

5. Institut für Milchverwertung.

Institutsdirektor: Prof. Dr. Westphal.

Bearbeitung aller milchwirtschaftlichen Fragen sowohl vom volkswirtschaftlichen als privatwirtschaftlichen Standpunkt. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Milchwirtschaft. Betriebsverhältnisse der Milcherzeugung und Milchverwertung. (Abmelkwirtschaft, Zuchtwirtschaft, gemischte Betriebe, Unternehmungsformen der Milchverwertung, Handel und Verkehr mit Milch und Milcherzeugnissen.) Einfluß der natürlichen, wirtschaftlichen und persönlichen Verhältnisse auf die Rentabilität. Agrarpolitische und privatwirtschaftliche Fragen der Milchwirtschaft.

6. Institut für Maschinenwesen.

Institutsdirektor: Prof. Dr. Lichtenberger.

Fühlungnahme mit der milchwirtschaftlichen Maschinenindustrie und der milchwirtschaftlichen Praxis. Ungelöste Probleme der Wärmewirtschaft, des Kraftverbrauches und der zweckmäßigen Einrichtung milchwirtschaftlicher Betriebe mit dem Ziel der Hebung ihrer Rentabilität. Prüfung und Begutachtung von Neuerscheinungen an Maschinen. Verbesserungsvorschläge. Beratung bei der Beschaffung von Molkereieinrichtungen. Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ganzer Molkereianlagen.

Die Verwaltung der Gesamtanstalt und die Vertretung nach außen wird durch den Verwaltungsdirektor wahrgenommen, der aus der Reihe der Institutsdirektoren auf Vorschlag des Kollegiums vom Ministerium auf die Dauer von jeweils zwei Jahren ernannt wird. Die unmittelbare Aufsicht über die Anstalt führt ein Kuratorium, dessen Mitglieder durch das Ministerium berufen werden. Die Forschungsanstalt ist zum Teil in den früheren Räumen des Milchwirtschaftlichen Instituts der Landwirtschaftskammer, zum Teil in dem daran angefügten großen Neubau untergebracht. Das Hauptgebäude enthält in seinen etwa 80 Räumen außer den Arbeitsräumen der sechs Institute unter anderen: einen Hörsaal nebst Vorbereitungszimmer mit 90 Sitzplätzen, zwei Büchereisäle, ein Lese- und Zeitschriftenzimmer, einen großen Praktikantensaal für bakteriologische Arbeiten, und ein großes Maschinenlaboratorium für Maschinenprüfungen nebst mechanischen Werkstätten. Es ist gelungen, das Institut trotz der Schwere der Zeit dank der tatkräftigen Förderung des Landwirtschaftsministeriums mit Arbeitseinrichtungen auszustatten, wie sie kein zweites Institut für dieses Spezialgebiet aufzuweisen hat. Die Anstalt dürfte in dieser Beziehung von keiner Anstalt auf dem europäischen Kontinent übertroffen werden.

An die Anstalt ist eine Versuchs- und Lehrmolkerei angeschlossen, in der bis 15 000 Liter Milch täglich verarbeitet werden können. Die Lehrmolkerei dient in erster Linie der Anstellung von Versuchen seitens der verschiedenen Institute auf allen Gebieten der Milchverarbeitung. Wenn diese Versuchsanstellung Zweck haben sollte, so durfte sie nicht auf kleine Laboratoriumsversuche beschränkt bleiben, sondern es mußte ein größerer, völlig ausgebauter Molkereibetrieb zur Verfügung stehen.

In der Molkerei werden weiter Neuerungen auf dem Maschinenmarkt geprüft. Besonderer Wert ist auf die meßtechnische Einrichtung gelegt worden, um die Genauigkeit der anzustellenden Versuche zu gewährleisten.

An die Forschungsanstalt wird weiter in nächster Zeit die bisherige Domäne Friedrichsort bei Kiel als Versuchsgut angegliedert werden. Futterbau, Futterkonservierung, Fütterungsversuche werden die Hauptaufgaben dieser Versuchswirtschaft sein.

