

jahrelangem Bemühen auf jede nur erdenkliche Weise versucht wurde, dieses „Alkalissimum“, wie er es im Scherz nannte, von Kalium und Rubidium zu trennen. Fraktionierte Kristallisation, Fällung, Adsorption, Elektrolyse an Quecksilberkathoden mit bestimmtem Kathodenpotential, alles Methoden, von denen man mit Fug und Recht einen Erfolg erhoffen durfte, nichts führte zum Ziel. Bis sich dann schließlich ergab, daß tatsächlich Kalium und Rubidium selbst radioaktiv sind. In neuester Zeit war Ebler davon überzeugt, daß man das Alkalissimum nicht bei seinen Vettern, den Alkalien, sondern bei seinen Ahnen, den Erdalkalien suchen müsse. Grundlegende neue Entdeckungen haben wir also auf dem Gebiete der Radioaktivität Ebler nicht zu verdanken. Aber in einer anderen Richtung haben diese Untersuchungen reichen Nutzen getragen. Sie führten erstens zu zwei schönen präparativen Methoden, dem Aufschluß von radioaktivem Rohsulfat mit Calciumhydrit und der Anreicherung radioaktiver Substanzen durch Adsorption an solche Kolloide, die sich nachher wieder verflüchtigen lassen. Dabei finden wir wieder ein schönes Beispiel für zielbewußtes und folgerichtiges Arbeiten. Es stellte sich heraus, daß ein Kieselsäuregel, in der üblichen Weise aus Natriumsilicat und Salzsäure bereitet, beim Abrauchen mit Flußsäure stets einen Rückstand hinterläßt. Diesen M.Bstand suchte Ebler dadurch zu beheben, daß er zur Darstellung des Gels von völlig flüchtigen Substanzen ausging. Er leitete also verdünnten Siliciumchloriddampf in Wasser und brachte aus dem entstehenden Gel nur noch durch Dialyse die Salzsäure zu entfernen.

Die Versuche gaben wohl die Anregung, nun umgekehrt den quantitativen Verlauf der Adsorptionsvorgänge durch Adsorption radioaktiver Substanzen zu verfolgen. Und was er dabei fand (es würde zu weit führen, darauf hier einzugehen), reizte ihn wieder, sich überhaupt mit dem Gebiet der Kolloidchemie zu befassen. Ein neues, allgemein anwendbares Verfahren zur Darstellung von kolloidalen Lösungen beliebiger Stoffe in beliebigen Lösungsmitteln war von ihm so weit durchgedacht, daß die Versuche begonnen werden sollten; Apparate, um es auszuprobieren, waren bestellt, zahlenmäßige Einzelheiten wollte er noch in der Muße seines Urlaubs durchrechnen. Er schrieb vor einiger Zeit, daß er sich gründlich in das Gebiet einarbeite, und wie sehr es ihn reizte.

Noch ein Beispiel für die Art, wie Ebler praktische Probleme anzufassen pflegte, wie er es verstand, bekannte oder selbstverständliche aber unbeachtete Dinge zu nützlichen Zwecken zu verbinden. Es ist bekannt, daß die Deckkraft von Körperfarben eine sehr geschätzte Eigenschaft ist, die zum Beispiel das durch giftige und leicht vergilbende Bleiweiß trotz dieser schwerwiegenden Fehler fast unentbehrlich macht. Nun gibt es gewiß schon Untersuchungen über die Transparenz trüber Medien. Aber der Gedanke war wohl doch noch nicht klar herausgearbeitet worden, daß hier zwei voneinander völlig unabhängige Größen eine Rolle spielen müssen, nämlich der Brechungsindex des suspendierten Stoffes und der des Suspensionsmittels. Sonst hätte sich sofort die von Ebler gezogene Folgerung ergeben müssen, daß Stoffe, die in Leinölfirnis durchscheinend sind, in anderen Bindemitteln vorzügliche Deckkraft besitzen können. Der Gedanke führte tatsächlich zur Herstellung von tadellos deckenden Anstrichfarben aus allen möglichen, fast wertlosen Stoffen.

Hat Ebler als Forscher manches Gute gefunden und geschaffen, so leistete er als Lehrer vorzügliches. Wer ihn ein einziges Mal oder oft von dieser Stelle aus hat sprechen hören, der weiß, daß sein Vortrag vom ersten bis zum letzten Wort fesselte. Freilich mochte es manchmal bei oberflächlicher Betrachtung scheinen, daß er die Bedeutung des Errungenen überschätzte. Ich glaube nicht, daß er es tat. Vielmehr unternahm er kaum je eine Arbeit um des unmittelbaren kleinen Nutzens willen, sondern immer im Hinblick auf ein höher liegendes Ziel, und seine lebhafteste Art ließ ihn dieses Ziel in den Vordergrund stellen, selbst dann, wenn er sich wohl bewußt war, ihm nur ein klein wenig näher gekommen zu sein. Das ist aber bei einem akademischen Lehrer, der seinen Hörern nicht Einzelheiten vortragen, sondern den Blick für große Zusammenhänge erschließen soll, entschieden kein Fehler. Seine Vorlesungen waren musterhaft in dieser Hinsicht. Fesselnd, durchdacht, frei und lebendig im Vortrag, klar und durchsichtig im Gedankengang. Vollkommen unbefröntlich für ihn, wie jemand versuchen könne, Ergebnisse der Wissenschaft nur mechanisch in sich aufzunehmen oder gar sie vorzutragen, ohne sie durch selbständige Denkarbeit sich zu eigen zu machen. Im Praktikum war sein Bestreben stets darauf gerichtet, daß nicht ein möglichst großes Arbeitspensum pflichtgemäß absolviert werde, sondern daß jeder einzelne Versuch bei der Durcharbeitung auch wirklich durchdacht werde. Stets suchte er, durch Abwechslung in den Versuchen den Unterricht zu beleben, und stellte gern aus seinen eigenen Beständen wertvolles Material und Apparate zur Verfügung. Jeder, der wirklich etwas lernen wollte, fand bei ihm jede denkbare Unterstützung. In den großen Schwierigkeiten, die sich daraus ergaben, daß die Kriegsteilnehmer bei der Rückkehr aus dem Felde den begreiflichen und berechtigten Wunsch hatten, möglichst rasch ihr Studium zu beenden, daß man aber unmöglich die wissenschaftlichen Anforderungen unter ein gewisses Maß sinken lassen konnte, war er verständnisvoll bemüht, einen befriedigenden Ausweg zu finden. Er war stets bereit, sich ihrer ganz besonders anzunehmen, auf alle Formvorschriften zu verzichten, die Studium und Prüfungen unnütz erschwerten, bestand aber dabei im eigensten Interesse seiner Schüler auf einer gründlichen Durchbildung. Daß er darin das Richtige ge-

troffen hat, mag mehr als meine eigene Meinung das Urteil gerade seiner Schüler bezeugen, die mich ausdrücklich gebeten haben, sein Bemühen in dieser Richtung hier dankbar zu erwähnen.

De mortuis nil nisi bene! Das ist ein altes oft mißverständenes Wort. Wir sollen gütig von unsern Toten sprechen, nicht ihnen nur Gutes nachsagen.

