrumente. Ich will nun noch die Entwürfe von zwei Instrumenten mitteilen, welche dazu dienen könnten, die Strombahnen im Futter zu bestimmen und zu fixieren. Diese Instrumente stehen, wie ich ausdrücklich betonen will, im Gegensatz zu allen anderen von mir bekanntgegebenen Konstruktionen und Apparaten nur erst auf dem Papier und sind noch nicht ausprobiert worden.

Man hat sich vorzustellen, daß die Elektrizität im Querschnitt eines Futterstodes während der Silage Strombahnbilder erzeugt, welche ähnlich den Chladnischen Klangfiguren oder den Kurvenbündeln von Eisenfeilspänen an Magnetpolen als der Ausdruck des allüberall in der Erscheinungswelt waltenden naturgesetzlichen Kraftgleichgewichts anzusprechen sind. Es ist für die Beurteilung der elektrischen Vorgänge im Futter wichtig, die Strombahnbilder zu kennen. In Abb. 12 (S. 72) ist ein solches Bild schägungsweise für einen runden Behälter mit drei Pfafen I, II, III wiedergegeben.

Für die Bestimmung eines solchen Bildes schlage ich bei Anwendung von Gleichstrom das in Abb. 40 skizzierte Instrument vor. Das im Querschnitt gezeichnete Rohr *r* besteht aus dielektrischem Material, z. B. aus gut imprägniertem Holz. In dem unteren Teil des spitz auslaufenden Rohres befindet sich eine Glühlampe *l* (Taschen-

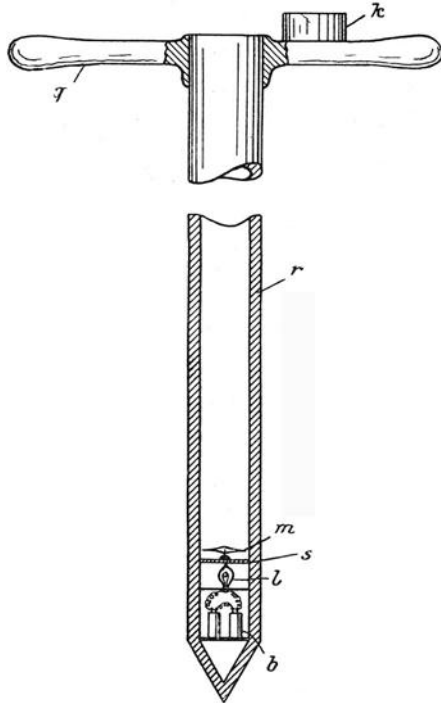


Abb. 40. Strombahnmesser für Gleichstrom.

lampe) mit Batterie b. Über der Lampe ist eine Milchglascheibe s mit Zifferblatt und Winkelgradeinteilung angebracht. Eine kleine Magnetnadel m ist entweder im Mittelpunkt der Scheibe aufgestellt oder wird an einem Faden von oben in das Rohr hineingehängt. Zur Orientierung des Instruments nach den Gefäßwandungen des Silos bzw. nach der Himmelsrichtung erhält das Rohr oben einen Richtstab q mit einem aufgesetzten Kompaß k. Das Rohr wird nun zu

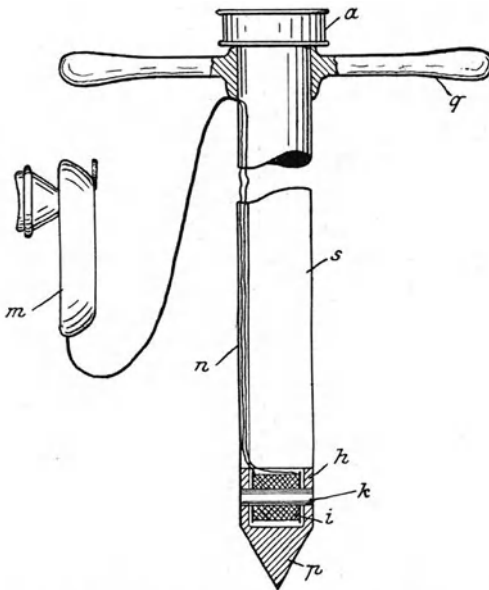


Abb. 41. Strombahnmesser für Wechselstrom.

den Versuchen senkrecht in die Futtermasse, deren Strombahnbild fixiert werden soll, eingelassen, mittels des Richtstabes in die normale Stellung gebracht und die Glühlampe eingeschaltet. Als dann kann die Stellung der Magnetnadel, welche senkrecht zu den Strombahnen gerichtet wird, von oben abgelesen und notiert werden. Durch Wiederholung dieses Experiments an be-

liebigen vielen Stellen werden die Kurvenpunkte und Kurventangenten zur zeichnerischen Darstellung des Strombahnbildes gefunden.

Das in Abb. 41 dargestellte Instrument soll dem gleichen Zweck im Falle der Anwendung von Wechselstrom bzw. Drehstrom dienen: An einem massiven runden Stab s aus imprägniertem Holz ist ein zylindrischer Hohlkörper h mit massiver Spitze p ebenfalls aus imprägniertem Holz angefügt. In den Hohlkörper h ist senkrecht zur Achsenrichtung des Stabes ein starker Kupferdraht k so eingelassen,

daß seine blanken Enden diametral an der Zylinderoberfläche heraustrreten, ohne über dieselbe hinauszuragen. Über den Kupferdraht *k* ist eine Induktionspule *i* geschoben, deren Anschlußdrähte durch eine verschlossene Nut *n* nach oben geführt werden. Am oberen Ende des Instruments ist ein Doppelhandgriff *q* zu seiner Bedienung angebracht. Außerdem sitzt oben auf der Mitte des Handgriffs ein Kompaß *a* mit Zifferblatt und Winkelgradeinteilung; der Meßstab ist durch Leitungsschnüre mit einem Telephonhörer *m* (Mikrophon) verbunden. Für die Versuche wird dieser Meßstab ebenso wie der zuerst beschriebene senkrecht in den Futterstock eingelassen. Bei ausgeschaltetem Strom stellt man zunächst das Instrument mittels des Handgriffes *q* auf die Nullstellung des Kompasses ein. Darauf schaltet man den Strom ein und dreht unter Verwendung des Hörers den Meßstab so lange hin und her, bis im Telephon ein Lautmaximum entsteht; diese Stellung des Instruments entspricht der Strombahnrichtung an der betreffenden Stelle des Futters und wird durch Gradablese am Kompaß fixiert. Die Lautstärken an den verschiedenen Stellen des Futters vermögen zugleich ein Kriterium für die Verteilung der Stromstärken bzw. der Stromdichten in der Futtermasse abzugeben.

Vierter Teil.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Rechnik beherrsicht den dritten Teil, Wissenschaft den zweiten Teil, Praxis den ersten Teil und Wirtschaft wird den nachfolgenden vierten Teil dieses Buches beherrschen. Dieser Teil, welcher ausschließlich der Süßfutterbereitung, insbesondere mit Anwendung von Elektrizität, gewidmet sein soll, ist in seiner Behandlung aus folgenden zwei Gründen der schwierigste:

Erstens: Alle Vorausberechnungen, wozu in erster Linie die Wirtschaftlichkeitsberechnung gehört, haben nur dann praktischen Wert, wenn sie zuverlässig sind; dies können sie aber nur dann sein, wenn sich ihre Grundlagen fest und unabänderlich bestimmen lassen; da das letztere aber heutzutage infolge der unsicheren Währungsverhältnisse nicht der Fall ist, so müßte man eigentlich auf Wirtschaftlichkeitsberechnungen überhaupt verzichten, was aber wiederum nicht gut zu heißen ist. Demgegenüber könnte der Einwand gemacht werden, daß doch alle Faktoren einer Rentabilitätsberechnung gleichmäßig von der Marktwertung betroffen werden, so daß den Rechnungsergebnissen zu allen Zeiten wenigstens noch ein relativer Wert zugesprochen werden könnte. Das ist durchaus richtig; jedoch nur dann, wenn die Rechnungen unter solchen Verhältnissen individuell behandelt werden, d. h. wenn der Anlagenbesitzer sie selbst aufstellt; dieser operiert hierbei nämlich mit Zahlen, deren Vorzüge und Schlichtheiten er so gut kennt wie die seines Viehes. Für den Anlagenbesitzer wird in solchem Falle das Rechnungsergebnis immer schon die Beleuchtung bzw. die Schatten aufweisen, welche von den Rechnungsunterlagen ausgehen, so daß noch ein brauchbares Urteil herauspringt. Solche Charakteristik des Endergebnisses bleibt aber aus, wenn die Rechnung unter heutigen Verhältnissen nicht indi-

viduell aufgemacht wird, was doch wohl zuträfe, wenn der Verfasser sie in diesem Buche wiedergäbe.

Zweitens: Wenn die vorbezeichnete erste Schwierigkeit dieses Teiles dadurch beseitigt werden sollte, daß man zwar die Berechnungen unterläßt, daß man aber dem Leser die Mittel an die Hand gibt, um die Rechnungen selbst auszuführen, so entsteht die Frage, wie weit man hierbei gehen soll.

Sehen wir uns nun einmal die Faktoren näher an, welche eine Wirtschaftlichkeitsberechnung von Süßfutteranlagen ausmachen; es sind da zu nennen:

1. Beschaffungskosten der Anlage einschließlich allen Zubehörs,
2. Lebensdauer der Anlage in ihren Teilen,
3. Betriebskosten der Silage,
4. Produktionskosten für das zur Silage bestimmte Grünfutter,
5. Bewertung des Futters,
6. Betriebswirtschaftliche Vorteile für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb durch die Süßfutterbereitung.

Beschaffungskosten der Anlage einschließlich allen Zubehörs.

Die Grundlage für alle Rentabilitätsberechnungen, welche wir unter Punkt 1. mit Beschaffungskosten der Anlage bezeichnet haben, ist durch Krieg und Revolution verlorengegangen. Anlagekosten haben für eine Rentabilitätsberechnung nur Wert, wenn sie für längere Zeit Bestand haben. Was aber heute 1000 *M* kostet, kann morgen schon 2000 *M* kosten, nur leider nicht umgekehrt. Der Verfasser sieht deshalb von dem fruchtlosen Bemühen ab, auf die Anlagekosten weiter einzugehen in der Erwartung, daß sich der Leser an Hand der im ersten und dritten Teil gegebenen genauen Beschreibung der Anlagen ein zutreffendes Bild von den Anschaffungskosten selbst zu machen imstande ist.

Lebensdauer der Anlage in ihren Teilen. Die Lebensdauer von gut ausgeführten gemauerten Gruben und Türmen kann als sehr günstig angesehen werden; da hierüber schon hinreichend zuverlässige Erfahrungen vorliegen, erübrigt es sich, Zahlen zu nennen. Die elektrische Apparatur für eine elektrische Anlage besitzt schon wegen ihrer aus dem vorigen Teil ersichtlichen Einfachheit eine lange Lebensdauer, zumal die hierzu gehörigen Teile lediglich während

der Silagedauer in Gebrauch sind und daher außer Betrieb gut aufbewahrt werden können.

Betriebskosten der Silage. Beschränken wir die Behandlung der Betriebskosten von Süßfutteranlagen auf die elektrische Silage, so zerfallen dieselben in Lohn-, Gespann-, Strom- und Unterhaltungskosten. Für die vorliegenden Betrachtungen soll ein rechteckiger Normalstilo von $3,5 \times 5$ m Querschnitt, 1,8 m Tiefe, d. h. rund 30 cbm Rauminhalt und etwa 500 Ztr. Futterfassungsvermögen, zugrunde gelegt werden. Als Silagefutter wählen wir ihrer Bedeutung wegen Zuckerrübenblätter mit Köpfen und nehmen nach Krafft (1) eine Ernte von 100 Ztr. je preußischen Morgen an.

Was nun zunächst die Unterhaltungskosten von Anlagen betrifft, so können dieselben immer als eine Funktion ihrer Lebensdauer angesprochen werden. Da wir soeben für die Lebensdauer der Konservierungsanlagen zu einem günstigen Urteil gekommen sind, so dürfen wir das gleiche auch auf die Unterhaltung dieser Anlagen anwenden. Die Unterhaltungskosten sind so gering, daß sie in der Berechnung der Betriebskosten ganz außer Ansaß bleiben können.

Lohn-, Gespann- und Stromkosten ergeben sich aus dem Futterquantum, welches für die Silage in Betracht kommt. Für den zugrunde gelegten rechteckigen Normalstilo sind 500 Ztr. Rübenblätterfutter, d. h. die Ernte von 5 preußischen Morgen, einzufahren, eventuell zu zerkleinern und in die Grube einzubringen sowie einzustampfen. Nach Erfahrung läßt sich diese Arbeit in einer Tagesschicht vom Morgen bis zum Abend bewerkstelligen; hierfür werden 15 Leute und 5 Gespanne mit je 2 Ochsen benötigt, und zwar

für 5 Gespanne je 2 Ochsen und 1 Fahrer =	5 Mann und 10 Ochsen,
zum Aufladen noch	4 "
zum Abladen und Einfüllen	4 "
zum Futter schneiden	2 "
zusammen =	15 Mann und 10 Ochsen.

zusammen = 15 Mann und 10 Ochsen.