Mit der Anstalt ist weiter eine Lehranstalt für Molkereifachleute verbunden. Der fünf Monate dauernde Lehrgang wird mit einer Prüfung abgeschlossen. Von Zeit zu Zeit werden besondere Lehrgänge und Kurse von kürzerer Dauer für verschiedene Berufskreise, wie Landwirte, Molkereifachleute, Tierzuchtbeamte, abgehalten. In Vorträgen und Aussprachen werden Neuerungen auf den verschiedenen Gebieten der Milchwirtschaft behandelt.

Die Einrichtung der Anstalt war nur möglich unter Aufwendung sehr beträchtlicher Mittel. Wenn der Staat trotz der Schwere der Zeit diese für einen solchen Zweck zur Verfügung gestellt hat, so hat er das getan, weil es einer der Wege ist, um das Ziel, die Ernährung des deutschen Volkes aus eigener Erzeugung, zu erreichen. Die Forscherarbeit, die in der Anstalt geleistet wird, ist letzten Endes produktive Arbeit, die sich auswirken soll in einer Steigerung und Verbesserung unserer Lebensmittelherzeugung. [A. 118.]

Korrosion der eisernen Telegraphen- und Fernsprechstützen.

Von Dr. OTTO HAEHNEL, Berlin.

Mitteilung aus dem Telegraphentechnischen Reichsamte.

(Eingeg. 12./5. 1924.)

Lebhafte Klagen einer Oberpostdirektion über schnelles Durchrosten der senkrechten Stützenden, welche die Porzellandoppelglocken der Telegraphen- und Fernsprechanlagen tragen, gaben Veranlassung, einer ziemlich weitverbreiteten Erscheinung auf den Grund zu gehen, welche vor dem Kriege wahrscheinlich als zu geringfügig wenig beachtet worden wäre, in der heutigen Zeit aber als ein bedeutender Sachschaden empfunden werden muß. Die Stützen werden unmittelbar unterhalb des inneren Glockenrandes oft in ganz kurzer Zeit so stark korrodiert, daß sie auf einer Länge von 3–5 cm von dem ehemaligen Vierkanteisen nur noch ein ganz dünnes, oft nur 2–3 mm starkes Eisenstück erkennen lassen, welches nicht mehr stark genug ist, um zu verhindern, daß beim Reißen der Leitung allein durch den einseitigen Drahtzug einer 1,5 mm Leitung die Stütze wegbreicht. Bisweilen ist auch die weit vorgeschrittene Korrosion äußerlich kaum wahrzunehmen, weil der gebildete Rost fest anhaftet und metallischen Glanz zeigt. Die Kosten der Erneuerung einer abgebrochenen Stütze sowie der Materialschaden, der durch die herabfallende Isolierglocke unter Umständen angerichtet wird, können, abgesehen von den Gefahren für Menschenleben, je nach den örtlichen Verhältnissen, recht beträchtlich sein. Für die eingehende Untersuchung der in Rede stehenden Erscheinung kam es darauf an, durch eine allgemeine Rundfrage bei den Telegraphenbauämtern des Reiches festzustellen, in welchem Umfange die Korrosion der Stützen bisher beobachtet worden ist, wie schnell sie nach den vorliegenden Erfahrungen fortschreitet, in welcher Abhängigkeit sie von besonderen örtlichen Verhältnissen steht, und welche Abwehrmaßnahmen, falls solche etwa bereits getroffen worden sein sollten, von Erfolg begleitet gewesen sind.

Die Ermittlungen haben ergeben, daß von dem völligen Durchrosten vornehmlich die aus Stahl gefertigten Stützen, und von diesen wieder die Stützen III betroffen werden, während an den schmiedeeisernen Stützen die Erscheinung sehr viel seltener beobachtet wird. Es ist bekannt, daß die verschiedenen Eisensorten eine sehr verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Rostbildung besitzen¹⁾. Stahl ist weniger widerstandsfähig als Eisen,

¹⁾ Bautechn. Mitt. d. Stahlwerksverb. Düsseldorf 10, 145 [1914].

und von den Eisensorten rostet das Flußeisen wesentlich leichter als Schweißeisen. Eigentümlicherweise fällt das Eisen der Zerstörung um so leichter anheim, je reiner es ist, was man dadurch zu erklären versucht hat, daß die Verunreinigungen des Eisens, namentlich der Schlacken- und Kesselstein-gehalt beim Schweißeisen, dasselbe mit einer Art schützender Glasur umgibt.