Denn offenkundige Fehler verschweigen oder gar leugnen wollen, heißt sie schlimmer erscheinen lassen, als sie in Wirklichkeit waren. So will ich denn klarzustellen suchen, wie das, was viele an dem Menschen Ebler auszusetzen fanden, sich für mich aus einer Eigenschaft ergibt, die seinen hervorstechendsten Charakterzug bildete und die ich stets an ihm geschätzt und bewundert habe, das ist seine unbedingte Offenheit und Aufrichtigkeit. Ich halte es für völlig ausgeschlossen, daß Ebler je Interesse heuchelte, wo er gleichgültig war, Zuneigung, wo er Widerwillen fühlte, daß er je versprach, sich für einen Menschen oder eine Sache einzusetzen, in der Absicht, den Bittenden loszuwerden und dann die Sache liegen zu lassen. So mochte er bei oberflächlicher Betrachtung hart oder teilnahmslos erscheinen. Er war es nicht; er konnte sich mit allen seinen Kräften für Menschen und Dinge einsetzen, auch wenn er genau wußte, daß er selbst nicht den geringsten Nutzen davon haben würde, sondern im Gegenteil sich Ungelegenheiten damit bereitete. Wie er selbst gewohnt war, offen und ohne Rückhalt seine Meinung zu sagen, vertrat er jeden begründeten Widerspruch in sachlichen und persönlichen Dingen und kam, auch wesentlich Jüngeren gegenüber, nie auf den Gedanken, einen Fehler in der Form der Äußerung übel zu nehmen. Ich selbst habe an ihm nur diese Vorzüge kennen- und schätzengelernet. Aber es wäre töricht, wollte ich nicht zugeben, daß er auch die Fehler dieser Vorzüge hatte. Er vergaß vielleicht, daß auch offenes Eingestehen manchen Fehler nicht entschuldbar machen kann, und er bedachte nicht, daß in einzelnen Fällen schonendes Verschleiern nicht nur klüger, sondern auch den Nächsten gegenüber gütiger sein kann, als rücksichtsloses Bekennen. Damit hat er sich wohl viel geschadet und sich selbst und anderen schweres Leid zugefügt. Wer ihn kannte und schätzte, wird es innig bedauern, daß ihm das Schicksal verwehrte, nach den Wirren des Krieges zu ruhigem Leben und stetig schaffender Tätigkeit zurückzukehren und das verheißungsvoll begonnene Werk zu erweitern und zu vertiefen.

Unsere Wissenschaft hat er um manche gute Erkenntnis, manch nützliches Werkzeug bereichert; er gab uns viel wertvolle Anregung und ein starkes Beispiel wissenschaftlichen Denkens und Schaffens. Das wollen wir ihm danken, und dafür wollen wir ihm ein treues Gedenken bewahren. [A. 56.]

Das Problem der biologischen Fettbildung und Fettgewinnung.

Von Prof. Dr. PAUL LINDNER, Berlin, Institut für Gärungsgewerbe.

(Eingeg. 30./1. 1922.)

Es ist eine auffallende Tatsache, daß man in der freien Natur und auch in künstlichen Kulturen im Laboratorium häufig auf stark verfettete Zellen stößt, daß man jedoch bei den Versuchen, eine Mikrobenkultur zu gleichmäßig kräftiger Fettbildung zu bringen, zumeist Mißerfolge gehabt hat. In der freien Natur findet man sowohl im Boden als auch in oberflächlich ausgebreiteten Pflanzensäften, wie in den Ergüssen aus Baumwunden, den zuckerhaltigen Ausscheidungen der Blatt- und Schildläuse oder der intra- und extrafloralen Nektarien fettreiche Zellen, in Laboratorien weist jede ältere Kultur auf gezuckerten Nährböden, aber auch nur an der Oberfläche, solche auf, z. B. von Bierhefe auf Würzelgelatine oder Würzeagar. Fast durchweg fällt in ihnen der geringe Plasmagehalt auf, so daß man den Eindruck einer absterbenden oder abgestorbenen Zelle hat. Sät man solche Zellen in frische Nährlösung aus, dann keimt die Mehrzahl überhaupt nicht.

In den Gärungsbetrieben lernt man verfettete Zellen fast gar nicht kennen, auch nicht in Preßhefefabriken, wo mit ständiger Durchlüftung gearbeitet wird. Nach der Einführung meiner Tröpfchenkultur für die Isolierung einzelner Zellen und für die biologische Analyse von Bieren u. dgl. fiel mir 1895 zum ersten Male die starke Verfettung der Kulturhefen auf. Ich beobachtete nach beendetem Wachstum der Zellen in der dünnen Würzschicht des Tröpfchens, daß das Plasma in ihnen von Tag zu Tag körniger wurde, und daß diese kleinen Körnchen bei kurzem Eintrocknen des Präparates zu groben Öltröpfen zusammenfloßen. Also war die Kulturhefe ein kräftiger Fetthildner. 1899 isolierte ich aus dem Madengang einer Pflaume eine große Torulaart, in der das Öl von einer anfänglich kleinen zu einer großen, die ganze Zelle fast ausfüllenden Kugel heranwuchs. Wegen des prächtigen mikroskopischen Bildes nannte ich die Art *Torula pulcherrima* und wegen des großen Fettgehaltes auch „Fettheife“. Natürlich kam mir der Gedanke, sie zur Fettgewinnung zu benutzen, doch legte ich ihn wieder beiseite als sich herausstellte, daß die Hefe die meisten Zuckerarten vergärt. Am Kriegsbeginn wurde ich von den Herren Prof. Dammer und Holde um eine Überlassung dieser Hefe zum Zwecke des Studiums der biologischen Fettgewinnung angegangen. Ich händigte sie ihnen aus mit dem Bemerkung, daß sie leider zu gut gäre. Mitte April 1915 schrieb mir Geheimrat M. Delbrück dienstlich: „Nachdem es geglückt, mittels Hefe Ammoniak und Zucker zur Eiweißsynthese zu benutzen, würde eine herrliche neue Aufgabe sein, einen Organismus zu suchen, der Zucker in Fett umwandelt.“ Der Zufall wollte

es, daß ich wenige Tage vorher von der Ostfront von einem meiner früheren Schüler, dem dipl. Brauereingenieur Schrettenseger einen eingetrockneten Tropfen vom Milchfluß der Biken, die er zum Bau von Unterständen hatte fallen lassen müssen, brieflich zugesandt erhalten hatte, und daß sich der vorwiegend darin vorhandene Organismus, der *Endomyces vernalis* Ludwig in reiner Kultur als nichtgärend und zugleich fettbildend erwies. Am 25. April konnte ich bereits über diesen Befund berichten, der dann von Herrn Delbrück sofort aufgegriffen wurde und ihn bewog, die biologische Fettgewinnung als neue Kriegsaufgabe des Instituts der früheren, der Mineralhefegewinnung, beizugesellen. Der *Endomyces*, der schon 25 Jahre zuvor im Milchfluß der Bäume von Ludwig, Greiz, entdeckt, aber nicht eingehender erforscht worden war, verriet mir sein Fettbildungsvermögen durch sein stark gekörntes Plasma in der Würzeltröpfchenkultur und durch das Zusammenfließen dieser Körnchen beim vorübergehenden Eintrocknen. Die Originalprobe war fast fettfrei, da der Biken-saft zu wenig Zucker enthält. In wenigen Wochen wurden nun die wichtigsten morphologischen und physiologischen Eigenschaften des Pilzes festgelegt und die seiner Eigenart als Deckenbildner entsprechenden Kulturmaßnahmen getroffen. Die bekannte Kerzenfabrik Firma Motard konnte uns mit einer großen Anzahl Magnaliumschalen ausbilden, in denen sich die Kulturen gut züchten und übernten ließen.

