

Die neuere Entwicklung der Lebensmittelchemie.

Von Dr. RICHARD DIETZEL und Dr. KURT TÄUFEL.

Mitteilung aus der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in München
(Eingeg. 28/1. 1923.)

Was auf dem Gebiete der Lebensmittelchemie im Laufe der Zeit an der Schaffung von Untersuchungsmethoden und an Forschungsergebnissen gezeigt worden ist, hat J. König zum großen Teil in seinem klassischen Handbuch der „Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel“ gesammelt und übersichtlich zusammengestellt. Es geht daraus hervor, daß das Augenmerk der Forscher neben der Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Lebensmittel vor allem auf die Ausarbeitung von analytischen Verfahren zum Zwecke der Überwachung des Verkehrs mit Nahrungs- und Genußmitteln gerichtet war. Man beschränkte sich im wesentlichen auf die Bestimmung der wichtigsten Bestandteile eines Lebensmittels: auf die Bestimmung der Kohlehydrate, Eiweiß- und Fettstoffe und der Mineralbestandteile, sowie auf die Feststellung von Lebensmittelverfälschungen. Die Differenzierung dieser Stoffgruppen, oder um mit M. Rubner zu reden, die Erforschung ihrer „feineren, intimeren Zusammensetzung“, sowie die Aufklärung der chemischen Vorgänge, die sich bei der Gewinnung, Aufbewahrung, Haltbarmachung und Zubereitung der Lebensmittel abspielen, wurden weniger berücksichtigt. Erst die moderne Lebensmittelchemie, bei der die analytische Forschung zum Zwecke der Lebensmittelkontrolle mehr in den Hintergrund trat, hat sich der Bearbeitung solcher Fragen mit Erfolg zugewandt. Auf dem Gebiete der Lebensmittelchemie begegnen sich wie kaum auf einem anderen die verschiedensten Zweige der Chemie und ihrer Grenzwissenschaften, die analytische, organische und physikalische Chemie, die Biochemie und die Technologie. In den letzten Jahren haben sich infolge des Mangels an Lebensmitteln eine Reihe bedeutender Forscher lebensmittelchemischen Fragen zugewandt. Ihre Arbeiten waren vor allem deshalb so erfolgreich, weil dabei die Arbeitsergebnisse und Methoden und Forschungsergebnisse jener Disziplinen mit gutem Erfolg angewendet wurden. An der Hand besonders geeigneter Beispiele soll dies nachstehend dargetan werden.

Die Kohlehydrate, die in der Pflanzenwelt als Zellbausteine und als Aufspeicherungsmaterial für die Ernährung der Keimlinge eine hervorragende Rolle spielen, bilden einen wichtigen Bestandteil der menschlichen Nahrung. Die grundlegenden Arbeiten Emil Fischers haben gelehrt, daß sie im Pflanzenreich in viel mannigfaltigeren Formen auftreten, als man früher vermutete. Außerdem sind sie mit Stoffen anderer Art zu sogenannten Glucosiden verbunden, aus denen sie durch Hydrolyse wieder abgespalten werden können. Die Kohlehydrate werden vom menschlichen und tierischen Organismus mit der Nahrung aufgenommen und in geeigneter Weise umgeformt. Im Mittelpunkt des dabei stattfindenden Ab- und Aufbaues steht der Traubenzucker. Während der Abbau der Stärke über die Maltose erfolgt, wurde beim Abbau der Cellulose, wie er sich im Organismus der Pflanzenfresser vollzieht, ein anderes Disaccharid, die Cellobiose, festgestellt. Beide Disaccharide, Maltose und Cellobiose, werden schließlich in zwei Molekeln Traubenzucker aufgespalten. Neuerdings hat man auch im menschlichen Körper Glucoside nachweisen können. In der Gehirnsubstanz findet sich z. B. ein Stoff, an dessen Aufbau Galaktose beteiligt ist. Als einen Baustein der Nucleinsäuren, jener wichtigen Bestandteile der Nucleoproteide, hat man die Ribose erkannt. Durch diese Erkenntnis sind unsere Anschauungen auf dem Gebiete der Physiologie und Lebensmittelchemie wesentlich gefördert worden. Was vorstehend ganz allgemein über die große Stoffklasse der Kohlehydrate kurz ausgeführt wurde, trifft auch für ihre Einzelgebiete zu. Es würde hier zu weit führen, diese Entwicklung eingehend darzustellen; sie sei lediglich am Beispiel der Stärke näher ausgeführt.

Die Arbeiten älterer Forscher hatten als wesentlichsten Befund ergeben, daß das Stärkekorn einheitlich zusammengesetzt ist. Der Unterschied im Verhalten der Hüllebestandteile gegenüber demjenigen der inneren Anteile wurde von ihnen auf einen verschieden hohen Grad der Kondensation zurückgeführt. Sie bezeichneten die inneren Anteile als Amidine, Amidose, Granulose, Amylose usw., die Hüllebestandteile als Cellulose, amidine tégumentaire, Amylocellulose. Dieser Auffassung von der Einheitlichkeit der Stärke traten zu Anfang des 19. Jahrhunderts die beiden französischen Forscher Maquenne und

Roux entgegen. Sie begründeten die sogenannte Amylose-Amylopektintheorie. Danach besteht das Stärkekorn aus zwei chemisch und physikalisch unterscheidbaren Stoffen, dem eigentlichen Stärkestoff, der Amylose, und dem Amylopektin. Die Amylose soll im Stärkekleister in echter Lösung vorhanden sein, das Amylopektin dagegen in kolloidem Zustand auftreten. Wenn auch in der Folge neuere Forscher sich vielfach zu dieser Theorie bekannten, so steht der exakte Beweis nach den von C. J. Lintner und seinen Schülern ausgeführten Arbeiten vorerst noch aus. Neuerdings ist M. Samec der Nachweis gelungen, daß in der Zusammensetzung des Stärkestoffs ein gewisser Unterschied besteht. Auf langwierigem Wege konnte er die Stärke in einen phosphorreichen ($0,185\% P_2O_5$) und einen phosphorarmen ($0,007\% P_2O_5$) Anteil zerlegen. Danach bedingt also lediglich der höhere oder geringere Grad der Veresterung mit Phosphorsäure das verschiedene physikalisch-chemische Verhalten der einzelnen Stärkeanteile; die höchstkondensierten sind nach ihm auch die weitestgehend mit Phosphorsäure veresterten. Kürzlich konnte nun M. Samec den Beweis für seine Anschauung dadurch erbringen, daß er Amylosen mit Phosphorsäure veresterte und Stoffe erhielt, die in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften mit dem Amylopektin übereinstimmten.