Ob das bei weitem leichtere Durchrosten der Stützen III allein dem Stahl zuzuschreiben ist, aus dem sie hergestellt sind, oder ob noch andere Umstände das verschiedene Verhalten der drei Stützensorten gegen Korrosionsgefahr bedingen, ist eine nicht ganz leicht zu entscheidende Frage. Denkbar wäre jedenfalls, daß die Stützen sich auch ungleich verhielten, wenn sie sämtlich aus ein und demselben Material hergestellt wären. Der Rostschutzanstrich, abgesehen von dem ersten Überzuge, pflegt nämlich unmittelbar unterhalb der porzellanenen Einschraubstelle, wie gleich gezeigt werden wird, bei den Stützen III viel unvollkommener ausgeführt zu werden als bei den Stützen II und I. Die Stützen werden nach dem Einbau öfter nachgestrichen, wobei es für den Arbeiter außerordentlich schwierig ist, die unmittelbar unter dem Porzellanmantel befindliche, aber noch von der Hanfumwicklung freie Stelle der Stütze mit dem Pinsel ausreichend zu bestreichen, da die innere Wand der Doppelglocke sehr nahe an dem Schaft der Stütze liegt. Der Schutzanstrich erfolgt um so ungenügender, als den Arbeitern zur Pflicht gemacht wird, den unteren Rand der Glockenwand rein und sauber zu halten. Die Schwierigkeit des Auftragens des Rostschutzanstriches ist nun bei den 1 kg schweren Stützen I, die im Querschnitt ein Quadrat von 20 mm Seitenlänge aufweisen, und bei den Stützen II (Gew. 0,7 kg), deren Querschnitt ein Quadrat von 16 mm Seitenlänge darstellt, lange nicht so groß wie bei den nur 12 qmm starken Stützen III (Gew. 0,3 kg), denn die erstgenannten Stützen tragen entsprechend ihrer Größe auch größere Doppelglocken. Wie allgemein bekannt, ist zum Rosten des Eisens nicht nur Sauerstoff, sondern auch Feuchtigkeit erforderlich. In ganz trockener Luft sowohl wie in völlig luftfreiem Wasser findet bei gewöhnlicher Temperatur keine Rostbildung statt. Die Rostbildung vollzieht sich um so schneller, je feuchter die Luft oder je sauerstoffreicher das Wasser ist, mit denen das Eisen in Berührung kommt. Abgesehen davon, daß bei niedrigerer Temperatur die auf dem Eisen niederschlagende Feuchtigkeit langsamer abtrocknet als bei höherer, wird im ersten Falle der Sauerstoff aus der Luft von der Feuchtigkeit leichter und schneller absorbiert als bei höheren Wärmegraden. Die Bedingungen für das Rosten des Eisens sind daher bei mäßig kühler, feuchter Witterung am günstigsten und namentlich dann, wenn das Eisen eine niedrigere Temperatur aufweist als der Wasserdampf oder die Luftfeuchtigkeit. An den Teil der Stütze, welcher sich noch unter dem Schutze der Doppelglocke befindet, gelangen die trocknenden Luftströmungen und die erwärmenden Sonnenstrahlen sehr viel schwerer heran als an die übrigen Stellen der Stütze. Dadurch wird, und dies trifft besonders für Zeiten der Nebel- und Taubildung zu, die häufige Entstehung und das längere Verweilen eines Feuchtigkeitshäutchens an der fraglichen Stelle bedingt, so daß dort sehr viel öfter günstige Bedingungen für den Rostvorgang gegeben sind als anderswo.