Es war allerdings ein starres System, das viel Handarbeit erforderte. Mein Vorschlag, die Kultur auf 20 m langen Stoffbahnen, wie sie z. B. die damals stillgelegte Linoleumfabrik in Rixdorf stockwerkhoch angelegt hatte oder auf ebenso langen, von der Decke herabhängenden Tüchern vorzunehmen, kam leider nicht zur Ausführung. Auch die Verhandlungen mit kapitalkräftigen Margarinefabriken, die sich ins Zeug gehen wollten, zerschlugen sich, da der Reichsausschuß für Fette und Öle das Verfügungsrecht über das auszubringende Fett in Anspruch nahm und nach Übernahme der zum Teil von mir entworfenen und von der Versuchs- und Lehranstalt eingereichten Patente das Verfahren in Verbindung mit der inzwischen an dieser errichteten „Fettselle“ weiter ausarbeiten wollte. Letztere, die zeitweise mit neun wissenschaftlichen Hilfskräften arbeitete, hatte die Aufgabe, durch systematische Untersuchungen die analytischen Grundlagen für die einzelnen Verfahren mit den verschiedenen Rohmaterialien zu schaffen. Zuerst war die Melasse dafür in Aussicht genommen, dann gab es die nicht mehr, dann kam die Sulfitzellstofflaugung. Als Stickstoffmaterial wurden alle möglichen Abfallstoffe, Molken, Schlempe, Hefenextrakte, Ammonsalze, Poudre und schließlich synthetischer Harnstoff benutzt. Die Ausbeuten an Pilz wie an Fett nahmen erfreulicherweise erheblich zu, so daß der Reichsausschuß das Verfahren zum Verkauf anbieten konnte, und daß Herr Dr. Jeroch, der als Beamter des Reichsausschusses die Arbeiten zu überwachen und selbst bezüglich der Sulfitzellstoffablaugungsverwertung wertvolle Anregungen gegeben hatte, nach Auflösung seiner Behörde die Vertretung der an die Versuchsanstalt für Brauerei zurückgefallenen Auslandspatente übernahm (die deutschen Patente, etwa ein Dutzend, sind an das Reich übergegangen).

Beim Rückblick auf die Gesamtarbeit muß ich dankbar so mancher Mitarbeiter gedenken. Dr. Stockhausen und Ingenieurchemiker Raoul Ericson und Dr. Oelbermann, dann besonders auch Dr. Deutschland haben den analytischen Teil, Dr. Deutschland zuletzt auch den technischen Teil in ausgezeichneter Weise durchgeführt. Der Organisator des Ganzen, Herr M. Delbrück, der besonders die Übernahme des Verfahrens durch stillgelegte Brauereien anstrebte und die Verhandlungen mit den Behörden leitete, starb, bevor ein größerer technischer Erfolg errungen. Die Fettausbeute vom getrockneten Pilz betrug nicht selten 42%; das Fett ist Neutralfett vom Charakter des Oliven- oder Rüböls.

Nicht zum wenigsten trugen die mißliche Lage der Maschinenfabriken und die ins Ungeheuerliche steigenden Preise dazu bei, daß das Verfahren gleichsam in den Akten kühlen blieb, was uns die Margarinevertreter von vornherein auch im Hinblick auf den umständlichen behördlichen Betrieb vorausgesagt hatten. Aber auch die Berichte einzelner Begutachter, denen Diskretion zur Pflicht gemacht war, waren geeignet das Vertrauen zu dem Verfahren zu untergraben. So stellt ein Anonymus in der Brennerzeitung Nr. 1347 folgende Berechnung auf: Zur Züchtung von 100 kg getrockneten Fettpilzes mit 10% Wasser sind erforderlich: 10 cbm Sulfitzellablaugung, 7 kg Harnstoff, 10 kg Salze und eine Schalenfläche von 2000 qm. Die Schalen werden mit der Nährflüssigkeit beschickt und nach fünf Tagen abgeerntet. Bei einer jährlichen Produktion von 1000 Tonnen in 300 Arbeitstagen, also täglich 330 kg würde die Schalenfläche einschließlich 4000 qm Reserveschalen 7000 qm betragen. Bei einer Schalengröße von 0,5 qm und unter Berücksichtigung des Bedienungsraumes ergibt sich dann der Inhalt des Gargebäudes, welches 4stöckig aufzuführen wäre, um an Bodenfläche zu sparen, zu etwa 24500 qm. (Soll offenbar die Bodenfläche, nicht den Inhalt des Gebäudes bedeuten.) Nimmt man eine Länge von 240 m an, so ergibt sich eine Breite von 56 m.

Wer so etwas liest, bekommt natürlich einen Schreck, sofern er nicht selbst nachrechnet und sich überlegt, daß man ja in jedem Stockwerk 10 oder 20 oder noch mehr Schalen übereinander lagern kann und daß dementsprechend der Riesenkasten zusammenschrumpft. Die Tagesleistung ist mit 330 kg angegeben, natürlich muß es heißen 3300 kg. Auch die Schalenfläche ist falsch angegeben, sie muß ja mit 5 multipliziert werden, und trotzdem kommt nur ein Gebäude von im Viertel der vom Anonymus berechneten Größe heraus.

Wenn man statt des Metalls Stoffbahnen, die wie in der Linoleumfabrik auf gespannten Drähten liegen, benutzt und diese nach dem Vorschlag von Dr. Jeroch zum Tuch ohne Ende ausgestaltet, so dürfte das Verfahren an Einfachheit und leichter Bauart ganz wesentlich gewinnen, auch könnte man dazu übergehen, vertikal hängende Tücher mit einem feinen Sprühregen der Nährflüssigkeit zu beschicken und den Pilz so wachsen lassen, wie er in der Natur an den Baumstämmen herunterwächst. Für solche Experimente reicht natürlich ein Laboratorium oder eine kleine Versuchsanlage nicht aus.

Jedenfalls wäre es durchaus verkehrt, die Fettheife schon zu den Akten zu legen, denn sie liefert ja Fett nicht bloß aus Zucker, sondern auch aus einem Teil der unvergärbaren Abbauprodukte des Holzes beim Sulfitzellverfahren (Fig. 6), außerdem gibt sie bei dem Aufschließen mit Säure zur Fettausbringung eine den Hefextrakt an Wohlgeschmack weit übertreffende Würze und kann außerdem nach der Zertrümmerung im Kollergang mit Zucker gemischt zu einem waffelähnlichen Gebäck umgewandelt werden. Die Fettheife wird sich behaupten, sobald die Industrie einen billigen Zucker aus Holz in ausreichender Menge zur Verfügung stellt, sobald sie ferner preiswerte Oberflächenkörper liefern kann, die ihren Wert behalten — ich denke z. B. an Schalen aus Paraffin, höheren Fettsäuren, die in Tragkörpern zu je 20 eingestapelt, in Eintauchbottchen gleichzeitig beschickt und entleert werden können. Das Risiko des Anlagekapitals wird durch Verwendung jederzeit wie der verkäuflicher Materialien erheblich herabgesetzt. Wäre schon im Kriege eine Fabrik mit lauter Magnaliumschalen eingerichtet worden, hätte die Metallwertsteigerung allein schon manche Ausfälle durch Versuchsanstellungen wettgemacht. „Wenn Deutschland sich, und die Notwendigkeit dafür ist nicht zu bestreiten, vom Ausland unabhängig machen muß in bezug auf seine Ernährung, so sind alle Mittel und Wege dafür zu benutzen, auch wenn sie dem Anschein nach von vornherein einen Erfolg nicht versprechen“, sagt selbst unser Anonymus.

Wenn auch bisher die Züchtung des Fettpilzes in größerem Maßstabe noch nicht verwirklicht ist, so ist doch die Wissenschaft um manche wichtige Erkenntnisse bereichert worden hinsichtlich der Fettbildung in der Zelle.

Wer nur einen Blick in die neueren Lehrbücher der physiologischen Chemie — ich verweise hier besonders auf das von Abderhalden (4. Aufl.) — geworfen hat, wird ersehen, wie hier das meiste noch unklar und unverdächtig erscheint.