Es ist hierbei berücksichtigt worden, daß die Fahrer beim Auf- und Abladen behilflich sind und daß die Spanntiere zum Einstampfen des Futters mitbenutzt werden.

Für das Abdecken eines Silos nach der elektrischen Silage kann man noch fünf Leute und zwei Gespanne je zwei Ochsen für dreiviertel Tag rechnen.

Um für die Stromkostenberechnung den ungünstigsten Fall zugrunde zu legen, nehmen wir an, daß die Silage im Spätherbst bei schlechter Witterung vor sich geht, so daß das Futter naß und mit viel Schnee und Eis in die Grube kommt. Für diesen ungünstigsten Fall stellt sich der Futterstromverbrauch in Einfiloanlagen auf etwa 1 kW=Std. je Zentner Futter, d. h. also für die Konservierung des Gesamtquantums von 500 Ztr. Rübenblättern auf etwa 500 kW=Stunden.

Hierzu kommt evtl. noch der Stromverbrauch für das Zerkleinern mit etwa 0,40 kW=Std. je Zentner Futter, d. h. 200 kW=Std. für 500 Ztr. Der gesamte Stromverbrauch beträgt hiernach für die Silage von 500 Ztr. gehäckselten Rübenblättern bzw. für fünf Morgen Rübenland in ungünstigen Fällen etwa 700 kW=Std. Wenn dem Anlagenbesitzer ein Doppeltarif für seine elektrische Anlage bewilligt wird, so entfallen von dem Gesamtverbrauch 500 kW=Std. (für Futterstrom) auf den niedrigeren Nachttarif und 200 kW=Std. (für Zerkleinern) auf den höheren Tagestarif.

Produktionskosten für das zur Silage bestimmte Grünfutter.

Die Produktionskosten für Futterpflanzen lassen sich heute noch viel weniger vorausbestimmen wie die Kosten für eine Konservierungsanlage; denn um dies tun zu können, müßte man schon fast auf ein Jahr in die Zukunft schauen können; das kann man aber nicht einmal auf Wochen und Stunden. Die Wahl des Beispiels zur vorigen Position ist insofern glücklich, als man wohl, ohne sich den Vorwurf der Großzügigkeit zuschulden kommen zu lassen, die Produktionskosten von Zuckerrübenblättern mit Köpfen gleich Null setzen darf, weil ohne sie die wertvollen Zuckerrüben nicht zu gewinnen sind. Wir tun hier gut, die Ansicht zu akzeptieren, welche v. Wenckstern (6) bezüglich der Frage des Verlustes von Trockenmasse bei der Silage mit folgenden Worten zum Ausdruck bringt: „Diese Frage ist aber nur dann von Bedeutung, wenn die Einsäuerung mit der Dürreheubereitung bei gutem Wetter in Vergleich gestellt werden soll, ist aber nebensächlich, wenn der Silo als Futtererretter sonst

ganz verderbender Pflanzen oder als Futterverbesserer minderwertigen Futters verwendet wird.“ In ganz gleichem Sinne spricht sich Böls (4) aus, indem er sagt: „Es sollte jeder Landwirtschaftsbetrieb, ob groß ob klein, über die erforderlichen Behälter verfügen, um wertvolle Futterstoffe, welche andernfalls nur sehr unvollkommen benutzt werden können oder gar dem Verderben ausgehört sind — ich erinnere z. B. an Serradella, Stoppelflee und Gras im Spätherbst (»und Zuckerrübenblätter mit Köpfen«, der Verf.) —, möglichst verlustlos zu konservieren.“

Es mögen hier die Ernteertragsziffern für die wichtigsten Grünfütterpflanzen, welche sich für die elektrische Konservierung eignen, in Tabelle 3 (S. 109) zusammengestellt werden; die Eintragungen sind der Pflanzenbaulehre von Krafft entnommen.

Bewertung des Futters. Diese Position muß eingehend behandelt werden, weil alle Urteile über die Silageergebnisse schließlich und zuletzt auf die Frage der Bewertung des Futters hinauslaufen. Die nachfolgenden Ausführungen entspringen hauptsächlich dem Studium des Lehrbuches von Pellner über „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere“, Neubearbeitet von Fingerling, und der „Futterfibel“ von Hoffmann.

Um einen klaren Einblick in diese umfangreiche Materie zu geben, soll der Stoff nach Möglichkeit tabellarisch behandelt werden. Die Anordnung wird sein:

- a) Bestandteile des Futters,
- b) Nährwert und Verdaulichkeit des Futters und seine Bewertung,
- c) Säuregehalt des Futters.

Die Bestandteile des Futters sind grundsätzlich Wasser und Trockensubstanz; die Trockensubstanz setzt sich zusammen:

- A. aus organischen Substanzen und
- B. aus Mineralstoffen.

Die organischen Substanzen bestehen aus:

- I. stickstoffhaltigen (Nh₂) Stoffen und
- II. stickstofffreien (Nfr₂) Stoffen;

zu den stickstoffhaltigen Stoffen gehören die Eiweiß- oder Proteinstoffe wie Albumine, Globuline, Fibrine, Nucleoalbumine, Proteide, Albuminoide, Fermente und Enzyme;

Tabelle 3.

Erntezeiten und Erträge von Grünfutterpflanzen.

Grünfutterpflanzen	Erntezeit	Ertrag je preuß. Morgen in Zentner	Bemerkungen für die Silage
Luzerne	1. Schnitt: Anfang Mai 2. „ Sommer	durchschn. 100	stengelreich, zartblättrig; vor Eintritt der Blüte ernten.
Johannisroggen. Bottelwicke	Mitte Mai Mitte Mai	25—30 120—300	sperrig, mit Johannisroggen oder Weizen anbauen, blätterreich.
Kotklee	1. Schnitt: Mitte Mai 2. „ Sommer 3. „ Frühherbst	durchschn. 100	zartblättrig; ganz jung bei 30—40 cm Höhe ernten.
Wiesengras (zweischährige Wiesen)	1. Schnitt: Pfingsten 2. „ (Grummet): Sommer	75—100	
Esparsette	Ende Mai bis Anfang Juni	50—200 je nach Boden	hochstenglig, feinblättrig; Ernte, wenn Mehrzahl der Pflanzen die Blüten der Ährenmitte voll geöffnet haben.
Mischfutter, bestehend aus: Wickhafer, Gerste, Erbsen, Pferdebohnen, Buchweizen, in warmer Gegend noch Mais	Anfang Juni bis Spätherbst	40—100 je nach Boden	sehr wertvolles Futter.
Serradella (Klauenbohne)	1. Schnitt: Ende Juli 2. „ Septbr.	45—200	stengelreich, zartblättrig; jung ernten.
Comfrey (Weinweil)	Sommer	200—300	grobstenglig, sehr sperrig, Schweinefutter.
Grünmais	Ende September bis Anfang Oktober.	125—250	dickstenglig, sehr sperrig, saftreich.
Zuckerrübenblätter mit Köpfen (Kappen, Blade)	Herbst	100—130	sperrig, sehr wertvolles saftreiches Futter.

zu den stickstofffreien Stoffen gehören:

- a) Fette und Öle,
- b) Holz- oder Rohfaserstoffe, bestehend aus Zellulose und Pentosane,
- c) die Extraktstoffe, bestehend aus Kohlenhydraten (besonders vertreten in Zucker und Stärkemehl), Pentosanen, inkrustie-

renden Substanzen und organischen Säuren, wie Apfelsäure, Zitronensäure, Weinsäure, Oxalsäure, Essigsäure, Butter-säure und Milchsäure.

Zu den Mineralstoffen zählen hauptsächlich Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Tonerde, Manganverbindungen, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Chlor.

Die vorstehende Aufzählung der Futterbestandteile ist in Tabelle 4 im Anhang nochmals wiedergegeben.

Der Nährwert und die Verdaulichkeit des Futters sowie seine Bewertung richten sich natürlich grundsätzlich danach, in welchem Maße und mit welchem Fütterungserfolge die Bestandteile des Futters den Bedürfnissen der Tiere hinsichtlich des Ersatzes verbrauchter Stoffe sowie hinsichtlich des Aufbaues neuer Stoffe und hinsichtlich der Wärmeerzeugung zur Entfaltung von Kraft und Bewegung entsprechen. Um den Anteil, welchen die verschiedenen Futterbestandteile an der Ernährung der Tiere haben, übersichtlich vor Augen zu führen, hat der Verfasser die Tabelle 5 aufgestellt, wobei aber gleich bemerkt sei, daß dieselbe deshalb nur bedingte Wichtigkeit hat, weil sich die Trennung der Futterstoffe in bezug auf ihre Ausnutzung im Tierkörper praktisch nicht scharf durchführen läßt. So ist z. B. von Liebig festgestellt worden, daß die Kohlenhydrate unter gewissen Voraussetzungen von den Eiweißstoffen vertreten werden können usw.

Die wertvollsten organischen Pflanzensubstanzen sind die Eiweißstoffe; es sind äußerst kompliziert zusammengesetzte Verbindungen, welche in ihrer Mannigfaltigkeit bis heute noch keine endgültige Darstellung ermöglichen; ihrer Bedeutung wegen mögen die Zahlen, welche Kellner (4) für die mittlere Zusammensetzung von Eiweiß angibt, hier Platz finden:

Kohlenstoff	= 52%,
Wasserstoff	= 7%,
Stickstoff	= 16%,
Schwefel	= 2%,
Sauerstoff	= 23%.

Nächst dem Eiweiß haben die Kohlenhydrate, insbesondere Zucker und Stärkemehl, den größten Futterwert. Im übrigen

stößt die Bewertung der einzelnen Futterstoffe in bezug auf ihre tatsächliche Nutzwirkung trotz der scheinbar einfachen Darstellung in Tabelle 5 auf sehr große Schwierigkeiten, welche in der Kompliziertheit eines Tierorganismus einerseits und eines Mikroorganismus andererseits ihre Begründung finden; die Lebewesen sind zwar vielleicht maschinenähnlich, aber nie maschinenmäßig. Selbst

Tabelle 5.

Ernährungszweck der Futterbestandteile.

Zweck der Ernährung	Nährstoffe
Stoff- und Kraftwechsel.	Sauerstoffreiche Luft.
Lösung und Transport der Nährstoffe.	Wasser.
Erzeugung von Muskelkraft.	Trockensubstanz.
	A. Organische Substanz.
Aufbau des Skeletts, Blut- und Milchbildung usw.	I. Stickstoffhaltige (N _H) Stoffe entweder a) Eiweiß- oder a) Verdauliches Protein. b) Nicht-eiweiß- b) Amide (leicht- verdauliche nicht-eiweißartige N-Verbindungen). c) Organische c) Verdauliches Basen. Eiweiß = a-b.
	II. Stickstofffreie (N _{fr}) Stoffe. a) Fette und Öle. b) Holz- oder Rohfaser. c) Extraktstoffe.
	B. Mineralstoffe.

die exakteste chemische Analyse von Futter kann einen Fütterungsversuch nie ersetzen. Was nützt das chemisch beste Futter, wenn die Tiere es nicht mögen oder wenn es nicht anschlägt. Dazu kommt immer noch der Wirkungsgrad der Verdauung, welcher alle Analysen über den Haufen werfen kann. Nach den Befunden der von exakten Fütterungsversuchen mittelst sogenannter „Respirationsapparate“ herrührenden Ergebnisse werden selbst die verdaulichen reinen Nährstoffe nie voll ausgenutzt. Die auftretenden Verluste sind einerseits

physiologischer bzw. chemischer Art und entstehen durch Fäulnis bzw. Gärung im Futterbrei oder während der Verdauung, andererseits sind sie in der physikalischen Beschaffenheit der Nährstoffe zu suchen und entstehen durch die Kautarbeit, welche z. B. bei Stroh- und Heuarten sehr erheblich sein kann.

Die heute ganz allgemein übliche Futterbewertung nach Stärkewerten (St. W.) stammt von Mellner (5); er stellte durch Versuche fest, daß das Stärkemehl sämtliche Ernährungsfunktionen, ausgenommen die spezifischen Wirkungen des verdaulichen Eiweißes und diejenigen der Mineralstoffe, zu vollziehen vermag, und brachte deshalb die Wirkung des „reinen Stärkemehls“ als Grundlage für die Futterberechnungen in Vorschlag.

Als „Stärkewert“ eines Futtermittels ist diejenige Menge Stärkemehl anzusehen, welche hinsichtlich der Fett-, Wärme- und Kraft- bzw. Milchproduktion dasselbe leistet wie ein Doppelzentner (dz) des betreffenden Futters.