Wenn wirklich, wie die vorstehenden theoretischen Erörterungen zeigen, ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Durchrosten der Stützen einerseits und dem herrschenden Klima andererseits besteht, so muß die in Rede stehende Erscheinung in feuchten oder nieder-

schlagsreichen Gegenden stärker hervortreten als in trockenen. Dies ist nun auch in der Tat der Fall. Wie die Rundfrage ergeben hat, ist das Durchrosten der Stützen in dem Küstengebiet der Nordsee, wo die jährliche Regenmenge 70—85 cm beträgt, und in dem Gebiet der westlichen Ostsee, in dem eine jährliche Regenmenge von 55—70 cm zu verzeichnen ist, eine allgemeine Erscheinung, während die Korrosionen in den trockneren Gebieten Deutschlands (jährliche Regenmenge 40—55 cm) sehr viel seltener beobachtet werden. Eine Frage bleibt es allerdings, ob der Feuchtigkeitsunterschied der verschiedenen Gegenden allein das abweichende Verhalten der Stützen zur Genüge erklärt, oder ob nicht noch andere Faktoren für die besonders starke Korrosion der Stützen in den meisten Küstengebieten verantwortlich zu machen sind. Soweit hier bekannt, ist es bisher nicht gelungen, in der Atmosphäre der Küstenstriche Seesalz nachzuweisen — nur wenige Meter über dem Meeresspiegel und in allernächster Nähe des Meeresstrandes sind mit dem Wasser verspritzte Mengen Seesalz festgestellt worden —, aber nach den hier gemachten Beobachtungen muß ein Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt des Meerwassers einerseits und dem Umfang der Korrosionen andererseits bestehen, denn das Durchrosten der Stützen tritt an der hinterpommerschen und der samländischen Ostseeküste sehr selten auf, während es, wie erwähnt, an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste eine wohlbekannte Erscheinung ist. Die genannten Gebiete weisen dieselbe jährliche Regenmenge (55—70 cm) auf, unterscheiden sich aber dadurch, daß das ihnen vorgelegte Seewasser einen verschieden starken Salzgehalt besitzt. Im westlichen Teil der Ostsee, d. h. vor der schleswig-holsteinischen Küste, beträgt der Salzgehalt etwa 2%, während er östlich von Rügen unter 1% bleibt und um so geringer ist, je weiter man nach Osten kommt. Die Nordsee, in deren Küstenbereich, wie erwähnt, überall erhöhte Korrosionsgefahr besteht, hat einen Salzgehalt, der nahezu ebenso groß ist, wie der des offenen Ozeans (3,5 %).

Nach diesem Befund muß angenommen werden, daß die auf den Friesischen Inseln, auf dem Festlande längs der ganzen Nordseeküste, an der schleswigschen Ostseeküste und in den Moor- und Marschgegenden Nordwestdeutschlands beobachteten starken Korrosionen, die in einem einzigen dort befindlichen Oberpostdirektionsbezirk jährlich schätzungsweise 800 Stützen unbrauchbar machen, nicht nur auf die häufigen Niederschläge und den hohen relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft zurückzuführen sind, sondern daß auch der Salzgehalt des in der Nähe befindlichen Seewassers hierbei eine wichtige Rolle spielt.

Es ist bekannt, daß feuchte Luft oder sauerstoffhaltiges Wasser erheblich stärker korrodierend wirken, als in reinem Zustand, wenn sie geringe Mengen elektrolytisch dissoziierter Stoffe, besonders solcher, welche freie Wasserstoffionen bilden, enthalten. An vielen Orten ist nun die Luft nachweisbar mit solchen Stoffen verunreinigt. Verfasser²⁾ hat z. B. bei einer Analyse der Berliner Luft einen Schwefeldioxyd-gehalt von 0,00112 Vol.-% und einen Kohlendioxyd-gehalt von 2 Vol.-% festgestellt. Diese Mengen genügen, um einen vorzeitigen Verfall der Baustoffe (Steine sowohl wie Metalle) herbeizuführen. Die Gefährlichkeit dieser in der Luft nur in großer Verdünnung enthaltenen Stoffe beruht darauf, daß sie sich dort, wo geringe Wassermengen anhaften, z. B. in Form von Tröpfchen oder Feuchtigkeitshäutchen, vermöge ihrer leichten Löslichkeit in Wasser anreichern und

²⁾ Z. ang. Ch. 35, 618 [1922].