Die Untersuchungen zur Aufklärung der Konstitution der Stärke sind in der jüngsten Zeit vor allem durch die Arbeiten von H. Pringsheim und P. Karrer wesentlich gefördert worden. Danach muß die bisherige Auffassung der Stärke als einer Kette glucosidisch vereinigter Traubenzuckerreste

$C_6H_{11}O_5-O-C_6H_{10}O_4-O-C_6H_{10}O_4-O-\dots C_6H_{11}O_5$ aufgegeben werden. H. Pringsheim untersuchte die von Schardinger aus Stärkekleister durch Anwendung des *Bacillus macerans* dargestellten kristallisierten Amylosen. Er kommt zu der Ansicht, daß die Stärke die polymere Form eines Anhydrozuckers ist und daß die Polymerisation durch Betätigung von Hauptvalenzkräften erfolgt, etwa nach der Art der Aldolkondensation. Diese Anschauung erfuhr eine Umgestaltung durch die Untersuchungen P. Karrers. Er schließt aus den Ergebnissen der Methylierung und Acetyl-bromidspaltung der Stärke und der Amylosen Schardingers, sowie aus der Analyse der Natriumhydroxydstärke, daß die Stärke eine polymere Form eines Maltoseanhydrids, und zwar der Diamylose ist, und daß diese Diamylosereste durch Nebenvalenzen verknüpft sind. Auf diese Weise kommt er zu der Formel $(C_{12}H_{20}O_{10})_x$. Der Polymerisationsfaktor x scheint nicht groß zu sein; Verbrennungswärmen der Amylosen und Molekulargewichtsbestimmungen der methylierten Stärken weisen auf 2 oder 3 hin. Die gleichen Betrachtungen gelten nach P. Karrer auch für das Glykogen, den Kohlehydratreservestoff des Tieres, und für das Inulin, den Reservestoff, der in einigen Pflanzen an Stelle der Stärke auftritt. Letzteres ist jedoch die polymere Form eines Monosaccharidanhydrides und nicht, wie Stärke und Glykogen, eines Disaccharidanhydrides.

Bekanntlich unterliegen Stärkekleister und Stärkelösungen beim Altern mannigfachen Veränderungen (Retrogradation). C. J. Lintner und seine Mitarbeiter führen diese Zustandsänderungen auf einen allmählichen Wechsel des Dispersitätsgrades des an sich einheitlichen Stärkestoffes zurück. Es werden also keine chemischen, sondern nur physikalisch-chemische Unterschiede angenommen. Die Ausfällung der Stärke aus ihren Lösungen beim Altern stellt eine unter Dehydratation und Agglutination verlaufende kolloide Erscheinung dar, die nach dem für jede Stärkeart charakteristischen zeitlichen Gesetz

$$G = g \cdot t^a$$

vor sich geht. Hierbei bedeuten: G die ausgeflockte Gelmenge in Prozenten der Gesamt-trockensubstanz, t die Ausflockungszeit und g sowie a Konstanten, die für die betreffende Stärkeart charakteristisch sind.

Wir wissen jetzt, daß der Stärkeabbau im Verdauungsapparat enzymatischer Natur ist. Obwohl sich eine größere Zahl von Forschern mit dieser Frage beschäftigt haben — es sei nur an die neueren Arbeiten von C. J. Lintner, H. Lüers und W. Wasmund erinnert — sind wir von der endgültigen Aufklärung dieses verwickelten Vorganges noch weit entfernt. Wahrscheinlich führt der Abbau der Stärke nicht schrittweise nacheinander, sondern in buntem Wechsel nebeneinander über die drei charakteristischen Dextringruppen, das Amylo-, Erythro- und Achroo-Dextrin, und über zwei Zuckerarten, die Maltose und Isomaltose. Die Reaktion-kinetik dieses Vorganges kann erst aufgeklärt werden, wenn unsere Kenntnisse über den Chemismus des Stärkeabbaus weiter fortgeschritten sein werden.

Die erste Aufklärung über die für den Vorgang des Gelieren wichtigen Pektinstoffe verdankt man F. Ehrlich. Er erkannte als deren charakteristischen Bestandteil die d-Galakturonsäure $C_6H_{10}O_7$, eine mit der Glucuronsäure isomere Aldehydsäure. Nach Th. v. Fellenberg ist das Pektin eine achtfach methylierte Pektinsäure, die beim Reifen der Früchte oder bei anhaltendem Kochen Methylgruppen abspaltet. Mit dieser Verseifung ist eine schrittweise Abnahme des Geliervermögens verbunden. H. Lüters konnte in einer noch nicht veröffentlichten Arbeit zeigen, daß eine Erhöhung des Zucker- und Pektin gehaltes sowie des Säuregrades (Optimum $[H^+] = 1 \cdot 10^{-4}$) die Gelierfähigkeit erhöht.

Wir wenden uns nun zu den Fetten und Ölen. Ihre sachgemäße und richtige Verwendung sowohl als unmittelbare Nährstoffe wie auch als Hilfsstoffe bei der Zubereitung der Speisen in der Küche ist für den Ernährungseffekt ausschlaggebend. Sie stellen den wichtigsten der energiependenden Nährstoffe dar (durchschnittlicher Verbrennungswert von 1 g Fett = 9,4 Cal, 1 g Kohlehydrat = 4,2 Cal., 1 g Eiweiß = 4,4 Cal.). Für die Praxis der Ernährung will dies bedeuten, daß es mit Hilfe der Fette am besten gelingt, eine konzentrierte und energiereiche Nahrung herzustellen. Außerdem ermöglicht die sorgfältige Auswahl des zu verwendenden Fettes eine geschmackliche Aufbesserung der Speisen. Diese Erfahrungstatsache spiegelt sich denn auch in den Anschauungen des Volkes wieder, das seit alters her das Wesen der Armut mit dem Begriff des Kochens mit Wasser und das Wesen der Wohlhabenheit mit dem des fetten Schweinefleisches verbindet.