Genügen auch in der Praxis im allgemeinen die Stärkewertziffern, so soll doch nach Mellner (6) „nicht außer acht gelassen werden, daß dem verdaulichen Eiweiß besondere Funktionen zukommen, welche von anderen Nährstoffen nicht geleistet werden können“. Man findet daher in den Tabellen über Futterbewertung außer den Stärkewerten in Kilogramm stets noch die Werte von verdaulichem Eiweiß, und zwar in Kilogramm von 1 dz Nährstoffmasse mit angegeben. Die meisten Tabellen enthalten außerdem die spezifizierten Prozentziffern vom Gehalt an allen Rohnährstoffen: Wasser, Trockensubstanz, Rohprotein, Rohfett, stickstofffreie Extraktstoffe und Rohfaser, sowie gesondert noch die Ziffern für die verdaulichen Nährstoffe, welche in Rohprotein, Rohfett, stickstofffreien Extraktstoffen und Rohfaser enthalten sind. In Tabelle 6 sind diese Ziffern für die wichtigsten Grünfuttersorten, und zwar für frisches Futter, Süßfutter und Dürreheu eingetragen.

Für die vorliegende Abhandlung müßte eine vergleichende Gegenüberstellung der Futterstoffwerte von frischem Futter — demnächst kurz „Frischfutter“ genannt —, Süßfutter und Dürreheu von größtem Interesse sein. Es sei bemerkt, daß sich die Süßfutterwerte

Tabelle 6.

Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Stärkewert von Futtermitteln aus bekannten Tabellen entnommen.

(Zahlen bezogen auf 1 dz der betreffenden Futtersorten.)

Futtermittel	Wasser kg	Trocken- substanz kg	Verdauliche Nährstoffe				Verdauliches Eiweiß kg	Stärkewert kg	
			Roß- protein kg	Roßfett kg	N-freie Ertz- stoffe kg	Roßfaser kg			
Gras	Frischfutter . . .	75,0	2,1	2,0	0,4	9,1	3,9	1,5	13,1
	Süßfutter	68,0	2,7	1,9	1,3	7,5	5,9	0,7	12,3
	Dürrheu	14,3	6,2	5,4	1,0	25,7	15,0	3,8	31,0
Luzerne . . .	Frischfutter . . .	81,1	1,9	4,3	0,4	4,7	2,0	2,7	8,7
	Süßfutter	72,5	3,5	3,0	1,6	4,2	4,3	1,2	7,8
	Dürrheu	16,0	7,3	12,1	1,1	21,1	11,3	8,1	26,5
Rotklee . . .	Frischfutter . . .	83,0	1,8	3,4	0,4	6,0	2,1	2,1	10,0
	Süßfutter	70,0	2,3	3,9	1,0	7,8	3,8	1,9	11,8
	Dürrheu	16,5	6,0	8,5	1,7	26,0	11,3	5,5	31,9
Serradella .	Frischfutter . . .	86,7	1,3	2,0	0,4	3,6	1,7	1,5	6,6
	Süßfutter	65,3	2,3	4,5	0,7	9,4	6,2	2,2	14,5
	Dürrheu	16,0	6,8	11,4	2,0	20,9	12,8	9,2	31,4
Wickfutter . .	Frischfutter . . .	81,3	2,4	2,0	0,4	4,0	3,0	0,8	6,7
	Dürrheu	16,0	8,6	6,5	1,7	23,3	12,3	4,2	28,8
Zuckerrüben- blätter mit Rüpfen	Frischfutter . . .	83,5	4,8	1,7	0,1	6,6	1,2	1,4	7,8

in Tabelle 6 ausschließlich auf die Erzeugnisse aus Süßpreßanlagen beziehen; auf die Einbeziehung von „Elektrofutter“ in die folgende vergleichende Beurteilung der verschiedenen Konservenarten muß der Verfasser, so erwünscht es auch wäre, leider verzichten, weil in der Literatur noch zu wenig Werteziffern von elektrisch silierten Futtersorten vorliegen. Die in den bisher veröffentlichten Tabellen enthaltenen Zahlen sind aber in der gebotenen Form auch für die beabsichtigte Gegenüberstellung der nicht elektrisch hergestellten Futtersorten unbrauchbar; dies ergibt sich schon deutlich aus einem Vergleich der Stärkewerte in Tabelle 6, wonach z. B. der Stärkewert von Serradellafutter mehr als doppelt so groß und der von Serradellahu sogar mehr als viermal so groß erscheint als wie der von Serradellafrischfutter, was natürlich paradox ist. Bei der Bedeutung,

welche der oben angedeuteten vergleichenden Beurteilung von Futterwerten in den verschiedenen Aggregatzuständen zukommt, soll hier der Versuch gemacht werden, die aus Tabellen bekannten Nährstoffwerte nach Erfahrungssätzen so umzurechnen, daß sie für die Vergleichung wenigstens als ungefähr zutreffend gelten können; die Wissenschaft wird dann künftig die richtigen Zahlen hierfür ermitteln. Für die nachfolgenden Berechnungen sollen ausschließlich Wasser, Trockensubstanz, verdauliches Eiweiß und Stärkewert des Futters berücksichtigt werden.

Um zu einem Resultat zu kommen, machen wir uns zunächst den Werdegang von Dürrheu bzw. Süßfutter unter Benützung von Erfahrungsziffern klar: Aus 100 kg Frischfutter gewinnt man im Durchschnitt entweder etwa 20 kg Dürrheu oder 90 kg Süßfutter; die Verluste von 80% bei der Dürrheugewinnung bzw. 10% bei der Süßfutterbereitung entstehen durch Abfall, Austrocknung und Zersetzung. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß sich die Austrocknung nur auf Wasserverlust durch Verdampfung beziehen kann und sicher sowohl bei der Dürrheugewinnung als auch bei der Süßfutterbereitung, ganz besonders bei ersterer, den Hauptverlustposten bildet. Der Abfallverlust bei der Heugewinnung kann bei mittelgünstiger Witterung zu 25% angenommen werden, er steigt aber bei schlechter Witterung auf 50% und mehr an; bei der Süßfutterbereitung darf ohne grobe Fahrlässigkeit kein Abfall eintreten, er soll deshalb = 0 gesetzt werden. Was schließlich die Zersetzungsverluste anbetrifft, so wird der sich hieraus ergebende Wasserverlust im Verhältnis zu der Wasserverdampfung sehr gering veranschlagt werden können.

Bei den weiteren Berechnungen gelten der Einfachheit halber die Prozentziffern dividiert durch 100, d. h. in Dezimalen.

Wir wollen nun zur Verallgemeinerung der Rechnung folgende Bezeichnungen einführen:

G = Gesamtgewicht einer Masseneinheit (1 dz) von Frischfutter in kg.

T_g = Trockensubstanz in der Masseneinheit Frischfutter in kg.

T_a = Trockensubstanz in der Abfallmasse von einer Masseneinheit Frischfutter in kg.

T_e = Trockensubstanz in der Masseneinheit Konserve in kg.

E_e = Verdauliches Eiweiß in der Masseneinheit Konserve in kg.

S_e = Stärkewert in der Masseneinheit Konserve in kg.

W_r = errechneter Wassergehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter in kg.

T_r = errechneter Trockenstoffgehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter in kg.

E_r = errechneter verdaulicher Eiweißgehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter in kg.

S_r = errechneter Stärkewertgehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter in kg.

p = Abfallverlust in Prozent von der Masseneinheit Frischfutter dividiert durch 100.

v = Gesamtverlust bei der Konservierung in Prozent von der Masseneinheit Frischfutter dividiert durch 100.

Wählt man die Masseneinheit (1 dz) von Frischfutter als Operationsbasis, so besteht unsere Aufgabe darin, die Nährstoffziffern in kg unter Berücksichtigung ihrer Veränderungen bei dem Konservierungsprozeß zu errechnen, welche aus der Masseneinheit Frischfutter nach der Konservierung noch übrig bleiben müssen.

Man wird hierzu folgende Überlegungen anzustellen haben: Alle Nährstoffe der Fertigfabrikate (Dürrehu bzw. Süßfutter) sind aus der Masseneinheit Frischfutter nach Abzug des Abfalls direkt hervorgegangen, wobei in dem Abfall der prozentuale Nährstoffgehalt der gleiche ist wie im Frischfutter. Schaltet man nun einmal für die nächsten Betrachtungen das Wasser aus und behandelt außerdem zunächst nur die Gesamttrockenstoffsubstanz, so würde, falls sich das Gewicht der Trockenstoffsubstanz bei dem Konservierungsprozeß nicht veränderte, die errechnete Trockenstoffsubstanz in der Fertigkonserve

$$T_r = T_g - T_a$$

oder

$$7) T_r = T_g (1 - p),$$

und zwar in bezug auf die Masseneinheit Frischfutter sein. v. Wenckstern (7) beziffert die Verluste an Trockenstoffsubstanz bei der Warmvergärung auf 5 bis 10%. Sieht man aber von diesen Verlusten der Einfachheit halber ab und nimmt die Gleichung 7) ohne Anspruch auf volle Richtigkeit als gültig an, so sind die Veränderungen der Trockenstoffsubstanzteile gegeben durch ihr gegenseitiges Verhältnis in

dem Fertigfabrikat; dieses Verhältnis ist aber ohne weiteres aus den Tabellen über Konserven (Dürrheu bzw. Süßfutter) zu entnehmen. Mit anderen Worten gelten folgende anderen Gleichungen:

$$8) E_r = \frac{E_e}{T_e} \cdot T_r$$

und
$$9) S_r = \frac{S_e}{T_e} \cdot T_r.$$

Der errechnete Wassergehalt im Fertigfabrikat ergibt sich hier nach ohne weitere Überlegungen aus

$$10) W_r = G (1 - v) - T_r.$$

Die mit Hilfe voriger Gleichungen berechneten Nährstoffwerte für Süßfutter und Dürrheu sind unter Berücksichtigung von

$$p = 0 \text{ und } v = 0,10 \text{ für Süßfutter sowie}$$

$$p = 0,25 \text{ und } v = 0,80 \text{ für Dürrheu}$$

in Tabelle 7 zusammen mit den aus Tabelle 6 entnommenen Werten für Frischfutter eingetragen worden.

Tabelle 7.

Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Stärkewert von Futtermitteln.

Frischfutterziffern aus bekannten Tabellen entnommen.

Süßfutter- und Dürrheuziffern errechnet.

(Sämtliche Zahlen bezogen auf 1 dz Frischfutter.)

Futtermittel	Rohnährstoffe		Verdauliches Eiweiß kg	Stärkewert kg	
	Wasser kg	Trocken- substanz kg			
Gras	Frischfutter...	75,0	25,0	1,5	13,1
	Süßfutter....	65,0	25,0	0,5	9,6
	Dürrheu.....	1,3	18,8	0,8	6,8
Luzerne.....	Frischfutter...	81,1	18,9	2,7	8,7
	Süßfutter....	71,1	18,9	0,8	5,4
	Dürrheu.....	5,8	14,2	1,3	4,5
Rotklee	Frischfutter...	83,0	17,0	2,1	10,0
	Süßfutter....	73,0	17,0	1,1	6,7
	Dürrheu.....	7,2	12,8	0,8	4,9
Serradella ..	Frischfutter...	86,7	13,3	1,5	6,6
	Süßfutter....	76,7	13,3	0,9	5,9
	Dürrheu.....	10,0	10,0	1,1	3,7

Nehmen wir an, die errechneten Ziffernwerte stimmten mit der Wirklichkeit überein — was natürlich schon deshalb nicht der Fall sein kann, weil sich die den bekannten Tabellen entnommenen Werte nicht, wie es sein müßte, auf Proben desselben Futters beziehen, sondern den Durchschnitt aller möglichen Proben darstellen —, so könnte man, um ihren Wert darzutun, folgendes konstatieren: Die Verluste an verdaulichem Eiweiß sind bei der Süßfutttergewinnung in allen Fällen bis auf Rotklee größer als bei der Dürrheugewinnung; die Rotkleeziffern stimmen wahrscheinlich nicht, denn das erhaltene Resultat der übrigen war deshalb schon zu erwarten, weil die Gärungen immer Eiweißverluste zur Folge haben. Demgegenüber liegen aber die Stärkewerte von Süßfutter sämtlich über den Stärkewerten von Dürrheu.

Die Gütereihenfolge der Süßfuttterforten in Tabelle 7 nach mehr oder weniger verdaulichen Eiweißverlusten wäre:

Serradella	mit	40%	Verlust
Rotklee	"	47%	"
Gras	"	67%	"
Luzerne	"	70%	"

nach mehr oder weniger Stärkewertverlusten ergibt sich:

Serradella	mit	10%	Verlust
Gras	"	27%	"
Rotklee	"	33%	"
Luzerne	"	38%	"

Zweifellos ergibt Serradella hiernach bei der Süßfuttterbereitung die besten und Luzerne die schlechtesten Resultate. Bedauerlicherweise standen dem Verfasser keine Nährwertziffern von Süßfutter aus Zuckerrübenblättern zur Verfügung, so daß auf eine Beurteilung dieses wichtigen Futtermittels für die elektrische Konservierung hier verzichtet werden mußte.

Im übrigen ergibt sich aus Tabelle 7 auch zur Evidenz die Bedeutung der Süßfuttterbereitung gegenüber der Dürrheuwerbung. Welche Rolle die Erhaltung von Stärkewerten bei der Konservierung von Frischfutter unter den heutigen Verhältnissen in Deutschland spielt, lassen ohne weiteres die Marktpreise für Futtermittel erkennen.