Nägeli hat sich schon eingehend mit der Fettbildung bei niederen Pilzen beschäftigt, und es ist ihm auch gelungen, in vier Wochen alten *Penicillium*-kulturen auf 1% Eiweiß und 2% Zucker ein Mycel mit 50% Fett (als Neutralfett berechnet) zu erhalten, in einer Nährlösung von geringem Stickstoffgehalt (0,3 g schwefelsaures Ammon) und steigenden Rohrzuckermengen (1,5–150 g im Liter) nebst Minerallösungen erhielt er bei 150 g Zucker 23% Fettsäure = 26% Neutralfett. Kunsthefe, bei niedriger Temperatur in weinsäurem Ammon und Zucker im Brutkasten bei Durchlüftung gezogen, brachte er auf 12,5% Fett (gewöhnliche Hefe hat etwa 5%). Henneberg kam bei seinen Versuchen mit Bierhefe auf 12% Fett, Bokorny von 1,3 auf 4% in zehn Tagen (Ammonsalze oder Harnstoff, Zucker jeden zweiten Tag erneuert). Perrier erzielte mit dem Schimmelpilz *Eurotium* Gayoni in Invertzucker- oder Alkohollösung nach Raoulin ein Mycel mit 31% Fett nach einer Versuchsdauer von acht Tagen. Bemerkenswert war die Beobachtung von Nägeli und Löw, daß während der Fettbildung das Gewicht des Mycels bis zu fünf Sechstel desselben vor der „Involution“ und ähnlich der Stickstoffgehalt abnahm. Für die damalige Anschauung, daß die Fettbildung mit der Umbildung des Eiweiß zusammenhänge, schien diese Eiweißabnahme zu sprechen. Diese Literaturangaben hatten allerdings keinen Einfluß auf den Gang meiner Untersuchungen, da sie mir erst später bekannt wurden. Meine Befunde bezüglich der Fettbildung stützen sich zunächst lediglich auf das mikroskopische Bild und auf die Technik, in Zellen mit gekörntem Inhalt durch vorübergehendes Eintrocknen und späteres Anhauchen des Präparates eine Verschmelzung der Körnchen zu einer großen Ölkugel zu veranlassen. Ohne diese Erfahrung wäre ich wohl kaum auf die Deutung des *Endomyces* als Fettpilz gekommen, denn die ersten Tröpfchenkulturen desselben in Würze ergaben, wie schon oben erwähnt, nicht etwa starke Ölkugeln, sondern nur ein stark gekörntes Plasma im Zellinneren. Im Anfangsstadium der Entwicklung zeigt sich das Plasma stets völlig homogen, also körnchenfrei, wenn auch mit etwas fettigem Glanz, wie er auch glykogenhaltigen Zellen eignet. So lange stickstoffhaltige Nahrung noch verfügbar, beschäftigt sich die Zelle vorwiegend mit der Plasmasynthese, erst nachher wird der überschüssige Zucker, Alkohol u. dgl. zur Fettsynthese stärker herangezogen.

Die überraschendsten Befunde erhielt ich jedoch erst, als ich die Pilzzellen in nicht zu starker Aussaat in reinen Zucker- oder Alkohollösungen in der Tröpfchenkultur beobachtete (Fig. 4, 5, 8) und damit verglich, wie dieselben Mischungen in Vaselineinschlußpräparaten, also bei Luftabschluß, sich verhielten. In der reinen Zuckerlösung tritt zwar noch Sprossung von Tochterzellen ein, soweit das Mutterzellplasma dazu das nötige Eiweißmaterial liefert, aber wenn dies erschöpft, bleiben die bei Luftabschluß gezüchteten Tochterzellen fast unverändert, während die in der Tröpfchenkultur — also bei Luftzutritt — zahlreiche Körnchen bilden und schließlich davon ganz erfüllt sind. Kurzes Eintrocknen und Wiederaanhauchen des Präparates gibt nun ein wundervolles Bild von Zellen, die fast nur große Öl-

tropfen und eine feine Zwischenlage von hyalinem Plasma zur Zellwand hin zeigen. Waren zu viele Zellen als Aussaat gegeben, dann kam natürlich auf die einzelne Zelle weder genügend Zucker noch Sauerstoff, und sie behielten trotz einiger winziger Fetttröpfchen ein leeres Aussehen, aber dafür ihre Vermehrungsfähigkeit im Gegensatz zu den verfetteten Zellen der Tröpfchenkulturen mit geringer Zellaussaat. Die Gründe, weshalb bei einem bestimmten Verfettungsgrad die Sprossung in frischer Nährlösung ausbleibt, sind noch nicht aufgeklärt; man sollte meinen, daß die Zelle etwas mehr die Interessen der Nachkommenschaft wahrnehmen und sich nicht so mit Fett überfüttern sollte. Aber nicht bloß hinsichtlich der Verfettung übernimmt sich die Pilzzelle, sie kann auch durch zu starke Säure- oder Ammoniakabspaltung aus den Nährsalzen ihr Leben gefährden, worüber Boas besonders lehrreiche Fälle angeführt hat.

Die Nichtbeachtung oder vielmehr Unkenntnis dieses Verhaltens der Pilzzellen hat zu recht unangenehmen Täuschungen geführt, auf die hier mit einigen Worten eingegangen werden muß.

Pasteur und Liebig sind seinerzeit hart aneinander geraten, weil letzterem die Vermehrung einer geringen Hefeausaat in einer gezuckerten mineralischen Nährlösung nach des ersteren Vorschrift nie gelingen wollte. Auch Wildiers mußte Liebig beipflichten. Es gelang ihm nur dann Vermehrung und Gärung zu erzielen, wenn er etwas Hefenausatz der Pasteurschen Lösung hinzufügte. Die wunderförmige Substanz in ersterem nannte er „Bios“. Seitdem spukte das Biosproblem in den biologischen Laboratorien.

Gestützt auf die Erfahrungen mit der Hefethe kam ich bald dahinter, daß die Verfettung der wenigen Aussaatzellen den Mißerfolg bei Liebig und Wildiers herbeigeführt haben mußte infolge der Verwendung von Nährlösungen, die schon einige Zeit gestanden und sich mit Sauerstoff gesättigt haben konnten. Pasteur hat jedenfalls immer frisch sterilisierte Lösungen gleich nach dem Abkühlen besät, also bei geringster Sauerstoffspannung, die zur Verfettung der Zellen nicht ausreichte, die Eiweißsynthese und Zellvermehrung aber nicht hinderte.

Da die meisten Assimilationsversuche mit wenig Aussaat angesetzt zu werden pflegten, ohne Rücksicht auf die Sauerstoffspannung in der Flüssigkeit, war unausweichlich, daß die widersprechendsten Resultate erzielt wurden, selbst bei Wiederholungen desselben Versuchs. Bei allen mit Fettbildnern erhaltenen negativen Resultaten kann man somit ein Fragezeichen machen und muß sie nachprüfen. Für die nicht fettbildenden Arten spielt die geringe Menge der Aussaat gar keine Rolle, und Sauerstoffgegenwart wirkt sogar sehr günstig für die Vermehrung. Vielleicht hat Pasteur mit einer Hefe gearbeitet, die längere Zeit gestanden und auch mit Kahlhefen reichlich untermischt war — damals kannte man ja noch keine Reinkulturen von Bierhefen u. dgl. Es ist ein leichtes, große Mengen einer nicht verfettenden Hefe, wie z. B. die *Willia belgica*, in einer gezuckerten oder nur mit Alkohol versetzten Minerallösung ohne Bios und ohne Vitamin aus wenigen Aussaatzellen zu züchten.