Die Grundlagen unserer Kenntnisse über die Zusammensetzung der Fette verdanken wir Scheele und Chevreul. Ersterem gelang es, durch Verseifung die Spaltungsprodukte der Fette zu erhalten und zu trennen. Letzterer erbrachte den Nachweis, daß die Fette aus Fettsäure-Glycerinestern bestehen. Auch die Arbeiten späterer Forscher bewegten sich in den gleichen Gedankengängen; die Frage wie die Säuren an Glycerin gebunden sind, hielt sie durch die Untersuchungen Chevreuls für hinreichend geklärt. Die Ansicht, daß die Fettsäuren an Glycerin nur in Form einfacher Ester gebunden sind, wurde erst in den letzten Jahrzehnten durch neuere Forschungen widerlegt. So zeigte z. B. R. Heise, daß das Mkanifett ein gemischtes Triglycerid, und zwar ein Oleodistearin enthält. Weitere gemischte Triglyceride wurden von Klimont aus Kakaobutter, von Kreis, Hafner und Bömer aus Schweinefett und Rindstalg isoliert; Amberger konnte das Butterfett als ein kompliziertes Gemisch von einfachen sowie gemischten Triglyceriden aufklären. Die neuere Forschung bemüht sich, durch die genauere und feinere Analyse einen Einblick in die chemische Konstitution der Fette zu gewinnen. Dies erscheint um so dringlicher, als wir heute noch nicht mit Sicherheit wissen, aus welchen einzelnen Glyceriden viele wichtige Speisefette, wie Butter, Rindstalg, Olivenöl usw. bestehen. Es ist ferner noch nicht genügend geklärt, welche Ursachen und Vorgänge beim Sauer-, Ranzig- und Talgigwerden der Fette eine Rolle spielen. Neben diesen mehr praktischen Fragen wird der Fortschritt auf diesem Gebiete auch unsere Vorstellungen über den Verlauf des Fettstoffwechsels, d. h. den Ab- und Aufbau der Fette im Organismus erweitern. Die sich hierbei vollziehenden Umwandlungsvorgänge werden Anhaltspunkte dafür ergeben, wie der Pflanzen- und Tierkörper das Fett synthetisch aufbaut. Es wird heute allgemein angenommen, daß als Ausgangsmaterial für die Synthese der Fette in der Natur die Kohlehydrate dienen. Über die Art und Weise dieses Aufbaues ist jedoch noch nichts bekannt. Die Durchführung einer Fettsynthese aus Kohlehydraten auf biochemischer Grundlage in großem Maßstabe, wie z. B. die Erzeugung von Fett aus Hefe, konnte bisher noch nicht verwirklicht werden. Mehr Aussicht auf Erfolg hat die Gewinnung von Fettsäuren aus Braunkohlengasöl, die von Harries, Koetschau und Fonrobert nach der bekannten Harrieschen Ozonmethode ausgeführt wurde. Der Verlauf dieser Reaktion ist fast vollständig aufgeklärt: Die Olefine des Teeröls mit endständigen oder nahezu endständigen Lückebindungen geben Ozonide, die Diolefine Mono- und Diozonide. Bei der Aufspaltung durch Wasser entstehen teils Fettsäuren, teils Peroxyde, die durch Alkali in Säuren umgelagert werden. Aus den Ozoniden der Olefine und aus den Diozoniden der Diolefine bilden sich gesättigte Fettsäuren, aus den Monoozoniden der Diolefine α , β -ungesättigte Fettsäuren. Abgesehen von niedrigen Fettsäuren entstehen als Spaltprodukte in guter Ausbeute Myristin-, Palmitin- und Stearinsäure, sowie niedrigere Homologe der Ölsäure. Das Reaktionsprodukt erinnert in seiner Zusammensetzung an die Fettsäuren von Ölen aus der Kokosgruppe. Über die wirtschaftlichen Aussichten dieses Verfahrens läßt sich noch kein abschließendes Urteil fällen.

Auch auf dem Wege der direkten Oxydation von Kohlenwasserstoffen oder der Anlagerung von Kohlensäure gemäß der Grignardschen Synthese sind Fettsäuren synthetisch darstellbar. Beide

Verfahren sind angewandt worden; das letztere von Zelinsky, das erstere vorwiegend von deutschen und österreichischen Chemikern. Bei der Schwierigkeit der Überführung niedrigmolekularer Stoffe in hochmolekulare ist man dabei ausschließlich auf die im Erd- und Teeröl vorgebildeten höhermolekularen Kohlenwasserstoffe angewiesen. Auf diese Weise hat man z. B. hergestellt: Isopalmitinsäure $C_{16}H_{32}O_5$, Lignocerinsäure $C_{24}H_{48}O_8$, Hexa- und Heptanaphthencarbonsäure $C_7H_{12}O_2$ und $C_8H_{14}O_2$.

Die andere ebenso wichtige Frage für die Fettsynthese ist die Beschaffung ausreichender Mengen Glycerin. Wenn auch während des Krieges unter dem Zwang der Verhältnisse durch das bekannte Verfahren von Connstein und Lüdecke Tausende von Tonnen Gärungsglycerin (sogenanntes Protol oder Fermentol) erzeugt wurden, zu deren Gewinnung hunderttausende Tonnen Fett hätten gespalten werden müssen — eine Menge, die bei der Fettknappheit während des Krieges unmöglich beschafft werden konnte, und wäre auch das letzte Pfund Speisefett in den Autoklaven gewandert — so wird doch bis auf weiteres bei dem in Deutschland bestehenden Mangel an Stärke und Zucker dieses Verfahren nur in beschränktem Maße Anwendung finden können. Das Endziel muß sein, Glycerin aus Rohstoffen zu gewinnen, die für die menschliche Ernährung nicht unmittelbar verwertbar und die außerdem in genügender Menge vorhanden sind, so daß die Ernährungsbilanz nicht verschlechtert, sondern verbessert wird.

Neuerdings hat man versucht, das gegenwärtig schwer zu beschaffende Glycerin durch andere, der Synthese leichter zugängliche Alkohole zu ersetzen. So wurden z. B. von H. Franck Glykol und Athylalkohol in großem Umfang auf ihre Fettsäureester verarbeitet. Diese sogenannten „Esteröle“ wurden mit Feintalg und Milch zu Kunstspeisefetten verkirnt und unter dem Namen von „Estermargarine“ in den Handel gebracht. In der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in München wurden von R. Escales ähnliche Untersuchungen unter Heranziehung von Isopropylalkohol angestellt. Letzterer ist neuerdings durch Hydrierung von Aceton der Darstellung im großen zugänglich geworden (Tetralingesellschaft in Rodleben). Wenn auch bekanntlich sekundäre Alkohole schwieriger zu vereinigen sind als primäre, so wurde doch der Isopropyl-Stearinsäureester in guter Ausbeute erhalten; er besitzt einen milden Geschmack und dürfte zur Herstellung von Kunstspeisefetten verwendbar sein.