zur Bildung verhältnismäßig starker Säuren Anlaß geben, und zwar ist das in geringerer Menge vorhandene Schwefeldioxyd bei weitem schädlicher als das quantitativ viel stärker hervortretende Kohlendioxyd, da es sich nicht nur rund 40 mal leichter in Wasser auflöst als Kohlendioxyd, sondern auch in seiner wässerigen Lösung sehr viel stärker elektrolytisch dissoziiert ist als das letztere. Wie oben gezeigt, halten sich an der Stütze unmittelbar unterhalb der Einschraubstelle oft lange Zeit geringe Mengen Feuchtigkeit in Form von Tröpfchen oder eines dünnen Häutchens auf. Hier kommt es also zur Bildung elektrolytisch ziemlich stark dissoziierter Lösungen und zu heftiger Korrosion, wenn die umgebende Luft nicht frei von den genannten Verunreinigungen ist. Daß die Wirkung bei Regenwetter erheblich geringer sein muß als zuzeiten der Nebel- und Taubildung, folgt daraus, daß die Verdünnung der entstehenden Säuren im ersten Fall eine außerordentlich große ist. Im Einklang hiermit stehen auch die im westlichen Deutschland an größeren Bauwerken gemachten Beobachtungen, daß die der Regen- und Nebenseite zugekehrten, d. h. nach Westen gelegenen größeren Eisenflächen, oftmals geringere Korrosionserscheinungen erkennen lassen als die nach der entgegengesetzten Richtung gekehrten.

Die Abhängigkeit der Größe und des Umfanges der Korrosionen von dem Gehalt der umgebenden Luft an Kohlendioxyd und Schwefeldioxyd, d. h. an Verbrennungsgasen, ist in der vorliegenden Arbeit erneut bestätigt worden. Nach den statistischen Erhebungen ist die Lebensdauer der Stützen um so geringer und der Umfang der ganzen Erscheinung um so größer, je mehr Feuerungsstellen, Fabriken, besonders chemische Fabriken, Eisenbahnen oder auch sonstige mit schädlichen Ausdünstungen verbundene Anlagen, wie z. B. Pferdeställe, in der Nähe sind. Während in den Gegenden mit reiner Landluft die Lebensdauer der Stützen nach den bisher vorliegenden Erfahrungen eine nahezu unbegrenzte ist, halten sich die Stützen III in einer Stadt wie Frankfurt a. M. nur 10–20 Jahre. In dem industriereichen Bezirk Dortmund werden sie in 6–7 Jahren fast völlig zerfressen, und gar in Mannheim, das von einem Kranz chemischer Fabriken umgeben ist, müssen die in nächster Nähe der Fabriken eingebauten Stützen sogar regelmäßig alle 3–4 Jahre erneuert werden. Selbst in sonst durch sehr reine Luft gekennzeichneten Gegenden können örtlich ziemlich scharf begrenzte Gefährzonen auftreten, die sich sehr störend bemerkbar machen. In dem kleinen Schwarzwaldstädtchen des Baubezirks Radolfzell z. B., wo infolge des kalten Klimas 9 Monate hindurch, meistens ohne Unterbrechung, Tag und Nacht geheizt wird, mußten bis jetzt 100 Stützen III, die in unmittelbarer Nähe der Schornsteine eingebaut waren, ersetzt werden.

Tiefe Bahneinschnitte oder ungünstige Geländeverhältnisse, welche den schnellen Abzug der Rauchgase oder eine Durchlüftung erschweren, begünstigen naturgemäß die Korrosion der Stützen in außerordentlichem Maße. So treten z. B. regelmäßig sehr starke Korrosionserscheinungen auf an den Stützen und Querträgern der tief in das Gelände eingeschnittenen Bahnlinie zwischen Altenbeken und Neuenbeken, ferner an dem Westausgang des Eisenbahntunnels bei Ronheide und an vielen anderen Stellen unseres weitverzweigten Eisenbahnnetzes. Im Elstertal, in dem häufig Nebel auftreten, macht sich ebenfalls die in Rede stehende Erscheinung sehr störend bemerkbar, was als Beispiel für die Förderung der Korrosionen durch besondere Geländeverhältnisse dienen mag.