Wie gegen Zucker verhalten sich auch gegen Alkohol die Hefen in bezug auf Fettbildung verschieden. Fettbildner ziehen ihn lebhaft an und synthetisieren ihn bei Gegenwart von Sauerstoff zu Fett; Nicht-Fettbildner benützen ihn zum Aufbau der Zellwand und des Plasmas, aber auch nur bei Sauerstoffzutritt. Ohne letzteren vermögen sie mit dem Alkohol nichts anzufangen.

Georg Trier hat in seinen „Grundlagen des Antialkoholismus“ mit seiner Behauptung, daß sich die Hefe nichts aus dem Alkohol mache, recht, aber nur so lange, als die Hefe sich in der gärenden oder vergorenen Flüssigkeit befindet. Sobald sie aus dem Bottich herausgenommen wird und bei Luftgegenwart mit Alkoholdämpfen zusammenkommt, wirkt sie auf den Alkohol wie der Magnet auf das Eisen. Das Ekstremit — der Hefenurin, wie Trier den Alkohol bezeichnet — wird jetzt zum Nährstoff. Streicht man Bierhefe auf Leinwand und hängt sie in einem Raum mit schwachen Alkoholdämpfen auf, dann vergehen nur wenige Tage und die oberflächlich gelegenen Zellen strotzen von Fetttropfen. Also dieser Grundpfeiler des Antialkoholismus ist keiner, ein um so kräftigerer aber für den Anti-Antialkoholismus. Der Alkohol ist hier also kein „ausgesprochenes Zellgift“, als das ihn Abderhalden in seiner neuesten 4. Auflage des Lehrbuchs der physiologischen Chemie 1920 noch immer kennzeichnet, sondern ein so vortrefflicher Nährstoff, daß die Zelle sich damit gern überfüttert. Abderhalden sowie Georg Trier waren meine und meiner Mitarbeiter zahlreichen Alkoholassimilationsversuche, die seit dem Jahre 1911 im Gang sind, eben unbekannt geblieben.

Wenn sich Zellen mit Alkohol überfetten, so gehen sie ebenso zugrunde, als wenn sie Gift bekommen hätten. Der Alkoholdampf in Gär- und Weinkellern wirkt mit der Zeit auf die dort an Oberflächen verstreut liegenden fettbildenden Zellen wie ein Desinfektionsmittel, aber er scheint auch auf die Keime in den Atmungswegen der dort beschäftigten Arbeiter ebenso zu wirken, denn Weinküfer sollen gegen Tuberkulose gefeit sein, gegen die Krankheit, deren Erreger der Tuberkelbazillus einen hervorragenden Fettbildner darstellt (bis 42% in der Trockensubstanz). Auch für ihn muß die Biologie der Fettbildner zu recht bestehen. Rein empirisch haben ja auch die Ärzte den Alkohol in Lungenheilstätten als Heilmittel mit verwertet. Nun haben sie eine plausible Erklärung dafür. Sie haben unbewußt wahrscheinlich eine Bazillenverfettungskur durchgeführt.

Ich habe mir vom hiesigen hygienischen Institut eine größere Menge Tuberkelbazillen in trockener abgetöteter Form ausgebeten, um den Vergleich beim Verbrennungsversuch mit dem getrockneten

Endomyces anstellen zu können: beide entzündeten sich in der Flamme und brennen mit rußendem Öllicht zu Ende, mit dem einen Unterschied, daß das im Tuberkelbazillus außer dem Fett noch vorhandene Wachs die Flamme etwas unruhig macht und zum Teil heruntertropft. Nach dem von Bergell gezeichneten Schema ist in der Zellwand des Tuberkelbazillus vorwiegend Wachs, in der Mittelachse dagegen das Fett in Tröpfchenreihen gelagert.

Wenn der Leibarzt des letzten Zaren in den Wohnungen der Schwindsüchtigen die Tapeten mit Fichtennadelextrakt bespritzte und beste Erfolge damit erzielte, so hat er empirisch etwas richtiges getroffen, er hat aber offenbar geirrt, wenn er die Terpene für die Wirkung verantwortlich machte und nicht den Alkohol, in dem der Extrakt gelöst war.

Da auch die meisten pathogenen Hautpilze leicht verfetten, — daher jedenfalls ihr äußerst langsames Wachstum — ist für die Dermatologen eine neue Richtlinie für ihr Vorgehen gegeben.

Da ich mich selbst mit den pathogenen Mikroben nicht abgeben konnte, habe ich wenigstens mit dem Friedmannschen Schildkröten-tuberkelbazillus eine Stichprobe auf Verfettung gemacht. Eine Impfung in Hefewasser gab kräftiges Wachstum, aber nach zwei Tagen noch keine Fettreaktion, eine andere Impfung in demselben Hefewasser + 2% Alkohol spärlicheres Wachstum aber bereits kräftige Verfettung der Zellen in der gleichen Zeit. Die Fettbildung hier auf den Eiweißzerfall schieben zu wollen, wäre widersinnig, denn es müßte ja gerade in ersterer Kultur Fett auftreten.

Auch in der Landwirtschaft spielt die Verfettung der Mikroben eine große Rolle. Auf die für den Boden so wichtigen nitrifizierenden Bakterien soll Zucker wie Gift wirken. Diese Deutung einer an sich richtigen Beobachtung ist sicher falsch, ja geradezu unsinnig. Der Zucker wäre ja dann ein ebenso ausgesprochenes Zellgift, wie es der Alkohol sein sollte. Die nitrifizierenden Bakterien sind wahrscheinlich — Untersuchungen darüber behalte ich mir vor — hervorragende Fettbildner, verfetten mit Zucker sehr schnell im sauerstoffhaltigen Wasser oder in der gut durchlüfteten Bodenschicht und wachsen dann nicht mehr. Die denitrifizierenden Bakterien sind offenbar keine Fettbildner, dafür aber gute Synthetiker der Zellsubstanzen aus Zucker oder Alkohol.

Willer hat dem Hefewasser 10 mg Salpetersäure und 1 ccm Alkohol pro Liter hinzugefügt und eine überaus schnelle Denitrifikation festgestellt, gleichzeitig eine Schädigung der Nitrifikanten. Die denitrifizierenden Bakterien gleichen den Kahlhefen, die wie die *Willia belgica* mit Alkohol sich kräftig vermehren und dabei reduzierend wirken, oder den Bakterien der dünnen Kriegsbieren, die nach dem Vermischen derselben mit sauerstoffhaltigem Wasser den meisten Alkohol noch für sich beanspruchten und bei der dabei in Gang kommenden lebhaften Vermehrung die Biere trübten und auch gesckmacklich verdarben.

Wie man sieht, werden in die Fettfrage eine Menge strittiger Probleme einbezogen, die ihr früher anscheinend fremd gegenüberstanden. Sie verdient also nicht nur vom praktischen Gesichtspunkt aus eine eingehendere Bearbeitung, sondern auch vom theoretischen. Wenn Pilze, wie der *Endomyces vernalis*, die kein Gärvermögen besitzen, also keinen Alkohol bilden, dennoch diesen zur Zellvermehrung und Fettbildung mit Leichtigkeit verwerten, war anzunehmen, daß auch noch andere Abbaustufen der Zuckerspaltung dazu sich eignen. Im Jahre 1912¹⁾ habe ich mit dem *Oidium lactis* und *Saccharomyces farinosus* bei Darbietung von Paraldehyd und Essigsäure ein ganz üppiges Wachstum erhalten, für ersteres auch noch mit Aceton, zweifelhaftes mit Äther. Methylalkohol, Formaldehyd und Ameisensäure wurden von beiden nicht assimiliert, Benzin und Benzol zweifelhaft. Felix Ehrlich hat dann auf Grund unserer Alkoholassimilationsversuche (Fig. 1 u. 2) den Alkohol planmäßig statt des Zuckers als C-Quelle bei Pilzkulturen benutzt, da sich aus den alkoholischen Lösungen die Stoffwechselprodukte leichter rein darstellen lassen und für viele Pilze der Alkohol dem Zucker als Baustein überlegen ist. 1919 ist dann F. Ehrlich ein Verfahren patentiert, den aus Acetylen dargestellten Acetaldehyd und dessen Polymerisationsprodukte zur Züchtung von Pilzen, besonders Kahlhefen zu benutzen (D.R.P. 313167 Kl. 6a Gr. 15). Ihm kam es hierbei auf die Gewinnung von Eiweiß an. Neuerdings hat mein Kollege Hahn²⁾ gezeigt, daß die einer Eiweißgeneration des *Endomyces vernalis* unterschüttete Acetaldehydlösung eine kräftige Fettbildung in den Zellen auslöst.