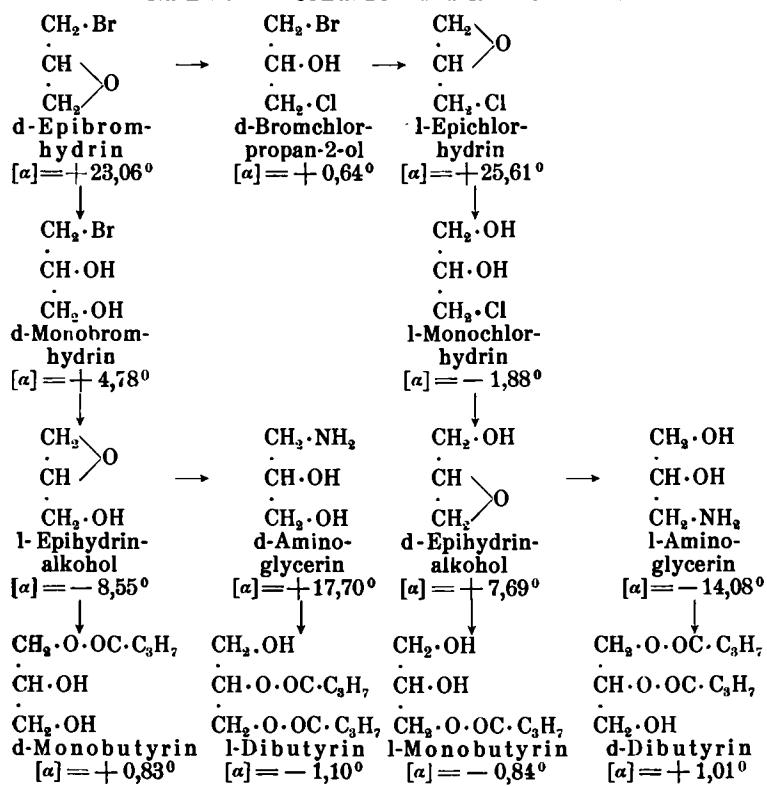
Einen weiteren Fortschritt auf dem Gebiete der Synthese der Fette bedeuten die umfangreichen Arbeiten von A. Grün und seinen Mitarbeitern. Es gelang ihnen, fast alle Typen einfacher und gemischter Glyceride bestimmter Konstitution aufzubauen. Die eingehende Würdigung dieser Arbeiten würde den Rahmen dieses Berichtes überschreiten. Auch die Synthese optisch aktiver Fette, ein lange Zeit ungelöstes Problem, das rein theoretisch von hohem Interesse ist, wurde in letzter Zeit von E. Abderhalden und E. Eichwald verwirklicht. Wegen des symmetrischen Baues der Glycerinmolekel war die optische Synthese anfänglich mit gewissen Schwierigkeiten verbunden. Wie diese behoben und sämtliche möglichen optisch-aktiven Butyrine gewonnen wurden, sei an der Hand des folgenden Schemas (S. 203) gezeigt.

Diese optisch aktiven Fette gehören keiner bestimmten Konfigurationsreihe an, wie sie von Emil Fischer entwickelt wurde. Im Einklang hiermit steht, daß in der Natur bisher keine optisch-aktiven Fette gefunden wurden und daß solche aller Wahrscheinlichkeit nach auch nicht vorkommen werden. Einen weiteren Weg zur Herstellung optisch-aktiver Glyceride hat neuerdings Bergmann durch die Veresterung von Aminoglycerin mit Benzoesäure und nachfolgende Spaltung mit Chinasäure gezeigt. Doch muß beachtet werden, daß die Benzoesäureester des Glycerins schon wegen ihrer Kristallisationsfähigkeit kaum mit den nicht oder nur schlecht kristallisierenden Abkömmlingen echter Fettsäuren zu vergleichen sind. Es muß auf jeden Fall der Beweis erbracht werden, daß die mit Benzoesäure durchgeführte Synthese auch mit den echten Fettsäuren zum Ziele führt. Bedeutsam für die Mitwirkung der Galle bei der Resorption der Fette ist die von H. Wieland und H. Sorge erbrachte Feststellung, daß die Choleinsäuren Additionsverbindungen aus Desoxycholsäure und Fettsäuren sind. Die Bindung der Addenden ist außerordentlich fest und wird durch Salzbildung noch gesteigert; beim Lösen solcher Salze tritt keine Hydrolyse ein. Durch die Bildung derartiger löslicher Choleinsäuren wird somit die Resorption der unlöslichen Fette, ihr Durchgang durch die Darmwand, wesentlich erleichtert.

Von den fettverarbeitenden Industrien ist für das Lebensmittelgewerbe vor allem die Margarineindustrie von Interesse. Der ganz erheblich gestiegerte Fettverbrauch der letzten Jahre, der durch den Krieg eine unnatürliche Einschränkung erfuhr, könnte nicht befriedigt werden, wenn nicht neue in der Natur vorkommende tierische und pflanzliche Fette und vor allen Dingen die sogenannten gehärteten

**Schema der Synthese optisch-aktiver Glyceride
(d- und l-Mono- und Dibutyrine).**

Nach E. Abderhalden und E. Eichwald.



Vom d-Epibromhydrin ausgehend, kann man sowohl die rechts- als auch die linksdrehenden Formen der Mono- und Dibuttersäureglycerinester darstellen.

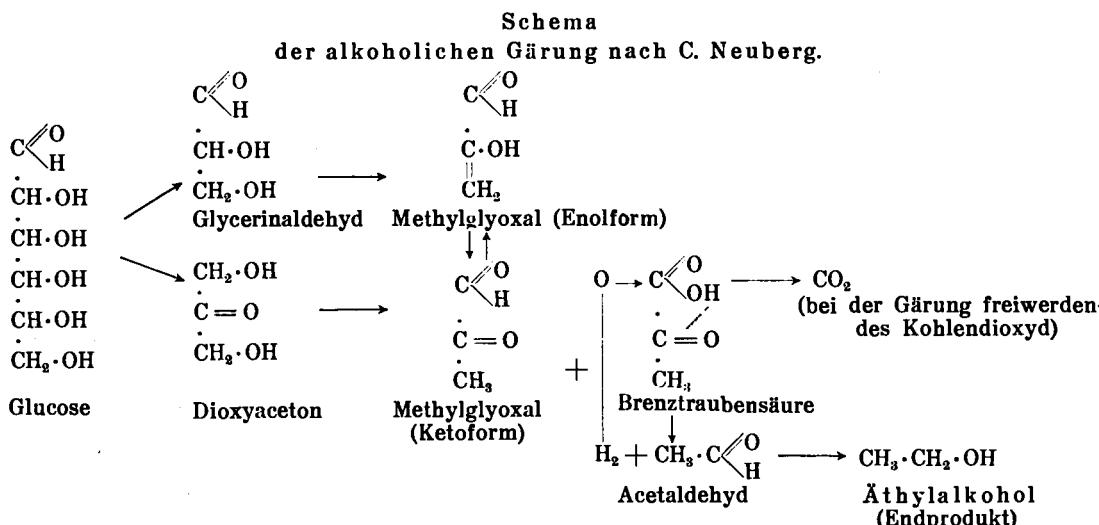
Fette zur Margarinefabrikation Verwendung fänden. Trotzdem steht außer Zweifel, daß die Kunstbutter seit Mège Mouries dauernd vervollkommen worden ist. Eine gute Margarine kommt heute einer Naturbutter mittlerer Qualität hinsichtlich des Geschmackes und des Nährwertes gleich. Die vor etwa 15 Jahren erstmals technisch durchgeführte Härtung der Fette hat sich im Laufe der Zeit zu einer selbstständigen Industrie entwickelt, die fast über die ganze Erde verbreitet ist. Neben der Möglichkeit, Öle und halbfeste Fette in die gewünschte feste oder streichfähige Konsistenz überzuführen, besteht ein weiterer wesentlicher Vorteil der Härtung darin, daß gleichzeitig der eigentümliche und oft unangenehme Geschmack und Geruch des Ausgangsmaterials verschwinden, wodurch diese Fettstoffe für die menschliche Ernährung geeignet werden. Die anfänglich geäußerten Bedenken gegen diese Verwendung sind durch umfangreiche Untersuchungen zerstreut worden. Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit der gehärteten Fette stehen außer Zweifel. Sie wandern bei uns in Deutschland fast ausschließlich in die Margarine- und Speisefettfabriken und haben uns in den schlimmen Jahren 1917/18 zum guten Teil über die drückendste Not hinweggeholfen. Was den gehärteten Tran anlangt, so ist derselbe nicht als ein nur aus der Not der Kriegsjahre geborenes Ersatzmittel zu betrachten. Wurden doch schon 1914 in Dänemark 3,4 Millionen Kilogramm gehärteter Waltran auf Margarine verarbeitet.