Nach diesen Ausführungen ist das Durchrostens der eisernen Stützen III nicht nur einem einzigen Umstande zuzuschreiben, sondern als das Endergebnis des Zusam-

mentreffens verschiedener ungünstiger Tatsachen anzusehen. Erstens bedingt der Stahl ein schnelleres Rosten als es bei Schmiedeeisen der Fall ist. Dazu kommt zweitens, daß der öfter zu wiederholende Schutzanstrich unmittelbar unterhalb der porzellanenen Einschraubstelle nur sehr schwierig einwandfrei auszuführen ist. Drittens bildet sich unterhalb der Einschraubstelle öfter ein Feuchtigkeitsniederschlag, dadurch bedingt, daß diese Stelle der Stütze von der Luftbewegung und den Sonnenstrahlen schwerer erfaßt wird als die übrigen Teile. Und viertens endlich nimmt dieses Feuchtigkeitshäutchen, wenn die umgebende Luft schädliche Verunreinigungen enthält, diese begierig auf und bildet verhältnismäßig konzentrierte, elektrolytisch stark dissoziierte und daher die Korrosion fördernde Lösungen.

Um dem Übelstande des Durchrostens der Stützen III wirksam zu begegnen, ist es erforderlich, alle genannten Ursachen in gleichem Maße zu berücksichtigen. Wegen der Ersetzung des Stahles durch Schmiedeeisen und einer zweckmäßigeren Formgebung der Stützen III sind schon anlässlich der schwebenden Normierung Untersuchungen angestellt worden. Einen Stahl mit einem hohen Gehalt an Chrom oder Silicium zu verwenden, der nach G. A. Drysdale³⁾ korrosionsbeständig ist, wird kaum in Frage kommen können, da diese beiden Stahlsorten sehr viel teurer sind als Schmiedeeisen. Zu überlegen bleibt aber, ob es sich empfiehlt, die Grundierung derjenigen Stützen, welche in besonders gefährdeten Gegenden Verwendung finden sollen, anstatt mit Zink-Rostschutzfarbe, mit der teureren Bleifarbe (Mennige) auszuführen. Daß die eingebauten Stützen zweimal im Jahre nachgestrichen werden, wie es bei Verwendung der jetzt üblichen Rostschutzfarben von verschiedenen Seiten für erforderlich gehalten wird, ist in Anbetracht der hohen Arbeitslöhne kaum angängig.

Eine weitere wichtige, im Zusammenhang mit der Klärung der eigenartigen Erscheinung des Durchrostens der Stützen unmittelbar unterhalb der Porzellandoppelglocke behandelte Frage ist die, welchen Rostschutz die Verzinkung der Stützen gewährt. Als während des Krieges das Leinöl und damit die Ölfarben sehr schwer erhältlich wurden, ordnete das Reichspostamt im Mai 1916 an, daß das Telegraphenbauzeug möglichst verzinkt zu beziehen ist. Da aber gegen Ende des Jahres 1917 auch nicht mehr genug Zink für die Verzinkung zur Verfügung stand, konnten systematische Versuche größeren Stiles nicht vorgenommen werden. Nur diejenigen Oberpostdirektionen, deren Bestand an Rostschutzfarben bei Erlass der erwähnten RPA-Verfügung vom Jahre 1916 bereits aufgebraucht war, und die daher in den folgenden 1½ Jahren verzinktes Bauzeug bezogen hatten, waren in der Lage, Erfahrungen zu sammeln. Das Ergebnis der sich über eine Zeitdauer von 8 Jahren erstreckenden Beobachtungen an verzinkten Stützen ist das folgende:

In den Bezirken, in denen das Durchrostens der gestrichenen Stützen sich sehr störend bemerkbar macht, haben sich die verzinkten Stützen überall gut bewährt. Dies gilt allerdings nur für feuerverzinkte und nach dem Schoop'schen Verfahren metallisierte Stützen.