Der Preis von 100 kg Stärkewert betrug an dem Tage, an welchem diese Zeilen niedergeschrieben wurden (8. Dezember 1922),

6000 Mark.

Da leider, wie schon oben bemerkt, das Elektrofutter nicht zum Vergleich herangezogen werden kann, so mag wenigstens darauf hingewiesen sein, daß bei der elektrischen Silage die Atmungswärme des Futters, welche man bei dem Süßpreßverfahren zur Erzielung hoher Temperaturen durch gelockerte Lagerung des Futters zu Beginn der Silage ausnutzt, zum größten Teil durch die Futterstromwärme ersetzt wird; weil aber die Pflanzenatmung infolge des Verbrennungsprozesses auf Kosten der Trockensubstanz vor sich geht, so muß das Elektrofutter günstigere Stärkewertziffern aufweisen wie das Süßpreßfutter.

Es sollen nun ein paar sachverständige Urteile aus der Neuzeit über Futterwerte mit Bezug auf die Süßfuttergewinnung mittels des Süßpreßverfahrens und des elektrischen Verfahrens angereiht werden. v. Wendstern (8) berechnet den Stärkewert einer Gras- silage von 300 cbm nach dem Süßpreßverfahren = 1680 dz Süß- futter auf 200 dz St. W. Unter Berücksichtigung der Verluste an Trockensubstanz von 5 bis 10 % bei der Warmvergärung betragen nach v. Wendstern die Gesamtkosten etwa 24 % des Wertes der erzeugten Ernte; demgegenüber beträgt schon der Abfallverlust bei der Dürreheugewinnung durchschnittlich 25 %. Die Gras- silage bietet 34 Kühen das Winterfutter während 200 Tagen bei einer täglichen Ration von 25 kg. Man verabreicht nach Bölk (5) durchschnittlich an Kühe bis zu 25 kg, an Schafe bis zu 2,5 kg je Kopf und Tag. Der Milchmehrertrag durch die Verfütterung von Süßfutter im Winter wird auf etwa 1 Liter je Kuh und Tag = 200 Liter je Kuh im Winter veranschlagt. Für 34 Kühe ergibt sich also ein Milch- mehrertrag von 6800 Liter im Jahr.

Fingerling (3) vergleicht die Resultate bei dem Süßpreß- verfahren mit denen bei der elektrischen Silage nach dem Ufu- verfahren und beziffert den Mehrstärkewertverlust bei dem ersteren gegenüber dem letzteren auf etwa 25 %, so daß bei dem Süßpreß- verfahren für 1 dz Rotflee 2,5 kg Stärkewert mehr verloren gehen

wie bei dem Gfverfahren; demgegenüber ist aber das Gfverfahren mit den Futterstromkosten zu belasten, die sich für den Verbrauch von etwa 2,5 kW=Std. für 1 dz Rotflee ergeben; nach dem Verfahren mit dem elektrischen Einsilosystem würde der Futterstromverbrauch etwa 1,5 kW=Std. für 1 dz Rotflee betragen.

Wie schon oben einmal bemerkt, haben die chemischen Analysen von Nährstoffen nur theoretischen Wert für die Beurteilung des Futters in bezug auf Gesundheit, Wachstum und Leistung der Tiere. Die modernen biologischen Forschungen von Abderhalden (1) haben ergeben, daß jede einseitige Ernährung selbst mit den besten chemisch reinen Nährstoffen Krankheitsercheinungen im Gefolge hat, welche zu schweren Störungen und schließlich sogar zum Tode führen; er vertritt auf Grund seiner wissenschaftlichen Versuche und Beobachtungen die Ansicht, „daß zur Aufrechterhaltung des gesamten Zellstoffwechsels außer den uns bekannten Stoffen noch solche notwendig sind, über deren Natur wir noch nicht unterrichtet sind“. Damit ist zugleich das Urteil über alle die Alchimisten gefällt, welche sich einbilden, die von der Natur gebotene Nahrung völlig durch Retortenprodukte ersetzen zu können.

Der Säuregehalt des Silagefutters muß wegen seiner hohen Bedeutung eingehend behandelt werden. Seit Einführung des Süßpreßverfahrens für die Futtermkonservierung hat sich außer dem Stärkewert noch ein weiterer wichtiger Maßstab nämlich nach % Säuregehalt für die Beurteilung von eingesäuertem Futter als notwendig herausgestellt, weil es gilt, die Vorzüge des neuen sogenannten „Süßfutters“ gegenüber dem „Sauerfutter“, welche hauptsächlich in Geruch, Geschmack und Bekömmlichkeit liegen, zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen. Diesen neuen Wertmesser hat Wiegner (1) aufgestellt und, wie im zweiten Teil bemerkt, Fingerling durch neue Methoden verbessert. Wir haben früher schon die Wohl- bzw. Übeltäter im Mikrokosmos eines Futters in Gestalt der Milchsäure- bzw. Essig- und Butter säurebakterien kennengelernt; den Charakterunterschied dieser Bakteriengattungen hinsichtlich ihrer Wirkungen mag man sich durch die Hilfsvorstellung leicht merken, daß die Milchsäurebakterien nur nichtflüchtige Arbeit, die Essig- und Butter säurebakterien dagegen nur flüchtige

Arbeit produzieren, wobei die letzteren nach zur Genüge bekannten Analogons großes Unheil anrichten.

Wissenschaftlich gesprochen unterscheidet man grundsätzlich „nichtflüchtige“ und „flüchtige“ organische Säuren. Die Milchsäure gehört zu den nichtflüchtigen Säuren, die Essigsäure und die Buttersäure gehören zu den flüchtigen Säuren. Alle Säuren können „frei“ oder „gebunden“ auftreten. Milch-, Essig- und Buttersäure kommen im Silagefutter gebunden mit Kalk und anderen Basen sowie mit Stickstoffverbindungen, aus Eiweiß stammend, vor.

Die Namen dieser drei wichtigen Säuregattungen sind folgendermaßen charakterisiert: die Milchsäure ist hauptsächlich in richtig, d. h. gutgesäuerter Milch vorhanden; die Essigsäuregärung wird zur Essigfabrikation benutzt; die Buttersäure schließlich findet man in ranzig gewordener Butter.

Nach Geruch und Geschmack unterscheidet man sie folgendermaßen:

- Milchsäure = nicht riechend; milchsaures Futter riecht fruchtartig „süßlich“; Geschmack säuerlich;
 Essigsäure = scharf äzend;
 Buttersäure = ekelig stinkend und ebenso schmeckend.

In Tabelle 8 sind die vorgenannten Einteilungen der Säuren und die Charaktereigenschaften der Milch-, Essig- und Buttersäure noch einmal übersichtlich dargestellt.

Tabelle 8.

Einteilung der organischen Säuren. Organische Säuren.

Nichtflüchtige	Flüchtige
frei oder gebunden;	frei oder gebunden;
Milchsäure	Essigsäure
in gut gesäuerter Milch vorhanden;	Essigsäuregärung wird zur Essigfabrikation benutzt;
nicht riechend;	scharf äzend.
milchsaures Futter riecht fruchtartig „süßlich“.	Buttersäure
Geschmack: leicht säuerlich.	findet sich in ranzig gewordener Butter;
	ekelig stinkend und ebenso schmeckend.

Es bedarf hiernach keiner weiteren Begründung, daß gutes Futter keine oder aber nur ganz wenig flüchtige Säuren enthalten

joll und daß auch die nichtflüchtigen Säuren auf ein Minimum beschränkt bleiben müssen, wobei die Milchsäure aber insoweit auszunehmen ist, als sie wegen ihrer konservierenden Eigenschaften in gewissen Mengen zugelassen, ja sogar erzeugt werden muß. Die Protokolle der Säureanalysen geben dementsprechend entweder die Prozentsätze von Milchsäure, Essigsäure und Buttersäure mit Bezug auf die gesamte Futterstoffmenge an, oder sie beschränken sich auf die Angabe der Prozentsätze der Gesamtsäure und des Verhältnisses von flüchtigen Säuren in Prozenten zur Gesamtsäure. Aus beiden Analysen kann man wertvolle Schlüsse auf die Güte des Silagefutters nach Geruch, Geschmack und Bekömmlichkeit ziehen. Über die Höhe der Prozentsätze, welche für ein gutes Silagefutter noch als zulässig zu erachten sind, bestehen noch keine festen Normen; im Durchschnitt gelten die in folgender Tabelle 9 enthaltenen Zahlen:

Tabelle 9.

Durchschnittsnormen für zulässigen Säuregehalt in Süßfutter.

1. Analysenart	zulässig
Milchsäure	1—1,5% des Gesamtfutterstoffs
Essigsäure	0,4—0,5% „ „
Buttersäure	0%
2. Analysenart	
Gesamtsäure	bis zu 2% des Gesamtfutterstoffs
Milchsäure	50—75% der Gesamtsäure
Essigsäure	25—30% „ „
Buttersäure	0%

Der verbleibende Rest entfällt auf andere Säurearten.

Es mögen nun noch einige Urteile von wissenschaftlichen Sachverständigen über den Säuregehalt von Süßfutter angeführt werden: Fingerling hat dem Verfasser die in Tabelle 10 enthaltenen Resultate seiner Untersuchungen von elektrisch konserviertem Silofutter nach dem Elfuerverfahren zur Verfügung gestellt. Buttersäure war in den Futterproben nicht vorhanden; unter der zulässigen Annahme, daß die in den Futterproben befindliche gesamte Säure hauptsächlich aus Milch- und Essigsäure bestand, weil Buttersäure nicht vertreten ist, hat der Verfasser den gesamten Säurebestand an flüchtigen Säuren (freie und gebundene Essigsäure aus Spalten 4 und 5) in Spalte 7 eingetragen; in Spalte 8 ist ferner das Verhältnis von Milch-

säure zur Gesamtsäure und in Spalte 9 das Verhältnis von flüchtigen Säuren zur Gesamtsäure in Prozentsätzen eingesetzt. Aus der so vervollständigten Tabelle kann man nach obigen Durchschnittsnormen ein ziemlich sicheres Urteil über die Güte der Futterproben fällen.

Tabelle 10.

Säurereultate von Gsfutterproben.

1. Probe Nr.	2. Futterart	3. Milch- säure %	4. Essigsäure		6. Gesamt- säure %	7. Gesamte flüchtige Säure %	8. Milch- säure zu Gesamt- säure %	9. Flüchtige Säure zu Gesamt- säure %
			freie %	ge- bundene %				
1.	Gras	0,639	0,174	0,153	0,966	0,327	66,3	33,8
2.	Gras	1,079	0,110	0,220	1,409	0,350	76,2	23,5
3.	Gras	1,164	0,200	0,220	1,584	0,420	73,8	26,5
4.	Wicke	1,051	0,140	0,087	1,278	0,227	82,5	18,9
5.	Wicke und Korn	0,803	0,228	0,109	1,143	0,337	70,5	29,5
6.	Wickengemenge	0,792	0,312	0,096	1,200	0,408	66,0	34,0
7.	Rübenblätter .	1,418	0,210	0,170	1,798	0,380	79,0	21,1
8.	Rübenblätter .	1,053	0,300	0,111	1,464	0,411	72,0	28,0
9.	Mais	0,466	0,141	0,155	0,762	0,296	61,0	38,9

Wendet man die Normen der ersten Analysenart an, so übersteigt keine Futterprobe das vorgeschriebene Maximum für Milch- und Essigsäuregehalt; als die günstigste hätte etwa Probe 4, als die ungünstigsten hätten etwa Probe 3 und Probe 7 zu gelten. Vergleicht man die Ziffern nach den Durchschnittsnormen der zweiten Analysenart, so stellt sich auch hier ein gutes Gesamtergebnis heraus; Proben 2, 4, 7 (Spalte 8) übersteigen zwar das vorgeschriebene Milchsäuremaximum um einige Prozent, dafür bleiben aber gerade bei diesen Proben die Prozentsätze der schädlichen Essigsäure wesentlich unter dem für sie zugelassenen Normenintervall. Auch nach dieser Bewertungsmethode fällt wohl der Probe 4, als der mit der geringsten gesamten und der geringsten flüchtigen Säure behafteten Probe, der Preis zu.

Wölz (6) weist besonders darauf hin, daß sämtliche Einzäuremethoden Sauerfutter ergeben, und daß die sogenannte „Süß-Ensilage“ falsch bezeichnet ist, worauf wir früher schon hingewiesen haben. Wölz sagt ferner: wasserreiche Futterpflanzen können nur durch ihren Säuregehalt, welcher im Durchschnitt 2% beträgt,

konserviert werden, weil die Säuren desinfizierend wirken. Hieraus geht wiederum die Bedeutung der Milchsäuregärung im Futter klar hervor.

Die von Bölg (7) wiedergegebenen Analysen von zwei Proben Eufutter, welche im Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin untersucht worden sind, zeigen allerdings kein ganz erfreuliches Ergebnis:

In Probe 1 waren enthalten:

Milchsäure	1,86%, d. h. mindestens 0,36% zuviel,
flüchtige Säuren	0,50%, d. h. das zulässige Maximum,
Gesamtjäure	2,36%, d. h. 0,36% zuviel.

In Probe 2 waren enthalten:

Milchsäure	0,89%, d. h. wenig,
flüchtige Säuren	0,98%, d. h. fast doppelt so viel wie maximal zulässig,
Gesamtjäure	1,87%, bleibt in dem Normenintervall.