Das Verfahren der Fetthärtung darf seit den Arbeiten von W. Fahrion, W. Normann und anderen als bekannt vorausgesetzt werden. Wissenschaftlich ist es weitgehend durchforscht und technisch gut durchgebildet worden. Von grundlegender Bedeutung für die praktische Durchführung des Härtungsprozesses ist die Wahl des Katalysators. Als Katalysatoren kommen hauptsächlich Nickel und Nickelverbindungen in Betracht, und zwar in verschiedenen Formen und bei verschiedenen Arbeitsweisen. Die umfangreiche Patentliteratur darüber ist Zeuge für die Bemühungen, die rationellste Form der Anwendung zu finden. Die Frage, ob das metallische Nickel oder ein Oxyd desselben katalytisch wirkt, ist noch nicht völlig geklärt. Auch die in Frage kommenden Katalysatorgifte, vor allem diejenigen organischer Natur, sind noch wenig erforscht. Man weiß, daß Blei, Zink und Schwefel erheblich stören, die Halogene dagegen nur von geringem Einfluß sind. Das Kohlenoxyd, das häufig dem zur Reduktion verwendeten Wasserstoff beigemischt ist, wirkt nicht direkt als Katalysatorgift, sondern mehr hemmend. Gewisse organische Stoffe, die sich oft in schlechten Ölen vorfinden, können den Prozeß ganz wesentlich beeinträchtigen. Die Erweiterung unserer Kenntnisse auf diesem Gebiete kann noch manchen technischen Erfolg herbeiführen.

Als die „Träger des Lebens“ stehen die Eiweißstoffe seit Jahrzehnten im Mittelpunkt des Interesses. Sie sind nicht auf wenige Typen beschränkt, sondern treten in der Natur in bunter Mannigfaltigkeit auf. F. Hofmeister vergleicht die Proteinmolekel in treffender Weise mit „einem Mosaikbild von verschiedenfarbigen und verschiedengestalteten Steinen“. Die besondere Bedeutung der Eiweißstoffe im Stoffwechsel der belebten Natur wird dadurch charakterisiert, daß sie bei der Ernährung nur bis zu einem gewissen der Abnützungsquote entsprechenden Betrage durch andere Nährstoffe vertretbar sind. Der erste erfolgreiche Schritt zur Lösung des Eiweißproblems wurde von Emil Fischer getan; ihm gelang es, einen tieferen Einblick in die Konstitution der Eiweißmolekel zu gewinnen. Seitdem ist eine große Anzahl wertvoller Arbeiten ausgeführt worden, die unter Heranziehung neuer Gesichtspunkte im wesentlichen auf die Anschauungen Emil Fischers zurückgreifen. Aber erst wenn weitere Fortschritte durch das Zusammenwirken von organischer, physikalischer und physiologischer Chemie erzielt sein werden, wird sich uns das Wesen des Eiweißstoffwechsels erschließen und daraus die Möglichkeit ergeben, zielbewußt auf die Ernährung einzuwirken. In analytischer Richtung haben sich Fortschritte durch die Arbeiten von D. van Slyke, Burchard, S. Edlbacher und anderen ergeben. Wichtige Ergebnisse über den Eiweißstoffwechsel verdankt man P. Thomas. Seine Untersuchungen über das im Organeiweiß gebundene Cystin und Arginin haben gezeigt, daß das Organeiweiß allem Anschein nach anders abgebaut wird als das Nahrungseiweiß. Eingehend sind ferner die Fragen des isoelektrischen Punktes und der Denaturierung der Eiweißstoffe durch Hitze, Säuren und Salze behandelt worden. Wenn auch alle diese Untersuchungen vorläufig nicht von direkt praktischem Nutzen sind, so dürfen sie doch mit dem Fortschritt der Erkenntnis über ihre theoretische Bedeutung hinaus eine Befruchtung der Stoffwechsellehre bewirken und damit praktische Bedeutung für die Lebensmittelchemie erlangen. Hierfür ein Beispiel: Im pasteurisierten Bier treten bekanntlich im Laufe der Zeit zuweilen Trübungen auf, die für den Bierexport eine erhebliche Schädigung bedeuten. Seit langem ist man daher bemüht, die Bildung dieser Trübungen, die im wesentlichen durch Proteinstoffe unbekannter Natur hervorgerufen werden, zu verhindern. Wenn dieses Ziel auch noch nicht erreicht ist, so ergeben sich immerhin aus den un längst veröffentlichten Untersuchungen von H. Lüters und M. Landauer über die Proteine von Würze und Bier wertvolle Anhaltspunkte, die zur Lösung dieser Frage beitragen können.

Beim Verdauungsvorgang, desgleichen bei der Gewinnung, Aufbewahrung und Zubereitung der Lebensmittel spielen eine wichtige Rolle die Fermente. Infolgedessen hatte die Lebensmittelchemie von jeher großes Interesse an den Fortschritten der Fermentforschung. Mit den ihr eigentümlichen Methoden sucht von der einen Seite her die organische Chemie dem Wesen der Fermente näherzukommen: Reindarstellung, Befreiung von Begleitstoffen, Studium der chemischen Eigenschaften. In dieser Richtung arbeiten die Schulen R. Willstätter, H. v. Euler, C. Sherman und andere. Andere Gesichtspunkte sind für die physikalisch-chemische Richtung maßgebend: Aufklärung der Wirkungsweise der Fermente, Untersuchungen über das Gemeinsame oder Trennende der Biokatalysatoren und der Katalysatoren der unbelebten Natur, Studium der Reaktionskinetik und der allgemeinen chemischen Dynamik der Fermentwirkung. Hierher gehören die Arbeiten von E. Abderhalden, M. Baylies, H. v. Euler, L. Michaelis, L. Sörensen, A. Fodor und anderen. Es tritt immer klarer zutage, daß die Spezifität der Biokatalysatoren, wie schon Emil Fischer betonte, ein besonderes Kriterium dafür ist. Entsprechend den genannten Forschungsrichtungen sind auch die Theorien über das Wesen der Fermentwirkung verschiedenartig. Bei unseren noch beschränkten Kenntnissen kommt ihnen jedoch vorläufig nur die Bedeutung von mehr oder weniger wertvollen Arbeitshypothesen zu. Sie stehen fast sämtlich auf dem Boden der sogenannten Zwischenproduktkatalyse. E. Abderhalden und A. Fodor betonen, gestützt auf die Bedeutung des Dispersitätsgrades und der Wasserstoffion-Konzentration der Neutralsalze, die kolloiden Zustandsänderungen der Fermentphase, während L. Michaelis und L. Sörensen die Gesetze der physikalischen Chemie auf die Fermente als amphoterische Elektrolyte zur Anwendung bringen. Wie in der Vergangenheit die Fermentlehre die Lebensmittelchemie gefördert hat, darf als bekannt vorausgesetzt werden. Es sei nur an die von Pasteur festgestellte wichtige Tatsache erinnert, daß sterile Nährmedien beim Fernhalten von Mikroorganismen steril bleiben. Diese Erkenntnis, die auch für andere Gebiete, z. B. für die Wundbehandlung, von großer Bedeutung geworden ist, hat das von F. Appert in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts ausgearbeitete Verfahren der Haltbarmachung von leichtverderblichen Nahrungs- und Genußmitteln wissenschaftlich begründet und wesentlich gefördert. In ähnlicher Weise hat neuer-