In der vorstehenden Arbeit sind die Ursachen des schnellen Durchrostens der eisernen Telegraphen- und Fernsprechstützen behandelt worden. Es ist klar, daß dort, wo die Korrosionsgefahr nur unbedeutend ist oder mit einer solchen überhaupt nicht gerechnet zu werden braucht, wie z. B. in reiner Landluft, kostspielige Rostschutzfarbenanstriche oder Metallisierungen zu unterbleiben haben. Nur in den Gefahrbezirken kommen be-

³⁾ Fondry 51, 952–954 [1923].

sondere Maßnahmen in Frage. Welche der angeführten Mittel hier gegen die Korrosionsgefahr aufgewendet werden müssen, mit andern Worten: in welchen Gegenden sich die erhöhten Ausgaben für teure Schutzmaßnahmen lohnen, dies zu entscheiden, ist Sache der Praxis.

[A. 88.]

Über Keratin¹⁾.

V. Mitteilung.

Von A. HEIDUSCHKA.

Aus dem Laboratorium für Lebensmittel- und Gärungschemie der Technischen Hochschule Dresden.

(Eingeg. 7./5. 1924.)

Das Keratin bildet die verhornten oberen Schichten der Epidermis, also die sogenannten Hornsubstanzen des menschlichen und tierischen Körpers wie die Haare, Federn, Nägel, Hufe, Hörner usw. In ihrem natürlichen Zustande sind diese Produkte für das ganze Tierreich als Nahrungsstoffe unverwendbar, da sie als eine der auffälligsten Eigenschaften die besitzen, völlig unangreifbar gegenüber der Verdauung durch die proteolytischen Fermente zu sein. Nur eine Klasse des Tierreichs ist imstande, Keratin direkt zu verdauen, nämlich die Raupen der Pelzmotte *Tinea pellionella* und *tapecella* und die Mallophaga (*Liotheidae*, *Phylopteridae*, *Trichodectes*). Über die Verdauungsfermente dieser Tiere scheint aber bis heute noch nichts bekannt zu sein.

Durch ihre feste Beständigkeit gegenüber peptischer und tryptischer Verdauung und durch ihre relativ größte Resistenz gegenüber Säuren und Alkalien unterscheiden sich die Keratine von anderen Eiweißkörpern. Meist erst in der Wärme werden sie von Säuren und Alkalien angegriffen und je nach der Konzentration dieser Spaltungsmittel und nach den anderen Bedingungen gänzlich oder nur teilweise gespalten. Die tiefegehende Spaltung durch Säuren oder Alkalien bis zu den Eiweißbausteinen — den Aminosäuren, die das Keratinmolekül bilden — ist bereits vielfach durchgeführt worden, doch sind alle diese Methoden kaum für eine praktische Ausnutzung von Keratinprodukten, wie z. B. zur Herstellung von Futtermitteln, verwertbar, da die Trennung der entstehenden Abbauprodukte von den spaltungsbefördernden Agenzien schwer durchführbar ist.

In neuerer Zeit²⁾ ist es nun gelungen, Keratinsubstanzen unter geeigneten Versuchsanordnungen nur durch Einwirkung von Wärme zu spalten.

Erhitzt man Horn bei atmosphärischem Druck, so verkohlt es bei etwa 300° stets unter Entwicklung von Verbrennungsgasen mit dem bekannten eigentümlichen Geruch. Wird Hornsubstanz im Vakuum erhitzt, so tritt bei etwa 250° eine langsame Abscheidung eines Destillates ein, das sich bei 270° vermehrt und braun färbt. In der Retorte verbleibt wiederum eine Kohle, die stark porös ist. Erfolgreich war erst das Erhitzen des Hornes in einem abgeschlossenen Raume. Dabei trat bei einer bestimmten Temperatur, die von der Erhitzungsdauer abhängig ist, eine Spaltung ein. Bei dieser Spaltung resultierten stark riechende Gase und eine dickflüssige braune Masse, deren Reaktion gegen Lackmus alkalisch war. Unter den Gasen sind Schwefelwasserstoff, Ammonium- und organische Schwefelverbindungen erkennbar.

Dieser Spaltungsvorgang läßt sich durch folgende Annahme erklären. Durch den Einfluß der hohen Temperatur entsteht zunächst an den äußeren heißesten Stellen der Masse eine tiefegehende Zersetzung, wobei sich Ammoniak und Wasser bilden. Dadurch sind die Bedingungen zu einer schwachen alkalischen Hydrolyse gegeben. Die Annahme wird gestützt durch die Tatsache, daß die Spaltung unter Druck bei niedrigerer Temperatur eintritt, sobald dem Horn Ammoniak im abgeschlossenen Raume von vornherein zugefügt wird. Auch ein Zusatz von Wasser erniedrigt — wie zu erwarten — die Spaltungstemperatur, aber nicht im gleichen Maße wie konzentrierte Ammoniaklösung.