Obwohl die Gesamtjäure bei Probe 2 relativ gering ist, so bleibt doch für Geruch und Geschmack des Futters die Höhe des Gehaltes an flüchtigen Säuren ausschlaggebend, welche in diesem Falle die Durchschnittsnormen um nahezu das Doppelte übersteigt, während demgegenüber die konservierende Milchsäure gering ist. Bölg bezeichnet demnach mit Recht beide Proben als Sauerfutter.

Auch Haselhoff (1) betont, daß ein gewisser Säuregehalt für die Konservierung des Futters unerlässlich ist; Milchsäure soll nach den Feststellungen Kellners die Bekömmlichkeit des Futters nicht beeinträchtigen und bis 2% auch ohne Nachteil für die Verdaulichkeit sein.

Ganz präzise lautet das Urteil von Gerlach und Künzel (3) über die zulässigen Größenverhältnisse der Säurebestände im Süßfutter: „Ein geringer Milchsäuregehalt ist nicht zu vermeiden, sondern im Gegenteil sogar erwünscht, da hierdurch die Haltbarkeit des Futters begünstigt und den Tieren das sonst fade Futter schmackhaft gemacht wird. Dagegen sollen Essig- und Butterjäure in dem Futter nicht enthalten sein. Gutes Süßpreßfutter darf enthalten:

höchstens 2% Gesamtjäure, vorwiegend Milchsäure,
keine Butterjäure,
geringe Mengen Essigjäure (einige zehntel Prozent).“

Was nun das mit Anwendung von Elektrizität konservierte Futter anbetrifft, so ist selbstverständlich, daß die Elektrizität nichts weiter bewirken kann als eine rasche Milchsäuregärung, und zwar in dem Umfange, daß die Entwicklung von schädlichen flüchtigen Säuren wenn nicht völlig unterdrückt, so doch unterbunden wird, und daß eine langzeitliche Haltbarkeit des Silagefutters gewährleistet ist. Mit anderen Worten ist von der Elektrizität nicht mehr zu verlangen, als daß sie eine Futterkonserve liefert, welche dem besten Süßpreßfutter in bezug auf Säuregehalt nicht nachsteht; wenn aber das der Fall ist, dann nimmt das elektrische Verfahren infolge seiner totalen Unabhängigkeit von der Witterung — weil auch kein Abwelken der Pflanzen erforderlich ist —, infolge seiner Treffsicherheit in den Resultaten — weil äußere Verhältnisse keinen Einfluß ausüben — und infolge seiner Einfachheit in der Bedienung unter allen Konservierungsverfahren eine besonders bevorzugte Stellung ein, zumal der Stärkewertgehalt des Elektrofutters, wie auf S. 118 ausgeführt wurde, höher wie bei anderen Silageerzeugnissen sein muß. Mißerfolge bei elektrischen Silagen, welche auf ungünstiges, z. B. zu sperriges Futtermaterial — weil die Packung im Futterstod nicht fest und dicht genug wird —, Undichtigkeiten der Behälter, schlechten Luftabschluß oder schon verdorbenes Feischfutter zurückzuführen sind, dürfen nicht der Elektrizität zur Last gelegt werden.

Betriebswirtschaftliche Vorteile für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb durch die Süßfutterbereitung. Die betriebswirtschaftlichen Vorteile, welche die Süßfutterbereitung sowohl nach der lauen als auch nach der warmen Vergärung für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb mit sich bringt, sind so zahlreich und so bedeutend, daß man gar nicht weiß, in welcher Reihenfolge man sie unter Würdigung ihres Nutzens richtig aufzählen soll. An erster Stelle steht wohl die Gewähr, daß der Landwirt sich unter allen Umständen ein gutes Winterfutter aus eigenen Erzeugnissen herstellen kann, sei es, daß er hierzu Sommerfutter verwendet, welches bei ungünstiger Erntewitterung sonst nicht bzw. nur schlecht eingebracht werden kann, oder sei es, daß er hierzu Futterbestände benutzt, welche, wie z. B. Zuckerrübenblätter, bisher meist unverwertet blieben. Die

Gewinnung von Dürreheu wird nicht überflüssig gemacht, sondern sie wird ersetzt, wenn die Allkraft „Sonne“ einmal versagt und die Heuwerbung deshalb unmöglich wird. Es darf erwartet werden, daß große volkswirtschaftliche Gewinne erwachsen, wenn kein Futter mehr verdirbt bzw. unbenutzt auf dem Felde liegen bleibt. Dazu kommt, daß die Futterpflanzen in dem Zustande dem Silo zugeführt werden können, in welchem sie den höchsten Nährwertgehalt besitzen, und daß sich schließlich die Fruchtfolge so einstellen läßt, daß mehrfache Futterernten im Jahr zu erzielen sind. Alle hiernach noch übrig bleibenden Vorteile insbesondere des elektrischen Verfahrens für die Landwirtschaft, wie Einfachheit der Konservierung ohne Qualitätsarbeiter, beste Raumausnutzung für die Winterfutterbestände, bequeme Entnahme derselben sowie auch Erhöhung der Milchproduktion, verschwinden gegenüber den großen Gesichtspunkten, welche oben angeführt sind. Ein Moment mag aber wenigstens noch hervorgehoben werden, welches speziell den Vorzug des elektrischen Einfilosystems ins Licht rückt, nämlich die Möglichkeit, das Futter auch unzerkleinert zur Silage zu bringen, wodurch Arbeit und Strom zugleich gespart wird.

Dieser Teil mag mit einer treffenden Bemerkung von v. Wendstern (9) über die Bedeutung der Einsäuerung von Futterpflanzen im Interesse der Weiterentwicklung der deutschen Landwirtschaft schließen: „Viele Einzelheiten bedürfen noch der weiteren Klärung, welche tunlichst bald durch die wissenschaftliche Forschung erfolgen möchte; unberührt hiervon bleibt aber die schon jetzt durch die Erfahrungen erhärtete Tatsache, daß der Wert der Einsäuerung von Futterpflanzen in Silos sich bereits für die Praxis bewährt hat und daher nur noch einer wissenschaftlichen Bestätigung bedarf. Es wäre gut, wenn dieser Gesichtspunkt bei allen Erörterungen in der Fachpresse und bei den Vorträgen stets vorangestellt würde, damit die Landwirte nicht durch Auseinandersetzungen über oft nebensächliche Dinge verwirrt werden und sich von der Einführung des Einsäuerungsverfahrens zu ihrem Schaden noch abhalten lassen.“

Schlußwort.



ute hoc intristi, tibi omne est exedendum.

Terenz, Phormio II, 2.

Ich nehme an, daß nur wenige meiner Kollegen dieses Buch aus der Hand legen, ohne wenigstens die eine oder andere Anregung für eine neue Problemstellung, für eine neue Versuchsanordnung, für eine neue Schaltung oder irgendeine andere Konstruktion für Süßfutterbereitungsanlagen erhalten zu haben, so daß ich folgern darf, daß in nächster Zeit zahlreiche neue Bäcklein entspringen und fließen, welche ihr Wasser in den Strom der Futtermittelkonservierung zu Tale tragen und alle mehr oder weniger, jedes zu seinem Teil und in seiner ihm eigenen Weise zur Verbesserung und Erhaltung der Schiffbarkeit dieser jungen, wichtigen Verkehrsstraße der deutschen Volkswirtschaft beitragen werden.

Wenn es mir ferner gelungen sein sollte, der deutschen Landwirtschaft und allen, welche sich für sie interessieren, ein klares Bild über den heutigen Stand der Futtermittelkonservierung, insbesondere derjenigen mit Anwendung von Elektrizität, sowie ihrer wirtschaftlichen und praktischen Bedeutung gegeben zu haben, so hat dieses Buch seinen Zweck erfüllt.

Anhang.

Futterkonservierungstafel (zu S. 21).

- A. Konserve: Trocken.
- I. Verwendung von natürlicher Wärme
= Dürreherstellung.
 - II. Verwendung von durch Gärung hervorgerufener Wärme
= Brennheugewinnung und
= Brauheugewinnung.
 - III. Verwendung von künstlicher Wärme
= Trocknung.
- B. Konserve: Saftig.
- I. Säuregehalt: vorwiegend Essig- und Butterjäure
= Sauerfutterbereitung.
 - II. Säuregehalt: vorwiegend Milchsäure
= Süßfutterbereitung.
 - a) Süßpreßverfahren.
 - b) Verwendung von Reinzucht-Milchsäure-Bakterienkulturen.
 - c) Elektrisches Verfahren.
 1. Gfufsystem.
 2. Einfilosystem.

Tabelle 1 (zu S. 29).

Kardinalpunkte von Essig-, Butter- und Milchsäurebakterien.

	Minimum ° C	Optimum ° C	Maximum ° C
Essigsäurebakterien	8	18—33	35—50
Buttersäurebakterien	20	35—37	45—47
Milchsäurebakterien	26	45—50	60—70

Tabelle 2 (zu S. 69).

Größenverhältnisse von Versuchs-Glasfilos.

	A u s f ü h r u n g	
	klein	groß
Höhe	50 cm	50 cm
lichte Weite	8,5 "	18,5 "
lichter Querschnitt	56 qcm	270 qcm
Rauminhalt	2,8 l	13,5 l

Tabelle 3 (zu S. 109).

Erntezeiten und Erträge von Grünfütterpflanzen.

Grünfütterpflanzen	Erntezeit	Ertrag je preuß. Morgen in Zentner	Bemerkungen für die Silage
Luzerne	1. Schnitt: Anfang Mai 2. „ Sommer Mitte Mai	durchschn. 100 25—30	stengelreich, zartblättrig; vor Eintritt der Blüte ernten. sperrig.
Johannisroggen. Zottelwicke . . .	Mitte Mai Mitte Mai	120—300	mit Johannisroggen oder Weizen anbauen, blätterreich.
Rotklee	1. Schnitt: Mitte Mai 2. „ Sommer 3. „ Frühherbst	durchschn. 100	zartblättrig; ganz jung bei 30—40 cm Höhe ernten.
Wiesengras (zweischährige Wiesen)	1. Schnitt: Pfingsten 2. „ (Grummet): Sommer	75—100	
Esparsette . . .	Ende Mai bis Anfang Juni	50—200 je nach Boden	hochstenglig; feinblättrig; Ernte, wenn Mehrzahl der Pflanzen die Blüten der Ahrenmitte voll geöffnet haben.
Mischfutter, bestehend aus: Wichhafer, Gerste, Erbsen, Pferdebohnen, Buchweizen, in warmer Gegend noch Mais	Anfang Juni bis Spätherbst	40—100 je nach Boden	sehr wertvolles Futter.
Serradella (Klauenschote)	1. Schnitt: Ende Juli 2. „ Septbr. Sommer	45—200 200—300	stengelreich; zartblättrig; jung ernten. grobstenglig, sehr sperrig, Schweinefutter.
Comfreh (Weintwell)			dickstenglig, sehr sperrig, saftreich.
Grünmais	Ende September bis Anfang Oktober Herbst	125—250 100—130	sperrig, sehr wertvolles saftreiches Futter.
Zuckerrübenblätter mit Köpfen (Kappen, Blade)			

Tabelle 4 (zu S. 108).
Bestandteile des Futters.

Wasser.

Trockensubstanz.

A. Organische Substanzen.

I. Stickstoffhaltige (N_h) Stoffe.

Eiweiß- oder Proteinstoffe, wie:

Albumine,
Globuline,
Fibrine,
Nukleoalbumine,
Proteide,
Albuminoide,
Fermente und Enzyme.

II. Stickstofffreie (N_{fr}) Stoffe.

a. Fette und Öle.

b. Holz- oder Rohfaserstoffe.

1. Zellulose.
2. Pentosane.

c. Extraktstoffe.

1. Kohlenhydrate (besonders vertreten in Zucker und Stärkemehl).

2. Pentosane.

3. Inkrustierende Substanzen.

4. Organische Säuren, wie:

Apfelsäure,	Essigsäure,
Zitronensäure,	Buttersäure,
Weinsäure,	Milchsäure.
Oxalsäure,	

B. Mineralstoffe, wie:

Natrium,	Manganverbindungen,
Natron,	Phosphorsäure,
Kalk,	Schwefelsäure,
Magnesia,	Kieselsäure,
Eisenoxyd,	Chlor.
Tonerde,	

Tabelle 5 (zu S. 110).

Ernährungszweck der Futterbestandteile.