dings die Erweiterung unserer Kenntnisse über den bis heute noch nicht völlig geklärten Mechanismus der alkoholischen Gärung durch C. Neuberg wesentlich zur Förderung der Gärungsgewerbe beigetragen. Die dabei stattfindenden Vorgänge sind nach C. Neuberg folgende:



Der Traubenzucker wird zunächst in Glycerinaldehyd und Dioxycetone übergeführt, die ihrerseits unter Wasserabspaltung in Methylglyoxal (Enolform und Ketoform) übergehen. Die Ketoform, die im Gleichgewicht mit der Enol-

Aus den beiden tautomeren Formen des Methylglyoxals entsteht durch Oxydation Brenztraubensäure; diese zerfällt unter dem Einfluß der Carboxylase in Kohlensäure und Acetaldehyd. Letzterer wird nun durch den bei der Oxydation des Methylglyoxals entstehenden Wasserstoff zu Äthylalkohol reduziert. Diese korrelativen Oxydoreduktionsvorgänge beruhen, wie neuerdings H. Wieland nachweisen konnte, darauf, daß in der zu oxydierenden Verbindung Wasserstoff aktiviert und einem geeigneten Wasserstoffakzeptor zugeführt wird, so daß also die Oxydation auf eine Dehydrierung hinausläuft. Im Sinne Wielands hört damit die Sonderstellung der Oxydase und Reduktasen auf; sie werden identisch. Je nach dem Substrat, von dem aus sie betrachtet werden, sind sie entweder oxydierende oder reduzierende Fermente.

Die Neubergsche Gärungstheorie hat bereits praktische Erfolge gezeitigt, z. B. bei der Herstellung des schon erwähnten Gärungsglycerins aus Zucker. Connstein und Lüdecke konnten dadurch, daß sie dem Acetaldehyd durch Überführung in die Bisulfitverbindung die Funktion als Wasserstoffakzeptor nahmen und diese auf den Glycerinaldehyd übertrugen, die Glyzerinausbeute von etwa 3,5 auf 30% steigern.

Ein weiteres Beispiel betrifft die Bildung der Fuselöle bei der alkoholischen Gärung und die Frage, wie die Ausbeute an diesen Gärungsprodukten herabgedrückt oder gesteigert werden kann. F. Ehrlich gelang die Beantwortung dieser Frage. Er konnte nachweisen, daß die Fuselöle durch Vergärung der Aminosäuren entstehen, und zwar bildet sich aus dem Leucin inaktiver und aus dem Isoleucin optisch-aktiver Amylalkohol. Es würde hier zu weit führen, den Mechanismus dieser Umwandlung im einzelnen darzulegen. Praktisch von Bedeutung ist, daß man einerseits, um die Fuselölausbeute herabzusetzen, für einen möglichst geringen Gehalt an Aminosäuren und einen möglichst hohen Gehalt an leicht assimilierbarem anorganischen Stickstoff im Gärsubstrat sorgen muß, und daß man anderseits, um eine hohe Fuselölausbeute zu erreichen, den anorganischen Stickstoff möglichst ausschalten und der Hefe Aminosäurestickstoff darbieten muß.

Diese beiden Beispiele dürften hinreichend darstellen, daß überall, wo wissenschaftliche Forschungsergebnisse in der Praxis zielbewußt Anwendung finden, Fortschritte erzielt werden.

Früher nahm man an, daß Eiweiß, Fett, Kohlehydrate und mineralische Salze zur Ernährung des menschlichen und tierischen Körpers genügten. Im Gegensatz zu dieser Anschauung stand die Tatsache, daß Wachstumshemmungen, Ernährungsstörungen, Gewichtsabnahme und unter Umständen sogar der Tod eintraten, wenn diese Nährstoffe in chemisch reiner Form gereicht wurden. Die bedeutsamen Arbeiten C. Funks zeigten, daß in unseren Lebensmitteln neben den eigentlichen Nährstoffen noch andere Stoffe von einschneidender Bedeutung sind. Fehlen diese von ihm als Vitamine bezeichneten Stoffe in der Nahrung, so treten eigentümliche Krankheiten auf, wie Beri-Beri, Pellagra, Skorbut, Rachitis u. a. Von Röhmann werden diese Stoffe Ergänzungsstoffe, von Hofmeister akzessorische Stoffe genannt; Abderhalden bezeichnet sie treffend als Nahrungsstoffe mit besonderen Wirkungen. Die chemische Natur der Vitamine ist unbekannt. Man weiß, daß sie durch Extraktion mit Alkohol den Lebensmitteln ent-

Nach Einleitung des Gärungsvorganges mit Phosphorsäure entstehen aus intermedial gebildeten Hexosediphosphaten Trio-emonophosphate, die ihrerseits unter Abspaltung von Phosphorsäure in eine Molekel Dioxycetone und eine Molekel Glycerinaldehyd zerfallen. Letztere gehen unter Anhydrisierung in Methylglyoxal über.

form steht, wird zu Brenztraubensäure oxydiert, die unter dem Einfluß der Carboxylase Kohlendioxyd abspaltet und Acetaldehyd bildet, der seinerseits durch den Wasserstoff des Wassers zu Äthylalkohol (Endprodukt) reduziert wird.

zogen werden können. Sie gehören somit der Lipoidfraktion an, sind aber nach W. Stepp nicht identisch mit den bekannten Lipoiden Lecithin und Cholesterin. Die Ergebnisse der Arbeiten besonders amerikanischer und englischer Forscher während des Krieges haben dazu geführt, drei verschiedene Vitamingruppen zu unterscheiden:

1. Lipoid- bzw. fettlösliche Vitamine,
2. Wasserlösliche Vitamine,
3. Antiskorbutische Vitamine.

Es hat sich gezeigt, daß Fleisch, rohe Vollmilch, gekeimte Hülsenfrüchte, Obst, Getreide u. a. alle drei Vitamine in erheblicher Menge enthalten, daß dagegen weißes Weizenmehl, polierter Reis, Fleischextrakt vitaminfrei sind.