Das überaus interessante Ergebnis dieses Versuches läßt nun die Schlußfolgerung zu, daß bei allen Umsetzungen, bei denen Neuberg und seine Mitarbeiter das Auftreten von Acetaldehyd feststellen konnten, auch eine Fettbildung wahrscheinlich sei, sofern der Organismus ein ausgesprochener Fettbildner ist und die Versuche bei reichlicher Sauerstoffanwesenheit vorgenommen werden. Bei dem Schnellseigbakterium konnte ich bereits mit Naphtholblau eine kräftige Blaufärbung der Zellwände feststellen — hier spielt der Acetaldehyd als Übergangsstufe vom Alkohol zur Essigsäure neben dem Alkohol sicher bei der Fettbildung eine Rolle. Aufgabe der Mikrobiologen wird nun sein, zunächst einmal alle Fettbildner festzustellen, ähnlich wie ich dies gemeinsam mit Frl. Unger bereits für die Hefen und einzelne Schimmelpilze meiner Sammlung getan habe³⁾. Diese Aufgabe wäre wesentlich

¹⁾ Chemikerzeitung 68, 638.

²⁾ Ztschr. f. techn. Biologie 217 [1921].

³⁾ Ztschr. f. techn. Biologie 7, 68 [1919].

erleichtert, wenn mein Plan, eine Kulturenzentrale für Deutschland zu schaffen, zustande gekommen wäre. Man hat nicht begreifen können, daß eine möglichst umfangreiche Mikrobensammlung das unentbehrlichste Fundament für großzügige biologische Forschungen abgibt.

Auch bezüglich der Fettbildung in höheren Pflanzen haben meine Beobachtungen manchen interessanten Einblick gewährt. Es sei nur an die Bildung des Öles in der Aleuronschicht des Getreidekorns erinnert. Diese Schicht ist benachbart der inneren Schicht des Frucht-

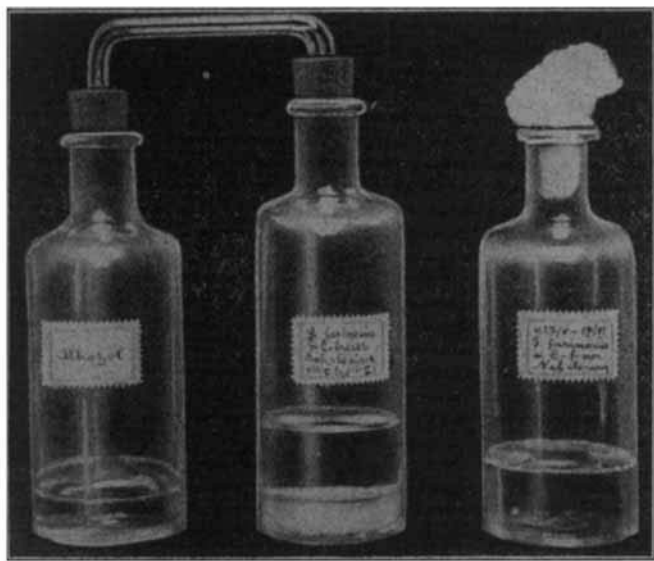


Fig. 1: Drei Flaschen, von denen die beiden rechtsstehenden mit wenig Aussaat von *Sacch. farinosus* geimpft sind. Die ganze rechtsstehende Flasche ist völlig klar geblieben, da keine C-Quelle die anorganische N-Quelle ergänzt, was bei der mittleren durch Zutritt von Alkoholdampf aus der Flasche links geschieht.

blattes, die am längsten ihr Chlorophyll behält und daher auch Sauerstoff bis kurz vor der Reife des Korns an die Aleuronzellen abgeben kann, was die Fettbildung fördert. Daß bei der Chlorophyllbildung selbst Fettsynthesen stattfinden, dürfte zweifellos sein, zeigt doch die Wasserblüte im Frühjahr erheblichen Fettgehalt (30%). Hier ist natürlich die Kohlensäure die Ursprungssubstanz für das Fett. Auch

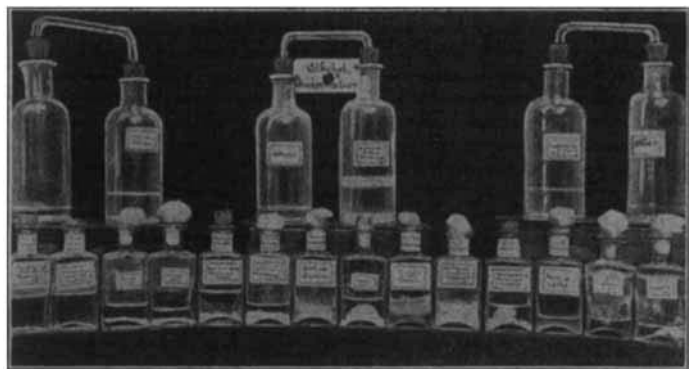


Fig. 2: Eine Anzahl Hefe- und Pilzkulturen, die in anorganischer N-Lösung und 4% Alkohol kräftige Bodensätze oder Decken gebildet haben.

die Diatomeen zeigen oft kräftige Fettkugeln, die dann im Faulschlamm und in den daraus sich bildenden Gesteinen mehr oder weniger erhalten bleiben. Francé will die in Ödländereien vorhandenen Böden auf Fett verarbeiten.

Ich konnte zeigen, daß im Schlamm unserer Eisschränke, in den verstopften Löchern der Brausen stark verfettete Pilze und Algen vorkommen und stellte als wahrscheinlich die Anwesenheit geringer Alkoholmengen im Wasser als Ursache dieser Verfettung hin. In Eisschränken, in denen gärende Flüssigkeiten aufbewahrt werden, ist die Schlammverfettung besonders auffällig.

Die biologische Fettsynthese ist somit eine überaus verbreitete Erscheinung, für die man aber bislang keine rechte Erklärung gefunden. Nun ist der Schleier infolge der Fettpilzstudien einigermaßen gelüftet und der Weg gewiesen, auf dem man zu größerer Klarheit kommen wird. Förderlich wird dieser Studienrichtung aber sein, wenn unsere Chemiker, Ärzte und Physiologen etwas mehr Gärungskunde treiben, Kulturen anlegen und diese mikroskopisch verfolgen lernen. Gerade der Umstand, daß man aus dem mikroskopischen Bild schon die Fetternte annähernd abschätzen kann, erleichtert ungemein die Arbeit. Das mikroskopische Bild in Verbindung mit Farbreaktionen gibt in

wenigen Sekunden schon über das Ergebnis des Versuches Auskunft, während bei Gärversuchen und Fettanalysen Stunden und Tage nötig sind.