Zweck der Ernährung	Nährstoffe									
Stoff- und Kraftwechsel.	Sauerstoffreiche Luft.									
Lösung und Transport der Nährstoffe.	Wasser.									
Erzeugung von Muskelkraft.	Trockensubstanz.									
	A. Organische Substanz.									
Erzeugung von	I. Stickstoffhaltige (Nhr) Stoffe									
	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2">Blut, Fleisch, Milch, Wolle usw.</td> <td>endweder</td> <td>oder</td> </tr> <tr> <td>a. Eiweiß- oder Proteinstoffe.</td> <td>a. Verdauliches Rohprotein.</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Erzeugung von Muskelkraft.</td> <td>b. Nichteiweiß- stoffe.</td> <td>b. Amide (leicht- verdauliche nichteiweiß- artige N-Ver- bindungen).</td> </tr> <tr> <td>c. Organische Basen.</td> <td>c. Verdauliches Eiweiß — a — b.</td> </tr> </table>	Blut, Fleisch, Milch, Wolle usw.	endweder	oder	a. Eiweiß- oder Proteinstoffe.	a. Verdauliches Rohprotein.	Erzeugung von Muskelkraft.	b. Nichteiweiß- stoffe.	b. Amide (leicht- verdauliche nichteiweiß- artige N-Ver- bindungen).	c. Organische Basen.
Blut, Fleisch, Milch, Wolle usw.	endweder		oder							
	a. Eiweiß- oder Proteinstoffe.	a. Verdauliches Rohprotein.								
Erzeugung von Muskelkraft.	b. Nichteiweiß- stoffe.	b. Amide (leicht- verdauliche nichteiweiß- artige N-Ver- bindungen).								
	c. Organische Basen.	c. Verdauliches Eiweiß — a — b.								
Erzeugung von Fett, Wärme.	II. Stickstofffreie (Nfr) Stoffe.									
	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3">Erzeugung von Fett, Wärme.</td> <td>a. Fette und Öle.</td> </tr> <tr> <td>b. Holz- oder Rohfaser.</td> </tr> <tr> <td>c. Extraktstoffe.</td> </tr> </table>	Erzeugung von Fett, Wärme.	a. Fette und Öle.	b. Holz- oder Rohfaser.	c. Extraktstoffe.					
Erzeugung von Fett, Wärme.	a. Fette und Öle.									
	b. Holz- oder Rohfaser.									
	c. Extraktstoffe.									
Aufbau des Skeletts, Blut- und Milchbildung usw.	B. Mineralstoffe.									

Tabelle 6 (zu S. 113).

Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Stärkewert von Futtermitteln

aus bekannten Tabellen entnommen.

(Zahlen bezogen auf 1 dz der betreffenden Futterforten.)

Futtermittel	Wasser	Trocken- substanz	Verdauliche Nährstoffe				Verdaulichkeit Gmelin	Stärkewert		
			Rohe- protein	Rohefett	N-freie Extrakt- stoffe	Rohejafer				
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg			
Gras	{	Frischfutter	75,0	2,1	2,0	0,4	9,1	3,9	1,5	13,1
		Süßfutter	68,0	2,7	1,9	1,3	7,5	5,9	0,7	12,3
		Dürrheu	14,3	6,2	5,4	1,0	25,7	15,0	3,8	31,0
Luzerne	{	Frischfutter	81,1	1,9	4,3	0,4	4,7	2,0	2,7	8,7
		Süßfutter	72,5	3,5	3,0	1,6	4,2	4,3	1,2	7,8
		Dürrheu	16,0	7,3	12,1	1,1	21,1	11,3	8,1	26,5
Rotklee	{	Frischfutter	83,0	1,8	3,4	0,4	6,0	2,1	2,1	10,0
		Süßfutter	70,0	2,3	3,9	1,0	7,8	3,8	1,9	11,8
		Dürrheu	16,5	6,0	8,5	1,7	26,0	11,3	5,5	31,9
Serradella	{	Frischfutter	86,7	1,3	2,0	0,4	3,6	1,7	1,5	6,6
		Süßfutter	65,3	2,3	4,5	0,7	9,4	6,2	2,2	14,5
		Dürrheu	16,0	6,8	11,4	2,0	20,9	12,8	9,2	31,4
Widjutter	{	Frischfutter	81,3	2,4	2,0	0,4	4,0	3,0	0,8	6,7
		Dürrheu	16,0	8,6	6,5	1,7	23,3	12,3	4,2	28,8
Zuckerrüben- blätter mit Rüpfen	{	Frischfutter	83,5	4,8	1,7	0,1	6,6	1,2	1,4	7,8

Tabelle 7 (zu S. 116).

Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Stärkewert von Futtermitteln.

Frischfutterziffern aus bekannten Tabellen entnommen.

Süßfutter- und Dürrehuziffern errechnet.

(Sämtliche Zahlen bezogen auf 1 dz Frischfutter.)

Futtermittel	Rohnährstoffe		Verdauliches Eiweiß kg	Stärkewert kg	
	Wasser kg	Trocken- substanz kg			
Gras	Frischfutter ..	75,0	25,0	1,5	13,1
	Süßfutter ...	65,0	25,0	0,5	9,6
	Dürrehu ...	1,3	18,8	0,8	6,8
Luzerne	Frischfutter ..	81,1	18,9	2,7	8,7
	Süßfutter ...	71,1	18,9	0,8	5,4
	Dürrehu ...	5,8	14,2	1,3	4,5
Kotflee	Frischfutter ..	83,0	17,0	2,1	10,0
	Süßfutter ...	73,0	17,0	1,1	6,7
	Dürrehu ...	7,2	12,8	0,8	4,9
Serradella ..	Frischfutter ..	86,7	13,3	1,5	6,6
	Süßfutter ...	76,7	13,3	0,9	5,9
	Dürrehu ...	10,0	10,0	1,1	3,7

Tabelle 8 (zu S. 120).

Einteilung der organischen Säuren.

Organische Säuren.

Nichtflüchtige frei oder gebunden:	Flüchtige frei oder gebunden;
Milchsäure	Essigsäure
in gut gesäuerter Milch vorhanden;	Essigsäuregärung wird zur Essig- fabrikation benutzt;
nicht riechend;	scharf äzend.
milchsaures Futter riecht frucht- artig „süßlich“.	Buttersäure
Geschmack: leicht säuerlich.	findet sich in ranzig gewordener Butter;
	eblig stinkend und ebenso schmeckend.

Tabelle 9 (zu S. 121)

Durchschnittsnormen für zulässigen Säuregehalt in Süßfutter.

1. Analysenart	zulässig	
Milchsäure	1—1,5 % des Gesamtfutterstoffs	
Essigsäure	0,4—0,5 % „ „	
Buttersäure	0 %	
2. Analysenart		
Gesamtsäure	bis zu 2 % des Gesamtfutterstoffs	
Milchsäure	50—75 % der Gesamtsäure	
Essigsäure	25—30 % „ „	
Buttersäure	0 %	

Tabelle 10 (zu S. 122).

Säureresultate von Eلفutterproben.

1. Probe Nr.	2. Futterforte	3. Milchsäure %	4. freie Essigsäure %	5. ge- bundene Essigsäure %	6. Ge- samt- säure %	7. Gesamte flüchtige Säure %	8. Milch- säure zu Gesamt- säure %	9. flüchtige Säure zu Gesamt- säure %
1.	Gras.....	0,639	0,174	0,153	0,966	0,327	66,3	33,8
2.	Gras.....	1,079	0,110	0,220	1,409	0,330	76,2	23,5
3.	Gras.....	1,164	0,200	0,220	1,584	0,420	73,8	26,5
4.	Wicke.....	1,051	0,140	0,087	1,278	0,227	82,5	18,9
5.	Wicke und Korn	0,806	0,228	0,109	1,143	0,337	70,5	29,5
6.	Wickengemenge	0,792	0,312	0,096	1,200	0,408	66,0	34,0
7.	Rübenblätter.	1,418	0,210	0,170	1,798	0,380	79,0	21,1
8.	Rübenblätter.	1,053	0,300	0,111	1,464	0,411	72,0	28,0
9.	Mais.....	0,466	0,141	0,155	0,762	0,296	61,0	38,9

Formeltabelle

mit Zeichenerklärung und Erfahrungswerten.

(Zu Seiten 44, 54, 56, 115, 116.)

	Quadratische Normalgrube von 20 cbm	Rechteckige Normalgrube von 30 cbm
1.) $A = \frac{F \cdot (t_e - t_s)}{15}$	= 120 kW \approx Std.	180 kW \approx Std.
2.) $L = \frac{F \cdot (t_e - t_s)}{T \cdot 15}$	= 5 kW	7,5 kW
3.) $F = \frac{15 \cdot L \cdot T}{t_e - t_s}$	= 350 Ztr.	500 Ztr.
4.) $a = \frac{t_e - t_s}{15}$	= 0,7 kW \approx Std.	1 kW \approx Std.

Zeichenerklärung für Formeln 1.) bis 4.)

F = Eingebraachte Futtermenge in Ztr.

= etwa 15- bis 18faches Silovolumen.

T = Dauer der elektr. Silage in Stunden.

= etwa 2×12 bis 4×12 bis 6×12 Stunden.

t_s = Endtemperatur eines Futterstokes bei der lauen Vergärung mit ausschließlicher Selbsterwärmung in Grad C.

= etwa 35° C.

t_e = Endtemperatur desselben Futterstokes bei der warmen Vergärung durch Selbsterwärmung und Zusatzwärme durch elektrischen Futterstrom in Grad C.

= etwa 45° C.

L = Elektrische Leistung in Kilowatt.

A = Elektrische Arbeit in Kilowattstunden insgesamt.

a = Elektrische Arbeit in Kilowattstunden je Ztr. Frischfutter.

$$5.) T = K + T_a + T_b + T_z;$$

$$6.) T = A + B(T_p + T_z) + \left(C \cdot T_p \cdot T_z^n \right)_{T_p}^0$$

wobei $n > 1$ und $(C \cdot T_p \cdot T_z^n)$ über 40° C = konstant ist.

Zeichenerklärung für Formeln 5.) und 6.)

A, B, C, K = Konstanten.

T_a = Atmungswärme in Grad C.

T_b = Wärme aus Lebenstätigkeit der Batterien in Grad C.

$T_p = T_a + T_b$ = Physiologische Wärme in Grad C.

T_z = Zusatzwärme in Grad C.

T = Gesamtwärme in Grad C einschließlich Anfangstemperatur.

$$7.) T_r = T_g(1 - p);$$

$$8.) E_r = \frac{E_e}{T_e} \cdot T_r;$$

$$9.) S_r = \frac{S_e}{T_e} \cdot T_r;$$

$$10.) W_r = G(1 - v) - T_r.$$

Zeichenerklärung für Formeln 7.) bis 10.)

G	Gesamtgewicht einer Masseneinheit (1 dz) Frischfutter	in kg
T_g	Trockensubstanz in der Masseneinheit Frischfutter	„ kg
T_a	Trockensubstanz in der Abfallmasse von einer Masseneinheit Frischfutter	„ kg
T_e	Trockensubstanz in der Masseneinheit Konserve	„ kg
E_e	Verdauliches Eiweiß in der Masseneinheit Konserve	„ kg
S_e	Stärkewert in der Masseneinheit Konserve	„ kg
W_r	errechneter Wassergehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter	„ kg
T_r	errechneter Trockensubstanzgehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter	„ kg
E_r	errechneter verdaulicher Eiweißgehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter	„ kg
S_r	errechneter Stärkewertgehalt der Konserve mit Bezug auf Masseneinheit Frischfutter	„ kg
p	Abfallverlust in Prozent von der Masseneinheit Frischfutter dividiert durch 100.	
v	Gesamtverlust bei der Konservierung in Prozent von der Masseneinheit Frischfutter dividiert durch 100.	

Durchschnittswerte:

p	für Dürreungewinnung	= 0,25
v	„ „	= 0,80
p	„ Süßfütterbereitung	= 0,0
v	„ „	= 0,10

Literatur.¹⁾

- Aberhalden, Emil, Prof. Dr. med. et phil. h. c.: „Nahrungsstoffe mit besonderen Wirkungen“, Berlin 1922. (1) S. 15 und 20 ff. [S. 119].
- Albert, Friedrich, Prof. Dr.: „Die Konservierung der Futterpflanzen nach verschiedenen Methoden“, Berlin 1903. (1) S. 3 ff. [S. 5], (2) S. 82 [S. 7], (3) S. 93 [S. 8], (4) S. 159 ff. [S. 10], (5) S. 186 [S. 13], (6) S. 134 [S. 14].
- Behrens, J., Prof. Dr.: „Handbuch der Technischen Mykologie“, I. Bd. „Allgemeine Morphologie und Physiologie der Gärungsorganismen“, Jena 1904–1907. (1) S. 438 ff. [S. 26], (2) S. 439 [S. 27], (3) S. 456 [S. 31].
- Elektrofutter-Gesellschaft m. b. H., Dresden-Alt.: „Frischhaltung von Grün- und Saftfutter aller Art durch Elektrizität.“ (1) S. 11 ff. [S. 15].
- Fingerling, G., Prof. Dr., Direktor: „Der gegenwärtige Stand der Einsäuerungsfrage“. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Berlin 1922, Stück 20. (1) S. 309 [S. 11], (2) S. 310 [S. 36], (3) S. 313 [S. 118].
- Floß, R., Dr.: „Erfahrungen mit dem in »Herba-Silos« gewonnenen Süßpreßfutter in Oldenburg im Jahre 1920/21“. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Berlin 1921, Stück 51. (1) S. 710 ff. [S. 16].
- Gerlach, Prof. Dr., und Künigel, Baumeister: „Über die Aufbewahrung der grünen, wasserreichen Futterpflanzen und der wasserhaltigen Abfallprodukte landwirtschaftlicher Nebengewerbe“. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Berlin 1922, Stück 42. (1) S. 630 [S. 13], (2) S. 631 ff. [S. 14], (3) S. 631 [S. 123].
- Haselhoff, G., Prof. Dr.: „Der Säuregehalt der Einnachfutter“. Frühlings-Landwirtschaftliche Zeitung, Stuttgart 1922, Heft 7/8. (1) S. 124 [S. 123].
- Hoffmann, Martin, Prof. Dr.: „Futterfibel“, Berlin 1920. (1) S. 39 [S. 7].
- Honcamp, H., Prof. Dr.: „Beschaffung und Konservierung eiweißreicher Futterstoffe durch Düngung und Silage“. Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung, Berlin 1922, Nr. 69/70. (1) S. 284 [S. 37], (2) S. 285 [S. 38].
- Industrie für Landwirtschaft G. m. b. H., München: „Stla-Futterturm“. Deutsche Landwirtschaftliche Presse, Berlin 1921, Nr. 102. (1) S. 755 ff. [S. 14].
- Mellner, Otto, Geh. Hofrat und Prof. Dr.: „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. Lehrbuch auf der Grundlage physiologischer

¹⁾ Die Autoren sind im Text gesperrt gedruckt und mit in runde Klammern eingesezten Ziffern versehen, welche in der nachstehenden Zusammenstellung auf die Seitenzahlen in der Quelle führen. Die in der Zusammenstellung außerdem noch in eckige Klammern eingesezten Zahlen weisen vice versa die zugehörigen Seiten dieses Buches nach.