Die Vitaminforschung zeigt der Lebensmittelchemie neue Wege. Die Vitamine lösen, selbst wenn sie in der Nahrung in sehr geringer Menge vorhanden sind, bedeutende Wirkungen aus. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich die drei Vitamingruppen noch in weitere Bestandteile von besonderer Wirkungsweise zerlegen lassen. Deshalb ergibt sich als vordringlichste Aufgabe, die chemische Natur der Vitamine aufzuklären. Auf diese Weise könnte das Studium dieser Stoffe von den umständlichen und kostspieligen Tierversuchen, die jetzt in Ermangelung anderer Arbeitsmethoden vorgenommen werden müssen, losgelöst und schneller und exakter durchgeführt werden. Es steht außer Zweifel, daß zur Erreichung dieses Ziels die im Laboratorium bisher üblichen chemischen Methoden nicht ausreichen. Unsere Methodik, die nach R. Willstätter „mehr den Kräften der anorganischen als der organischen Welt entspricht“, trägt mit ihren rohen Mitteln, wie hohen Temperaturen, hohen Drücken, starken Säuren, starken Laugen usw. dem feinen Bau dieser Naturstoffe nicht Rechnung. An die Stelle der rein chemischen Technik werden die Arbeitsmethoden der chemischen Physiologie und der Biochemie treten müssen, die z. B. Emil Abderhalden bei der Synthese von Protein bereits mit gutem Erfolg angewendet hat.

Im Anschluß an die Vitaminfrage sei noch kurz auf den Wert der Würz- und Geschmackstoffe für die Ernährung des Menschen hingewiesen. Während über die Bedeutung der eigentlichen Nährstoffe auch beim Laien kein Zweifel mehr besteht, ist heute noch vielfach die Meinung verbreitet, daß die Würz- und Geschmackstoffe nur eine untergeordnete Rolle spielen. Demgegenüber kann nicht genug betont werden, daß die eigentlichen Nährstoffe erst in Verbindung mit den Würz- und Geschmackstoffen zu einer brauchbaren Nahrung werden. Eintönige und reizlose Kost wird auf die Dauer vom Menschen zurückgewiesen. Von einer wissenschaftlichen Bearbeitung der die Herstellung und Anwendung von Würz- und Geschmackstoffen betreffenden Fragen sind noch viele Verbesserungen zu erwarten.

Wie schon mehrfach betont, gibt die Zunutzemachung der Fortschritte auf anderen Gebieten der Chemie dem Lebensmittelchemiker die Möglichkeit, sein Forschungsgebiet unter neuen Gesichtspunkten zu bearbeiten. Im Hinblick auf die fundamentale Bedeutung der Volksernährung und die Notwendigkeit, die chemischen Vorgänge bei der Gewinnung, Aufbewahrung und Verarbeitung der Lebensmittel auf-

zuklären, darf der Lebensmittelchemiker seine Hauptaufgabe nicht nur in der analytischen Tätigkeit zur Überwachung des Verkehrs mit Nahrungs- und Genußmitteln erblicken; denn diese Tätigkeit wird im allgemeinen nur wenig zur Aufklärung in jener Richtung beitragen. Es müssen vielmehr neue Wege eingeschlagen werden, die vor allem unsere Kenntnisse über den feineren Bau der Lebensmittel erweitern. Die Notwendigkeit und die Bedeutung solcher lebensmittelchemischer Forschungsarbeit wird seit Jahren von Th. Paul mit eindringlicher Schärfe und umfassender Begründung betont. Die auf seine Veranlassung in der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in München in den letzten Jahren durchgeführten Arbeiten sind Zeugen von der Fruchtbarkeit dieser Anschauung.

Gleichwie die Deutsche Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie auf ihrer letzten Hauptversammlung (anlässlich der Jahrhundertfeier der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Leipzig 1922) als allgemeines Verhandlungsthema die Beziehungen der physikalischen Chemie zu ihren Grenzwissenschaften gewählt hatte, also aus den Grenzen ihres engeren Arbeitsgebietes heraustrat, so haben sich die von Th. Paul und seinen Mitarbeitern ausgeführten Untersuchungen zum Teil über den Rahmen der Lebensmittelchemie im engeren Sinne herausgehoben. Dies gilt besonders für die unfangreichen Arbeiten über die süße und saure Geschmacksempfindung. Ähnlich wie W. Ostwald die Psychologie des Farbensehens und -erkennens durch seine Farbenlehre in neue Bahnen gelenkt hat, versuchen sie das Gebiet der Psychologie und Physiologie der Geschmacksempfindung der exakten Forschung mehr und mehr zugänglich zu machen. Bei den Untersuchungen über die künstlichen Süßstoffe Saccharin und Dulcin nach der von der Psychophysik übernommenen Konstanzmethode hat sich ergeben, daß für beide Stoffe der Süßungsgrad keine konstante Größe ist. Er schwankt vielmehr je nach der Konzentration der Lösungen innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Dieses Ergebnis ist nicht nur wissenschaftlich interessant, sondern auch für die Verwendung der Süßstoffe im Haushalt und in den Lebensmittelgewerben von großer Bedeutung. Noch bemerkenswerter ist die Feststellung, daß in Süßstoffgemischen der süße Geschmack der Komponenten sich addiert. Unter Benützung des hohen Süßungsgrades von Saccharin und von Dulcin in verdünnten Lösungen lassen sich „ausgezeichnete“ Gemische, sogenannte Süßstoffpaarlinge, herstellen, deren Anwendung eine wesentliche Ersparnis an Süßstoff beim Süßen der Lebensmittel ermöglicht. Die Steigerung des Süßungsgrades durch geeignete Mischung ist ein schöner Erfolg dieser Arbeiten, deren Fortsetzung sicher noch weitere Früchte zeitigen wird.

Auch die neuesten in der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie von Th. Paul und seinen Mitarbeitern angestellten Untersuchungen über die saure Geschmacksempfindung führen zu bemerkenswerten Ergebnissen. Der Name „Säure“ ist von der Geschmacksempfindung hergenommen, diese aber steht zu den chemischen Eigenschaften der Säuren in einem recht verwickelten Zusammenhang. Säuregrad (Wasserstoffionenkonzentration) und Acidität (Intensität des sauren Geschmacks, gemessen durch die Konzentration der isoaciden Salzsäure) gehen nicht, wie man lange Zeit angenommen hat, parallel. Schwache Säuren, wie Essigsäure, Weinstein, Kohlensäure schmecken unverhältnismäßig viel saurer als ihrem Dissoziationsgrad entspricht. Die elektrolytische Dissoziationstheorie allein gibt also keine ausreichende Erklärung für das Zustandekommen des sauren Geschmacks, sondern es wirken noch andere Faktoren mit, wie z. B. Diffusionskoeffizient, Oberflächenspannung sowie Dampfdruck der verdünnten Lösungen. Die bisher von Th. Paul abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten harren noch der theoretischen Deutung. Gewisse Analogien, die sich zwischen der süßen und sauren Geschmacksempfindung ergeben haben, scheinen zu der Vermutung zu berechtigen, daß für alle vier Geschmacksqualitäten: Süß, Sauer, Salzig, Bitter ähnliche Beziehungen bestehen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten zeigen, daß auch auf schwierigen Gebieten, wie dem der Geschmacksempfindung, die auf der Grenze zwischen Chemie und Physiologie liegt, erfolgreiche Arbeit geleistet werden kann.