Bei dieser Spaltung resultierte, wie schon oben gesagt, neben stark riechenden Gasen eine dickflüssige braune Masse, deren Reaktion gegen Lackmus alkalisch war, und die die üblichen Eiweißreaktionen mit positivem Ausfall gab. Bei der Lösung dieser dickflüssigen Masse in Wasser hinterblieb ein unlösbarer Rückstand, in dem eine Schwefelanreicherung festgestellt werden konnte.

Die weitere Untersuchung dieser dickflüssigen Masse, die ich eingehend mit E. K o m m³⁾ durchgeführt habe, ergab folgende Resultate. Bei diesem Spaltungsvorgange konnte es sich nur um eine partielle Hydrolyse der Hornsubstanzen handeln, bei der sich die partiellen Eiweißspaltprodukte — Proteosen und Peptone — ergeben.

Nach der von P i c k⁴⁾ und anderen Autoren beschriebenen Methode, durch fraktionierte Fällung mit Neutralsalzen die einzelnen Proteosen zu isolieren, wurde unser Spaltungsprodukt untersucht. Es gelang so, durch fraktionierte Fällung mit Ammoniumsulfat die nach unserer Art abgebauten Keratine in vier Keratosefraktionen zu zerlegen. Die Fraktionierung wurde in der üblichen Art bei verschiedener Konzentration und Reaktion der Hornlösung⁵⁾ durchgeführt, und die Fällungsgrenzen der einzelnen Keratosen zeigten, verglichen mit denen von Proteosen anderer Eiweißkörper (ermittelt von E. P. P i c k, E. Z u n t z⁶⁾ und anderen Autoren), geringe Unterschiede. Nach der Festlegung der Fällungsgrenzen der einzelnen Keratosefraktionen wurden die Keratosen rein dargestellt, und ihre Eigenschaften näher bestimmt. Zur Darstellung bedienten wir uns der von P i c k⁷⁾ ausgearbeiteten Ammonium-Sulfat-Alkoholmethode und konnten mit dieser die Heterokeratose gut von der Protokeratose trennen, ferner die Deutokeratosen A und B in je zwei Anteile zerlegen und eine Deutokeratose C ebenfalls isolieren. Die in dieser Weise dargestellten Keratosen zeigten im reaktionellen Verhalten, verglichen mit den entsprechenden Proteosen, nur kleine Verschiedenheiten. In den Deutokeratosen A und B konnten wir an der charakteristischen Stelle die besonders starke Anreicherung der Kohlenhydrat- und Schwefelgruppe durch den kräftigen Ausfall der für diese Gruppen typischen Reaktionen nachweisen.

Außer dieser Isolierung der Keratosen und Festlegung ihrer Eigenschaften versuchten wir mit Hilfe der von S i e g f r i e d⁸⁾ beschriebenen Eisenmethode ein Keratinpepton aus den partiell hydrolysierten Hornsubstanzen zu isolieren. Nachdem wir die vorgespaltene

³⁾ Z. f. phys. Ch. 121, 221; 124, 32; 126, 131 u. 261.

⁴⁾ C. P. P i c k, Z. phys. Ch. 24, 246; 28, 28 u. 219. C. Z u n t z, ebenda 27, 219.

⁵⁾ Mit Hornlösung bezeichnen wir die in Wasser gelösten Keratinspaltprodukte.

⁶⁾ a. a. O.

⁷⁾ a. a. O.

⁸⁾ M. S i e g f r i e d, Über partielle Eiweißhydrolys. Berlin 1916.

¹⁾ Nach einem am 21. 12. 1923 gehaltenen Vortrag des Verfassers in der Dresdner Chem. Gesellschaft. Die vierte Mitteilung s. Z. phys. Ch. 126, 261.

²⁾ D. R. P. 321 382.