- Forchung und praktischer Erfahrung." Herausgegeben von Prof. Dr. G. Jingerling, Berlin 1920. (1) S. 226 [S. 6], (2) S. 238 [S. 8], (3) S. 245 [S. 13], (4) S. 3 [S. 110], (5) S. 428 ff. [S. 112], (6) S. 430 [S. 112].
- Muge, Rittergutsbesitzer, und Reich, Direktor: „Praktischer Ratgeber zur Saftfutterbereitung in den Deutschen Futtertürmen“, Königsberg 1922. (1) S. 11 [S. 15], (2) S. 21 [S. 16], (3) S. 18 [S. 18].
- Krafft, Guido, Dr.: „Die Pflanzenbaulehre“, Berlin 1920. (1) S. 185 [S. 106].
- Kafar, Franz, Prof. Dr.: „Handbuch der Technischen Mykologie“, I. Band „Allgemeine Morphologie und Physiologie der Gärungsorganismen“, Jena 1904--1907. (1) S. 1 [S. 25], (2) S. 24 [S. 25].
- Miehe, Hugo, Prof. Dr.: „Über die Selbsterhitzung des Heues“, Berlin 1911. (1) S. 5 und 11 ff. [S. 7], (2) S. 16 [S. 34], (3) S. 23 [S. 34], (4) S. 24 [S. 35].
- Omelianski, W., Dr.: „Handbuch der Technischen Mykologie“, I. Bd. „Allgemeine Morphologie und Physiologie der Gärungsorganismen“, Jena 1904--1907. (1) S. 579 [S. 28].
- Schleich, Carl, Ludwig: „Das Problem des Todes“, Berlin 1921. (1) S. 45 [S. 25].
- Schopenhauer, Arthur: „Die Welt als Wille und Vorstellung“, Leipzig 1911. (1) S. VII [S. 26].
- Schweizer, Theodor, Dipl.-Landwirt: „Die Futterkonservierung, ihr heutiger Stand unter besonderer Berücksichtigung der Haltbarmachung von saftigen Futtermitteln mit elektrischem Strom“, 1921. (1) S. 29 [S. 39].
- Wölz, Wilhelm, Prof. Dr.: „Die neuen Methoden der Konservierung saftreicher Futterstoffe und ihre Bedeutung für die landwirtschaftliche Praxis“. Frühlingslandwirtschaftliche Zeitung, Stuttgart 1922, Heft 9/10. (1) S. 161 [S. 2], (2) S. 176 [S. 16], (3), S. 166 [S. 38], (4) S. 176 [S. 108], (5) S. 164 [S. 118], (6) S. 162 [S. 122], (7) S. 169 [S. 123].
- Wallem, Dr.: „Die elektrische Konservierung von Grünfutter“. Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V., Berlin 1921, Nr. 292. (1) S. 217 [S. 32], (2) S. 224 [S. 62], (3) S. 218 ff. [S. 64].
- v. Wendtstern, H., Ministerialrat, Prof. Dr.: „Die in Sachsen mit Silofutter gemachten Erfahrungen auf Grund einer von der Ökonomischen Gesellschaft in Sachsen veranstalteten Erhebung“. Vortrag, gehalten in der Ökonomischen Gesellschaft—Sachsen am 10. Februar 1922 in Dresden (1) S. 38 [S. 10], (2) S. 39 ff. [S. 11], (3) S. 40 [S. 16], (4) S. 7 ff. [S. 16], (5) S. 11 [S. 36], (6) S. 32 [S. 107], (7) S. 32 [S. 115], (8) S. 32 ff. [S. 118], (9) S. 36 [S. 125].
- Wiegner, Georg, Prof. Dr.: „Die Bestimmungen flüchtiger Säuren“, Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, Bern 1919, Heft 3/4. (1) S. 156 ff. [S. 119].

Sachregister.

Abdeckung eines Futterstocfs 16, 97.
Abderhalden 157.
Abfallverluste bei der Ernte 6, 114, 118.
Abwelken der Futterpflanzen 7, 37, 39, 62.
Autonome Wachstumsbewegungen der Bakterien 27.
Akzessorische Wachstumsbedingungen der Bakterien 27.
Albert 5, 7, 8, 10, 13, 14.
Albumine u. Albuminoide 108, Tab. 4 Anh.
Ameisensäure 24.
Amerikanischer Futterturm 15.
Ammoniak 24.
Anaerobiose 28, 45.
Analysen, Säure-N., 119, Tab. 9 Anh.
Anorganische Verbindungen bei Fäulnis 24.
Apfelsäure 110, Tab. 4 Anh.
Aromatische Verbindungen bei Fäulnis 24.
Atemung der Pflanzen 34, 37, 38.
Atemungswärme in einem Futterstocf 34, 45.
Autonome Wachstumsbewegungen der Bakterien 27.

Bakterien 23, 26, 35, 46.
Bauernsilo 15.
Bazillen 23.
Behrens 26, 27, 31.
Beintwell, i. Comfrey.
Beschaffungskosten einer Süßfutteranlage 105.
Bestandteile des Futters 108, Tab. 4 Anh.

Betriebskosten einer Silage mit dem elektr. Einfiloystem 106.
Betriebswirtschaftliche Vorteile durch die Süßfutterbereitung 124.
Bewegung, Einfluß der Bewegung auf das Wachstum der Bakterien 31.
Bewertung des Futters 108.
Braunheubereitung 7.
Breitner 69.
Brennheubereitung 7.
Buchweizen 13, Tab. 3 Anh.
Buttersäure 11, 25, 30, 110, 120, Tab. 4, 8, 9 Anh.
Buttersäurebakterien 20, 28, 29, 49, Tab. 1 Anh.

Capronsäure 24.
Carbolsäure 24.
Charakteristik, Haupt-Lebenstätigkeits-Charakteristik d. Bakterien 47.
— **Lebenstätigkeits-Charakteristik** der Bakterien 49.
Chlor 110, Tab. 4 Anh.
Comfrey 13, Tab. 3 Anh.

Dach i. **Überdachung**.
Deutscher Futterturm 15.
Dorn 72.
Druck, Einfluß des D. auf das Wachstum der Bakterien 30.
Dürreheu 6, 112, 115, 118, Tab. 6, 7 Anh.
Dürreheuverbung 6, 118.

Einfäuerungsverfahren 10.
Einfilo, Herrichtung des E. 86.
Einfiloystem, Das elektr. E. 19, 83, 86, 93, 98, 99, 106, 119.

- Einweckverfahren, Rasses C. 8.
 Eisenoxyd 110, Tab. 4 Anh.
 Eisenstoffe 108, 110, 112, Tab. 4,
 5, 6, 7 Anh.
 Elektrische, Die e. Futterkonservierung
 58, 106, 125.
 Elektrischer Futterstrom 61.
 Elektrischer Widerstand von Futter-
 pflanzen 38, 62, 70, 82, 84.
 Elektrisches Einfilosystem, s. Einfilo-
 system.
 Elektrische Silage nach dem Einfilo-
 system 93, 106.
 - nach dem Esfuisystem 62, 95.
 Elektrische Stromstärke in Einfilo-
 anlagen 98.
 - in Esfuanlagen 63.
 Elektrisches Verfahren 19, s. Einfilo-
 system u. Esfuverfahren.
 Elektrizität, Einfluß der E. auf das
 Wachstum der Bakterien 31.
 Elektrode, Schrauben-E. 79.
 Elektrodenverfahren 70.
 Elektrofutter 67, 113, 118, 121, 123,
 Tab. 10 Anh.
 Elektro-Futterbehälter, s. Esfu-
 behälter.
 Elektro-Futter-Gesellschaft m. b. H.
 3, 15, 58.
 Elektropol 84.
 Elektrowärmer 82.
 Esfuanlagen 60, 95.
 Esfubehälter 15, 61.
 Esfuverfahren 3, 19, 60.
 Endothermer Prozeß beim Wachstum
 der Bakterien 35.
 Entleerung eines Silos 27.
 Enzyme 108, Tab. 4 Anh.
 Epidermis von Futterpflanzen 40.
 Erbsen 13, Tab. 3 Anh.
 Erdgruben 12, 86.
 Erntezeiten von Grünfutterpflanzen
 Tab. 3 Anh.
- Erträge von Grünfutterpflanzen
 Tab. 3 Anh.
 Erwärmung eines Futterstodcs 12, 36,
 42, 45, 95.
 Esparfette 13, Tab. 3 Anh.
 Essigsäure 11, 25, 30, 110, 120,
 Tab. 4, 8, 9, 10 Anh.
 Essigsäurebakterien 20, 28, 29, 45,
 47, Tab. 1 Anh.
 Exothermer Prozeß beim Wachstum
 der Bakterien 35.
 Extraktstoffe 109, 112, Tab. 4, 5, 6 Anh.
- Sarbe** von Süßfutter 14.
 Fäulnis 23.
 Faustformeln für elektr. Silage 43.
 Fermente 108, Tab. 4 Anh.
 Fette 109, Tab. 4, 5 Anh.
 Fettjähren, flüchtige F. bei Fäulnis 24.
 Fibrine 108, Tab. 4 Anh.
 Fingerling 11, 36, 108, 118, 119, 121.
 Flachseisenspiralen-Elektrode 80.
 Floeß 16.
 Flüchtige Säuren 120, 123, Tab. 8,
 10 Anh.
 Normale Wachstumsbedingungen der
 Bakterien 27.
 Fragebögen über Esfuanlagen 64.
 Freie Säuren 120, Tab. 8, 10 Anh.
 Frischfutter 112, Tab. 6, 7 Anh.
 Frölich, s. Vorwort.
 Füllen eines Silos 12, 18, 93.
 Futter 107, 108, Tab. 3 Anh.
 Futterkonservierung, Die elektr. F.
 58, 106, 125.
 Futterkonservierungstafel 21, Anh.
 Futtermittel 5, 107, 112, Tab. 3, 6,
 7, 10 Anh.
 Futterstod, Abdeckung des F. 16, 97.
 - Pressen des F. 17, 19, 94, 97.
 Futterstrom 61.
 Futterstromwärme 42.
 Futterturm 15.

- Gärkammer** 14.
Gärung 7, 11, 23, 24, 37.
Gärungsfreudigkeit, spezifische G. von Grünfutter 49.
Gärungsorganismen 23, 26.
Gebundene Säure 120, Tab. 8, 10 Anh.
Gerlach 13, 14, 123.
Gerste 13, Tab. 3 Anh.
Geruch von Butter-, Essig-, Milchsäure 120.
 — von Sauerfutter 13.
 — von Süßfutter 14.
Gesamtsäure in Süßfutter 121, 123, Tab. 9, 10 Anh.
Gesamtverluste des Futters bei der Konservierung 114.
Geschmack von Butter-, Essig-, Milchsäure 120.
 — von Silagefutter 11.
Gespannkosten für elektr. Silage 106.
Gesteinsbohrer-Elektrode 79.
Glasfilos 69.
Gras 6, 117, Tab. 3, 6, 7, 10 Anh.
Gruben, Normal-G. 87.
Grubenverfahren 12.
Grundfutter 5.
Grünfutter 5, 13, 107, 108, Tab. 3, 6, 7 Anh.
Grünmais, s. Mais.
- Häckseln, s. Zerkleinern.**
Haselhoff 123.
Hauptlebensfähigkeits-Charakteristik der Bakterien 47.
Hebelpressen 19.
Herb-Behälter 14.
Heu 6, 112, 115, 118, Tab. 6, 7 Anh.
Heutverbung 6, 118.
Hoffmanu 7, 108.
- Holzstoffe der Pflanzen** 109, Tab. 4, 5 Anh.
Honcamp 37, 38.
- Isa-Futterturm** 14.
Indol 24.
Industrie für Landwirtschaft G.m.b.H. 14, 19.
Instrumente, Strombahn-F. 101.
- Johannisroggen** 13, Tab. 3 Anh.
- Kali** 110, Tab. 4 Anh.
Kalk 110, Tab. 4 Anh.
Kalte Vergärung 12.
Kalkkulturen 21.
Kardinalpunkte 29, Tab. 1 Anh.
Kellner 6, 8, 13, 108, 110, 112.
Kieselsäure 110, Tab. 4 Anh.
Klauenschote, s. Serradella.
Klee 6, 13, 117, Tab. 3, 6, 7 Anh.
Kluge 15, 16, 18, 19.
Kohlenhydrate 109, 110, Tab. 4 Anh.
Kohlensäure 24, 31, 57
Koffen 33.
Konservierung von Futtermitteln 5.
Konservierungstafel 21, Anh.
Korkzieher-Elektrode 79.
Kraft 106, 108.
Kraftfuttermittel 5.
Kreuzbohrer-Elektrode 80.
Künstliche Trocknung 8.
Kümgel 13, 14, 123.
- Lafar** 25.
Landel-freizität G.m.b.H. 64, 69.
Laue Vergärung 12, 18, 50, 51.
Lebensdauer von Süßfutteranlagen 105.
Lebensfähigkeit der Bakterien 26, 34, 47.
Lebensfähigkeits-Charakteristik der Bakterien 49.