Auf die Bedeutung derartiger Arbeiten hat Wilhelm Ostwald im Anschluß an den von Th. Paul während der oben erwähnten Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft in Leipzig gehaltenen Vortrag: „Physikalisch-chemische Untersuchungen über die saure Geschmacksempfindung“ hingewiesen. Die physikalische Chemie dürfte in ihrer Betätigung als Hilfswissenschaft nicht bei der Physik und Physiologie halmachen, sondern sie müßte sich auch auf die Psychologie und weiter hinaus erstrecken. Die Untersuchungen über die Geschmacksempfindungen seien gleichfalls psychologischer Natur und stellten ähnlich wie seine Farbenlehre einen anderen Beginn des Einflusses der physikalischen Chemie auf das so wichtige und scheinbar so fernliegende Gebiet der Psychologie dar. Sie zeigten die Notwendigkeit, diese Wissenschaft auch in den Kreis der von der Gesell-

schaft deutscher Naturforscher und Ärzte gepflegten Gebiete aufzunehmen.

Die Arbeiten über die Geschmacksempfindungen bedeuten auch einen Fortschritt auf dem Gebiete der Bromatik, d. h. der Lehre von der Zubereitung der Speisen nach wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Grundsätzen. Der systematische Ausbau dieser Lehre ist als das letzte Ziel der Lebensmittelchemie anzusehen. Der Endzweck jeder Wissenschaft muß der sein, der Menschheit zu nützen.

[A. 31.]

Beiträge zur Qualitätsstahlanalyse.

I. Kohlenstoff.

Von Ing. ALFRED KROPF, Wien.

Allgemeine Bemerkungen. Die Verbrennungsöfeu. Porzellanrohre und Schiffchen. Die Verbrennung selbst. Zusätze und Oxydationskörper. Die Absorption der Verbrennungsgase. Besprechung schwierig zu verbrennender Legierungen. Andere Verfahren. Physikalische Proben.

(Schluß von S. 197.)

Um die aus dem Schwefel der Probe gebildeten Verbrennungsprodukte Schwefeldioxyd und Schwefeltrioxyd zurückzuhalten, da sonst durch Mitabsorption des Schwefeldioxyds, je nach dem Schwefelgehalt der Probe, zu hohe Resultate erhalten würden, werden die Verbrennungsgase nach verschiedenen Vorschlägen über Bleidioxyd, Bleichromat, Kaliumchromat plus Kaliumbichromat (9 : 1) usf. geleitet. Der Schwefel wird bei höheren Temperaturen quantitativ mitverbrannt⁴⁶⁾ und bildet neben Schwefeldioxyd auch Schwefeltrioxyd. Während Schwefeldioxyd direkt, bei Verwendung von Natronkalk als Absorptionsmittel für Kohlendioxyd, von diesem aufgenommen wird, hat das Schwefeltrioxyd insofern einen Einfluß auf das endgültige Resultat, als es aus den Waschapparaten, die ja häufig auch mit Chlorcalcium gefüllt sind, bei Anwesenheit von nur geringer Feuchtigkeit, gasförmigen Chlorwasserstoff freimacht, welches ebenfalls vom Absorptionsmittel zurückgehalten wird. Der Ansicht Kochs⁴⁷⁾, nach welcher es überflüssig ist, das gebildete Schwefeldioxyd bei Proben mit normalen Schwefelgehalten zurückzuhalten, kann nicht beigefügt werden, sondern es ist nur anzuraten, diese Vorsichtsmaßregel immer anzuwenden. Aus demselben Grunde, wie bereits oben erwähnt, kann man wie beim Kupferoxyd auch hier Schiffchen, die mit dem nötigen Absorptionsmittel gefüllt sind, anwenden. Vorteilhafter ist es, Bimsstein U-Rohre, die mit schwefelsaurer konzentrierter Chromsäurelösung⁴⁸⁾ gefüllt sind, den Waschapparaten vorzulegen oder eine Waschflasche des Waschsystems selbst mit der Chromsäurelösung zu füllen. Bei Stahlproben, denen bis zu 0,5 g technisches Schwefeleisen, gepulvert, zugesetzt wurde, konnte festgestellt werden, daß die Schwefelverbindungen quantitativ von der Chromsäurelösung zurückgehalten wurden.

Das älteste und auch einfachste Verfahren, die bei der Verbrennung gebildete Kohlensäure zu bestimmen, ist wohl die Absorption über Natronkalk und Ermittlung der Gewichtszunahme. Der hierzu verwendete Natronkalk in die verschiedensten Formen von Absorptionsgefäßern gefüllt, soll etwas feucht und möglichst feinkörnig sein, um dem durchströmenden Gase eine große Oberfläche zu bieten. Die bei der Absorption von Kohlendioxyd freiwerdende Feuchtigkeit wird in den Natronkalkrohren angeschlossenen Chlorcalcium-, Schwefelsäure- oder Phosphorpentoxydhydrophen zurückgehalten. Mitunter wird Phosphorpentoxyd in kleiner Schicht im Natronkalkrohre selbst untergebracht. Die Verwendung des Phosphorpentoxyds als Absorptionsmittel ist wenig zu empfehlen bei Ausführung von Schnellproben und bei Massenbestimmungen. Es ist teuer, gibt ein lästiges Arbeiten und versagt mitunter, indem es die Röhre verstopft. Am geeignetsten wurde Schwefelsäure gefunden. Trockener, grobkörniger Natronkalk ist unverwendbar, da dieser Kohlendioxyd nicht quantitativ absorbiert. Auf die öfters hingewiesene Fehlerquelle der Temperaturschwankung beim Wägen der Absorptionsrohre ist zu bemerken, daß diese unter normalen Bedingungen nicht besteht. Es ist durch das Nachspülen der Röhre mit Sauerstoff Gelegenheit genug geboten, allenfalls vorhandene Temperaturdifferenzen in gleichmäßig temperierten Räumen auszugleichen. Unter dem Eindrucke, daß Natronkalk wohl das gebräuchlichste, aber nicht idealste Absorptionsmittel ist, schlägt L. I. Rogers⁴⁹⁾ vor, Kohlendioxyd über Natronasbest zu absorbieren, welcher auch einen schnellen Durchgang des Gasstromes erlaubt. Die Resultate waren zufriedenstellend. Um den Wägungsvorgang abzukürzen, fängt

⁴⁶⁾ Vita und Kinder, St. u. E., 1920, S. 933/36.

⁴⁷⁾ Koch, St. u. E., 1918, S. 219.

⁴⁸⁾ Siehe auch Krug, Die Praxis des Eisenhüttenchemikers und Koch a. a. O.

⁴⁹⁾ L. I. Rogers, Chem. News 1919, S. 243/44.