Nachdem durch Neuberg und seine Mitarbeiter die Chemie des Zuckerabbaus weitgehend aufgeklärt ist, wird jetzt die Chemie des Aufbaus von Cellulose, Stärke, Fett u. dgl. aus Zucker, Alkohol, Aldehyd auf die Tagesordnung gesetzt werden müssen. Die anaeroben Prozesse sind uns heute geläufiger als die aeroben, die in der Natur

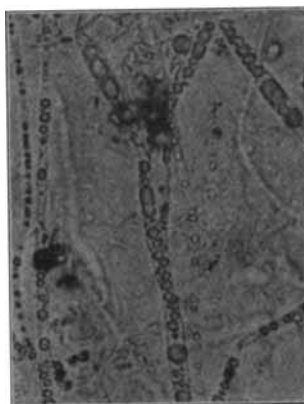


Fig. 3. Verfettete Pilzmycelien aus dem Eisschrankschlamm. 500 fach.

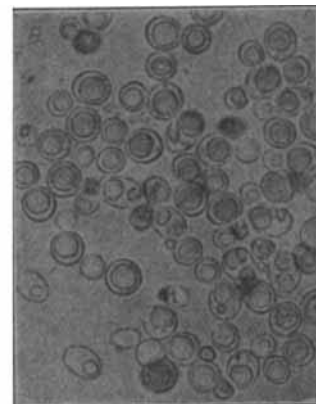


Fig. 4. In 5% iger Zuckerlösung verfettete Eiweiß-(Mineral)-hefe. 1000 fach.

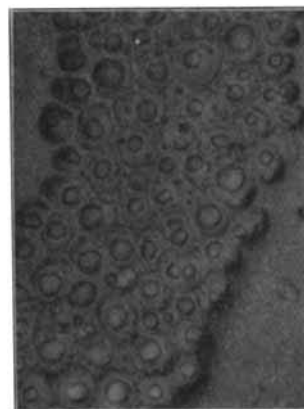


Fig. 5. In 5% iger Zuckerlösung verfettete Bierhefe. 1000 fach.



Fig. 6. In Sulfitlauge und synth. Harnstoff verfetteter Endomyces vernalis. 1000 fach. Leider sind die zarten Zellwände, in denen die Ölkugeln liegen, nicht überall deutlich herausgekommen.



Fig. 7. Auf Hefeextraktlösung gezogener Fettpilz in der Eiweißgeneration. 1000 fach.

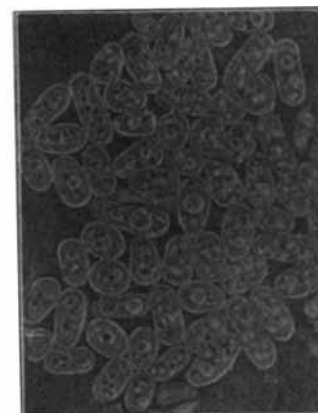


Fig. 8. Spaltheefe Schizosaccharomyces Pombe in 2% iger Alkohollösung verfettet. 1000 fach.

aber die vorherrschenden sind. Zum Schluß möchte ich noch auf zwei auffallende Tatsachen aufmerksam machen, die ich in Meyers Konversationslexikon unter Alkohol verzeichnet fand. Die eine ist, daß im Kubikmeter Regenwasser etwa 1 g Alkohol nachgewiesen wurde, die andere, daß 24 Stunden nach dem Tode in dem menschlichen Muskel Alkohol auftritt. Die letztere Angabe ist eigentlich

nicht mehr verwunderlich, nachdem Maignon auch in dem einem lebenden Hunde entnommenen Muskel Alkohol und Aceton sich bilden sah. Da keine Durchblutung des Gewebes mehr stattfindet, können natürlich die Spaltungsprodukte des Zuckers im Muskel nicht so verbrannt werden wie im lebenden Körper, oder nur ganz allmählich. Maignon hat gefunden, daß nach einiger Zeit der Alkohol wieder verschwand, während das Aceton noch lange vorhielt. Das Vorkommen von Alkohol im Regen wird natürlich sehr wechseln, je nachdem Ost-, West- oder Südwind ihn bringt. Nur der Südwind dürfte aus den unendlichen Urwäldern des tropischen Afrikas Alkohol aufweisen, der dort durch die massenhaften Verwesungs- und Atmungsprozesse entstanden und von den hoch aufsteigenden Luftströmen weggeführt wurde. Auch Grundwasser, namentlich von Waldböden stammend, kann Alkohol aufweisen. Bei der Herstellung destillierten Wassers kann es dann vorkommen, daß der erste Ballon etwas reichlicher Alkohol bekommt und daß gerade in ihm auffallend viel Bakterien sich ansiedeln. Auf diese C-Quelle hat man meines Wissens noch nicht geachtet, vielmehr meist Korkmehl u. dgl. für das zahlreichere Auftreten von Bakterien verantwortlich gemacht. Letztere werden allerdings keine Fettsäuren sein, denn diese würden kein kräftigeres Wachstum aufnehmen können.

Es erscheint mir zweckmäßig, durch umstehende Abbildungen meine Ausführungen näher zu erläutern. [A. 32.]

Normaltemperatur: + 20° C. Eine erfreuliche Vereinbarung.

Von Dr. FRIEDRICH AUERBACH, Berlin.

(Eingeg. 10./2. 1922.)

Der Deutsche ist im allgemeinen kein Freund der Gleichmacherei. Er schätzt die hohen Werte, die in den besonderen Eigentümlichkeiten, Gewohnheiten oder Liebhabeereien einzelner Personen, einzelner Berufe, einzelner Volksstämme liegen, und freut sich der dadurch hervorgerufenen Buntheit und Vielgestaltigkeit der menschlichen Einrichtungen. Wo aber wirtschaftliche Gesichtspunkte eine Rolle spielen, da wird eine solche Mannigfaltigkeit leicht zum Luxus, zur Verschwendung von Geisteskräften, Rohstoffen, Arbeitsmitteln, Arbeitsstunden, Geld oder Geldeswert — kurz zur Vergeudung von Energie. Und namentlich seit der unglückliche Krieg seine verheerende Folgewirkung auf die Wirtschaft des einzelnen und der Gesamtheit entfaltet, hat sich die Erkenntnis von der Wichtigkeit der Vereinheitlichung, der „Normalisierung“ oder „Typisierung“ auf den verschiedensten Gebieten immer zwingender durchgesetzt. Es sei nur an die umfassende und erfolgreiche Tätigkeit des Normenausschusses der deutschen Industrie erinnert.

Ähnliche Bestrebungen auf einem beschränkteren, zur wissenschaftlichen und technischen Forschung und Lehre gehörigem Gebiete verfolgt schon seit 15 Jahren der „Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen“. Unter den Aufgaben, die dieser aus einer großen Reihe technischer, physikalischer und chemischer Gesellschaften gebildete AEF sich bereits vor dem Kriege gestellt hatte¹⁾, befand sich auch die Festsetzung einer einheitlichen „Normaltemperatur“. Wie not hier eine Vereinheitlichung tut, ist dem praktischen Chemiker nur zu gut bekannt. In der Begründung zu dem entsprechenden Entwurfe des AEF aus dem Mai 1914²⁾ heißt es darüber:

„Da es zu den Aufgaben der Physik und Chemie gehört, die Eigenschaften und Wirkungen der verschiedenen Stoffe und Energien unter den verschiedensten Bedingungen zu ermitteln, so werden die Messungen naturgemäß bei den verschiedensten Temperaturen, bis zu den tiefsten und höchsten überhaupt erreichbaren, ausgeführt. Aber auch innerhalb des engen Gebietes, das man als Zimmertemperatur bezeichnet und etwa von + 15° bis + 25° C rechnen kann, herrscht die größte Mannigfaltigkeit in den für physikalische und chemische Messungen verschiedener Art bevorzugten Temperaturen. Das gilt selbst für amtliche Vorschriften.“

So ist in der 5. Ausgabe des Deutschen Arzneibuches für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes als Normaltemperatur 15° vorgeschrieben, für die Messung der Drehung des polarisierten Lichtes 20°, für Tropfenzähler wieder 15°, während unter „Zimmertemperatur“ 15–20° verstanden sein soll. In den Ausführungsbestimmungen zum Zuckersteuergesetz ist 20° als Normaltemperatur festgesetzt, in der Weinzollordnung und in der Anweisung zur chemischen Untersuchung des Weines 15°. Auch in der Alkoholometrie gilt 15° als Normaltemperatur. Nach der amtlichen Anweisung zur chemischen Untersuchung von Fetten soll die Refraktion von Ölen bei 25° gemessen werden, während für die refraktometrische Prüfung der Milch 17,5° üblich ist.