- Lecin 24.
 Licht, Einfluß des L. auf das Wachstum der Bakterien 30.
 Lohnkosten für die elektr. Silage 106.
 Luzerne 13, 117, Tab. 3, 6, 7 Anh.
- Magnesia** 110, Tab. 4 Anh.
Maiz 12, 13, Tab. 3, 10 Anh.
Manganverbindungen 110, Tab. 4 Anh.
Maul- und Klauenseuche 68.
Maximum der Wachstumstemperatur der Bakterien 29.
Merkaptane 24.
Miehe 7, 34, 35.
Mitroorganismen 23.
Milchmehrertrag bei Verfütterung von Süßfutter 67, 118.
Milchsäure 11, 20, 25, 30, 37, 110, 120, Tab. 4, 8, 9, 10 Anh.
Milchsäurebakterien 20, 28, 29, 37, 45, 49, Tab. 1 Anh.
Mineralstoffe 110, Tab. 4, 5 Anh.
Minimum der Wachstumstemperatur der Bakterien 29.
Mischfutter 13, Tab. 3 Anh.
- Nährwert des Futters** 110, Tab. 5, 6, 7 Anh.
Natron 110, Tab. 4 Anh.
Nichtflüchtige Säuren 120, Tab. 8 Anh.
Nitrate 24.
Nomographie 47.
Normalgruben 87.
Normen für Säuregehalt in Süßfutter 121, Tab. 9 Anh.
Nukleoalbumine 108, Tab. 4 Anh.
- Öle** 109, Tab. 4, 5 Anh.
Smelianski 28.
Optimum der Wachstumstemperatur der Bakterien 29.
- Organische Säuren** 110, 120, Tab. 4, 8, 9, 10 Anh.
Oxalsäure 110, Tab. 4 Anh.
- Packung eines Futterstocfs, s. Pressung.**
Pentosane 109, Tab. 4 Anh.
Periode, große P. der Wachstumsbewegungen der Bakterien 27.
Pferdebohnen 13, Tab. 3 Anh.
Phenol 24.
Phosphorsäure 110, Tab. 4 Anh.
Physiologische Wärme 36, 46.
Pilze 23.
Plattenanordnung nach dem Schweizerischen Verfahren 76.
Pol, Elektro-P. 84.
Pressen eines Futterstocfs 17, 19, 40, 62, 94, 97.
Proteide 108, Tab. 4 Anh.
Proteinfäulnis 23.
Proteinstoffe, i. Eiweißstoffe.
- Rabe** 60.
Rauhfuttermittel 5.
Reich 15, 16, 18, 19.
Reinkulturverfahren 19, 96.
Reinzucht = Milchsäure = Bakterienkultur 19, 96.
Respirationsapparate 111.
Rohfaserstoffe 109, 112, Tab. 4, 5, 6 Anh.
Rohfett 112, Tab. 6.
Rohprotein 112, Tab. 6.
Rohspiralen-Elektrode 79.
Rotklee, s. Klee.
Rübenblätter Tab. 10 Anh.
- Salizylsäure** 24.
Sauerfutterbereitung 12.
Sauerstoffzufuhr, Einfluß der S. auf das Wachstum der Bakterien 28.
Säureanalysen 119, Tab. 9, 10 Anh.

- Säuregehalt von Silagefuttermitteln 119,
Tab. 8, 9, 10 Anh.
- Säuren, organische S. 110, 119.
- Schimmelpilze 23.
- Schleim 25.
- Schnecken- oder Zylinderkathode 80.
- Schnitzgruben 12, 90.
- Schopenhauer 26.
- Schraubenelektrode 79.
- Schwefelsäure 110, Tab. 4 Anh.
- Schwefelwasserstoff 24.
- Schweizer 3, 39, 59.
- Selbstauschaltung des Futterstroms 76.
- Selbsterwärmung von Futterpflanzen 33, j. Wärme.
- Serradella 13, 117, Tab. 3, 6, 7 Anh.
- Siemens-Schubertwerke 3, 59.
- Silage, elektrische S. nach dem Ein-
flosssystem 93, 106.
- , — nach dem Einflusssystem 62, 95.
- Silo 15, 65, 86.
- Statol 24.
- Spaltpilze 23.
- Spezifische Gärungsfähigkeit von
Grünfuttermitteln 49.
- Spiegelelektrode 80.
- Spindelpresse 19.
- Spirillen 23.
- Stabordnung, reine St. bei dem
Elektrodenverfahren 70, 78.
- Stärke- oder Stärkemehl 109, 110, 112, Tab. 4
Anh.
- Stärkewert 112, 118, Tab. 6, 7
Anh.
- Stoff- und Kraftwechsel der Bakterien 35.
- Strom, elektr. Futter-Strom 41, 42,
61.
- Strombahninstrumente 101.
- Stromkosten einer Silage nach dem
Einflusssystem 107, 119.
- nach dem Einflusssystem 119.
- Stromstärke, elektr. Strom 41.
- in Einflusssystemen 98.
- in Einflusssystemen 63.
- Struktur der Pflanzen bei der Süß-
futtermittelbereitung 14.
- Sulfate 24.
- Süßfuttermittel 13, 112, 115, 118, 121.
Tab. 6, 7, 10 Anh.
- Süßfuttermittelbereitung 13.
- Süßpressfuttermittelbehälter 14, 97.
- Süßpressfuttermittelverfahren 17, 118
- Temperatur im Futterstapel** 12, 43,
45, 95.
- , Einfluß der St. auf das Wachst-
tum der Bakterien 29.
- , Außen-St., Einfluß der St. auf
die Erwärmung eines Futterstapels 52.
- Thermophile Gärungsorganismen 30.
- Thermotolerante Gärungsorganismen 30.
- Thymol 24.
- Tonerde 110, Tab. 4 Anh.
- Trockensubstanz des Futtermittels 8, 108,
115, 118, Tab. 4, 5, 6, 7 Anh.
- Trocknung, künstliche Tr. 8, j. Heu-
werbung.
- Trocknungsgrad von Dürren 6.
- Turkeisen 28.
- Turkverfahren 12.
- Thyrosin 24.
- Überdachung** 16, 92.
- Unterhaltungskosten einer Süß-
futtermittelanlage 106.
- Verdauliches Eiweiß** 112, Tab. 5, 6,
7 Anh.
- Verdaulichkeit des Futtermittels 110, Tab. 5
Anh.

- Verfahren, s. Braunheubereitung, Brennheubereitung, Dürreheubereitung, Einfilosystem, Elsuverfahren, Mühlfliehe Trocknung, Reinfuturverfahren, Sauerfuturbereitung, Süßfuturbereitung.
- Verfütterung von Süßfutur 118
- Vergärung 12, 36.
- Verluste, Abfall=V. 6, 114, 118.
- , Gesamt=V. 114.
- , Stärkewert=V. 118.
- , Trockensubstanz=V. 115, 118
- , Zerkleinerungs=V. 114.
- Versuchsglasflos 69.
- Verweisung 24.
- Vibrionen 23.
- Voels 2, 16, 20, 38, 108, 118, 122, 123.
- Wachsschichten auf Futterpflanzen** 40.
- Wachstum der Gärungsorganismen 26.
- Wachstumsbedingungen der Gärungsorganismen 26.
- Wachstumsbewegungen der Gärungsorganismen 26.
- Wachstumstätigkeit der Bakterien 26, 34, 47.
- Wallem 32, 62, 64.
- Wärme, Atmungs=V. 34, 45.
- , Bakterien=V. 35, 46.
- , Futterstrom=V. 42.
- , Gesamt=V. in einem Futterstocf 53, 95.
- , Zusatz=V. 42, 53.
- Warme Vergärung 12, 36.
- Warmkulturen 21.
- Wärmestab 75.
- Wasser 6, 24, 28, 108, 112, Tab. 4, 5, 6, 7 Anh.
- Wasserstoff 24.
- Weinsäure 110, Tab. 4 Anh.
- v. Wendstern 10, 11, 16, 36, 107, 115, 118, 125.
- Wickfutur Tab. 6, 10 Anh.
- Wickhafer 13, Tab. 3 Anh.
- Widerstand, elektr. V. von Futterpflanzen 38, 62, 70, 72, 82, 85.
- Wiegner 119.
- Wiesengras, s. Gras.
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen 104.
- v. Zatzewski 60.
- Zellteilung der Gärungsorganismen 27.
- Zelluloie 109, Tab. 4 Anh.
- Zellwachstum der Gärungsorganismen 27.
- Zerkleinern der Futterpflanzen 13, 18, 38, 40, 62, 67, 83, 93, 98, 107, 125.
- Zeretzungsverluste des Futters bei der Konjervierung 114.
- Zitronensäure 110, Tab. 4 Anh.
- Zottelwede 13, Tab. 3 Anh.
- Zuder 37, 109, 110, Tab. 4 Anh.
- Zuckerrübenblätter 13, 49, 53, 108, Tab. 3, 6 Anh.
- Zusatzwärme 42, 53.
- Zuwachsbedingungen der Gärungsorganismen 26.
- Zuwachsbewegung der Gärungsorganismen 26.



Verlag von Julius Springer in Berlin W9

Der elektrische Landwirt

Ein Merkbüchlein in Frage und Antwort

von

Dipl.-Ing. **U. Vieze**, Generaldirektor

Geschäftsführer der Landelektrizität G. m. b. H. zu Halle a. S.

41.—60. Tausend

1922. GZ. 0,3

Bei Mehrbezug Partipreise

In diesem Büchlein werden Fragen über Elektrizität und ihre Anwendung behandelt, welche bei der Einführung von Elektrizität auf dem Lande, insbesondere von den Landwirten erfahrungsgemäß gestellt werden und deren Beantwortung im Interesse einer gedeihlichen Weiterentwicklung der Elektrizitätsbewegung liegt. Durch schlichte Form und Ausdrucksweise soll das Büchlein für weiteste Kreise bestimmt sein und jedem Landwirt als Fingerzeig in Elektrizitätsfragen dienen.

Die Grundzahl (GZ.) entspricht dem ungefähren Vorkriegspreis und ergibt mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Die elektrische Futterkonservierung 58

Oktober 1921 S. 58. — Eisverfahren S. 60. — Fragebogen mit Bezug auf Eisanlagen S. 64. — November 1921 S. 69. — Glaszilos S. 69. — Erster Versuch. 8. Februar 1922 S. 70. — Elektrodenverfahren mit reiner Stabanordnung S. 70. — 18. Februar 1922 S. 71. — April 1922 S. 72. — Dorn S. 72. — Wärmstäbe S. 75. — Selbstausschaltung S. 76. — Schraubenelektrode S. 79. — Elektrowärmer S. 82. — Lösung des Widerstandsproblems im Futter S. 82. — Das elektrische Einzilosystem S. 83. — Oktober 1922 S. 83. — Elektropol S. 84. — November 1922 S. 85. — Herichtung der Silos für das elektrische Einzilosystem S. 86. — Arbeitsvorgang bei einer Silage mit dem elektrischen Einzilosystem S. 93. — Vorzüge des elektrischen Einzilosystems S. 98. — Silageergebnisse mit dem elektrischen Einzilosystem S. 99. — Strombahninstrumente S. 101.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen 104

Beschaffungskosten der Anlage einschl. allen Zubehörs S. 105. — Lebensdauer der Anlage in ihren Teilen S. 105. — Betriebskosten der Silage S. 106. — Produktionskosten für das zur Silage bestimmte Grünfutter S. 107. — Bewertung des Futters S. 108. — Betriebswirtschaftliche Vorteile für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb durch die Süßfutterbereitung S. 124.

Schlußwort	126
Anhang	127
Literatur	136
Sachregister	138

Druckfehlerberichtigung

Formel S. 39, Zeile 19, muß lauten: $w = s \cdot \frac{1}{q}$