Ebenso groß ist die Verschiedenheit der angewandten Temperaturen bei rein wissenschaftlichen Messungen. Von Eigenschaften, die ihrer Natur nach bei sehr vielen Temperaturen bestimmt werden müssen, wie Löslichkeit, spezifische Wärme und ähnlichen, soll dabei ganz abgesehen werden. Aber auch für Dichtemessungen gibt es keine be-

vorzugte Temperatur mit Ausnahme der Gasdichte, für die 0° die allgemeine Normaltemperatur darstellt. So werden die Volumina gläserner Maßgefäße meist bei 18°, 17,5° oder 15° bestimmt. Die Polarisationsdrehung wässriger Lösungen wird vorwiegend bei 20°, die Viskosität solcher meist bei 25°, chemische Gleichgewichte und Reaktionsgeschwindigkeiten werden bei 15°, 18°, 20°, 25° und anderen Temperaturen gemessen. Verhältnismäßig große Übereinstimmung herrscht bei der Bestimmung des elektrischen Leitvermögens wässriger Lösungen, für das im Gebiet der Zimmertemperatur nach dem Vorgange von Kohlrausch 18° oder nach dem von Ostwald 25° als Normaltemperatur benutzt wird. Von den galvanischen Normal-elementen ist bekanntlich das Clarkelement auf 15°, das Cadmium-element auf 20° bezogen.

Es ist klar, daß diese Verhältnisse Unzuverlässigkeiten mit sich bringen. Die für eine Temperatur geeichten Maßgefäße oder Geräte können bei genauen Messungen nicht ohne weiteres für andere Temperaturen benutzt werden. Für Anbringung von Korrekturen wegen der Temperaturverschiedenheit fehlen häufig genaue Unterlagen. Oft wird der Beobachter veranlaßt, seine Untersuchungen bei einer anderen als der gewünschten Temperatur zu machen, nur weil er sich nach der Temperatur richten muß, für die gewisse Eigenschaften der benutzten Stoffe schon früher gemessen worden sind.

Das Bedürfnis für eine Vereinheitlichung war also unbestreitbar, und es fragte sich nur, welchen Temperaturpunkt man als allgemeine „Normaltemperatur“ herausgreifen sollte. Hierfür kamen nicht theoretische Erwägungen — in keinem Naturgesetz, keiner allgemeinen oder besonderen stofflichen Eigenschaft sind 15°, 17,5°, 18°, 20° oder 25° ausgezeichnete Punkte —, sondern lediglich Zweckmäßigkeitsgründe in Betracht. Dabei galt es, nicht nur den Bedürfnissen der Chemiker, sondern ebenso denen der Physiker, Elektrotechniker, Maschineningenieure usw. zu entsprechen. Denn es wäre natürlich nur ein halber und höchst unerwünschter Schritt gewesen, wenn etwa für die Maßgefäße der Chemiker 15°, für die elektrischen Widerstandssätze (die doch auch von den Chemikern gebraucht werden) 20° als Bezugstemperatur festgesetzt worden wäre. Für 20° sprach außer dem Umstand, daß diese Temperatur bereits von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission vereinbart worden war, besonders die Überlegung, daß die Temperatur der Laboratoriumsräume häufig an 20° heranreicht, und daß es bequemer ist, einen Thermostaten durch Erwärmung als durch Kühlung auf die gewünschte Temperatur zu bringen. So einigte sich schon im Mai 1914 der AEF auf 20°, und gegen diesen, durch die Fachzeitschriften zur allgemeinen Erörterung gestellten Vorschlag ist von keiner Seite Widerspruch erhoben worden. Vielmehr hat vor kurzem auch der Normenausschuß der Deutschen Industrie 20° als Bezugstemperatur für Meßwerkzeuge und Werkstücke festgesetzt. Ja sogar auf internationale Annahme hat die Vereinbarung begründete Anwartschaft: auf der im vorigen Sommer unter deutscher Beteiligung abgehaltenen Sitzung des Internationalen Komitees für Gewichte und Maße in Paris ist die Festsetzung von 20° als Normaltemperatur nur aus dem äußerlichen Grunde aufgeschoben worden, weil Frankreich den Begriff „Normaltemperatur“ für die Temperatur des schmelzenden Eises, die unter anderem der Definition des internationalen Meter-Prototyps zugrunde liegt, vorbehalten wissen wollte, während im Gebiete der Zimmertemperatur ein anderer Punkt als 20° von keiner Seite bevorzugt wurde.

So war es in jeder Weise gerechtfertigt, daß der AEF in seiner letzten Vollsitzung am 26. November 1921 die frühere Wahl aufrechterhielt und den Satz über Normaltemperatur endgültig in folgender Fassung beschloß:

Normaltemperatur.

Die Eigenschaften von Stoffen und Systemen sind tunlichst bei einer bestimmten einheitlichen Temperatur zu messen oder für eine solche zu berechnen und anzugeben. Als Normaltemperatur ist + 20° C zu wählen, sofern nicht besondere Gründe für die Wahl einer anderen Temperatur vorliegen.

Auf die gleiche Temperatur sind, wenn nicht besondere Gegenstände vorliegen, die Angaben der Maßgefäße, Meßgeräte und Meßwerkzeuge zu beziehen.

Unberührt bleiben die Temperatur 0° in der Festlegung der Maßeinheiten „Meter“ und „Ohm“, der Druckeinheit „Atmosphäre“ sowie bei Barometerangaben; die Temperatur 4° in der Festlegung der Maßeinheit „Liter“ und für Wasser als Vergleichskörper bei Dichtebestimmungen.

Über die natürlichen Einschränkungen dieser Festsetzung heißt es in der Begründung:

„Es versteht sich von selbst, daß der Physiker und Chemiker auch weiterhin bei wissenschaftlichen Forschungsarbeiten sich in den seltensten Fällen mit Messungen bei einer einzigen Temperatur begnügen wird, da er auch den Temperaturverlauf der betreffenden Werte zu ermitteln streben wird. Doch erscheint es entbehrlich, hierfür bestimmte Vorschläge zu machen. Es genügt, wenn die Messungen dieser Art jedenfalls unter anderem auch bei 20° vorgenommen werden, und wenn diese letztere Temperatur bei praktischen Messungen, z. B. bei technischen Prüfungen, bei Analysen usw. allgemein angewandt wird.“

Es versteht sich weiter von selbst, daß Fälle denkbar sind, in denen besondere Gründe für die Wahl anderer Temperaturen sprechen. Solche Fälle, in denen man sogar notwendigerweise die Bezugstemperaturen 0° und 4° beibehalten muß, sind oben aufgeführt.

¹⁾ AEF. Verhandlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen in den Jahren 1907–1914. Herausgegeben im Auftrage des AEF von Dr. Karl Strecker. Berlin, Springer. 1914.

²⁾ Von Fr. Auerbach, G. Dettmar, Eugen Meyer und K. Scheel, ebenda, S. 38 sowie Z. f. Elektrochem. 20, 583 [1914].