

# WECHSELBEZIEHUNGEN ZWISCHEN TECHNISCHEM EINFLUSS UND BIOCHEMISCHER REAKTION IM LEBENSMITTEL\*

Von

F. KIERMEIER

Institut der Technischen Universität München in Weihenstephan\*

Eingegangen am 15. September 1972

## 1. Lebensmittelchemie, Lebensmitteltechnologie und Biochemie als Grunddisziplin der Lebensmittelforschung

Die Lebensmitteltechnologie hat die Aufgabe, das landwirtschaftliche Produkt zum Lebensmittel zu transformieren. Sie ist somit ein Grenzgebiet, denn je nach der Betrachtungsweise betreut diese Transformation vom Verfahren her der Ingenieur und vom Substrat her der Lebensmittelchemiker. Bei der Umwandlung des Getreides in Brot, der Traube in Wein, des Muskels in Wurst, sieht man zunächst keine Relation zwischen Ausgangs- und Endprodukt — mit Ausnahme der Wissenschaft und der Fachinstitute. Die Lebensmittelchemie betrachtet im allgemeinen im Rahmen ihrer Aufgabenstellung nur das Endprodukt. Diese »statische« Betrachtungsweise hat, wie es TÄUFEL [1] ausdrückt, Einseitigkeit in der Lebensmittelchemie und in der Arbeitsrichtung der Lebensmittelchemiker in der Vergangenheit mit sich gebracht. Moderne biochemische Fragestellungen bei der Behandlung und Lagerung der Lebensmittel, also bei bedeutsamen lebensmitteltechnologischen Einflüssen, zwingen uns aber, wie SCHORMÜLLER [2] sagt, zur funktionellen dynamischen Analyse bzw. Betrachtungsweise. Denn das Lebensmittel ist nicht nur ein komplex zusammengesetztes Stoffgemisch [1], sondern sein Verhalten spiegelt in der Hand des Verteilers und Verbrauchers die lebensmitteltechnologische Behandlungsweise ebenso wieder wie die biochemische Reaktion des landwirtschaftlichen Produktes in der Ausgangsstufe. Die Zusammensetzung eines Lebensmittels ist daher nicht nur das Ergebnis der technischen Aufbereitung, sondern ebenso der Physiologie seiner Entstehung, die normal oder unter gestörten physiologischen Verhältnissen vor sich gehen kann. Letztlich sind hier die Ursachen für die Entstehung normaler und anomaler Lebensmittel zu suchen. Zur Erkenntnisbildung war hierfür eine Synthese in der Forschung zwischen Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie bzw. Verfahrenstechnik notwendig; sie ist auch in Deutschland weitgehend vollzogen, notwendig ist

\* Vorgetragen am 15. Mai 1972 im Lehrstuhl für Lebensmittelchemie der Technischen Universität Budapest.

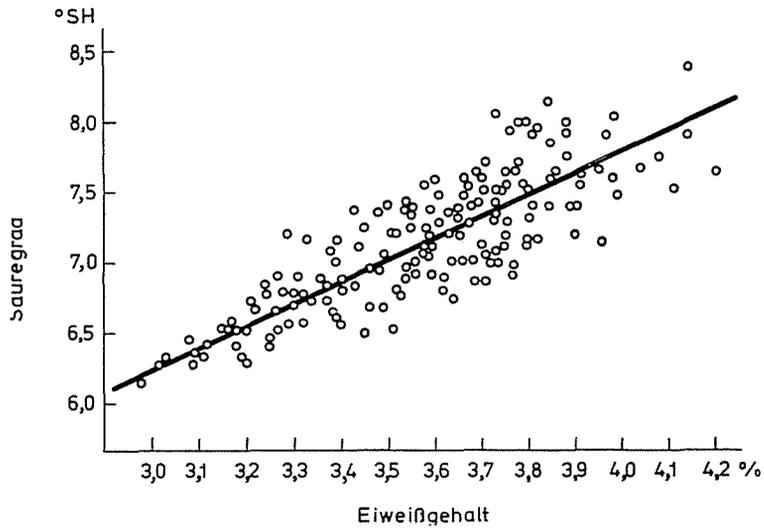


Abb. 1. Einfluß des Eiweißgehaltes der Milch auf deren Säuregrad

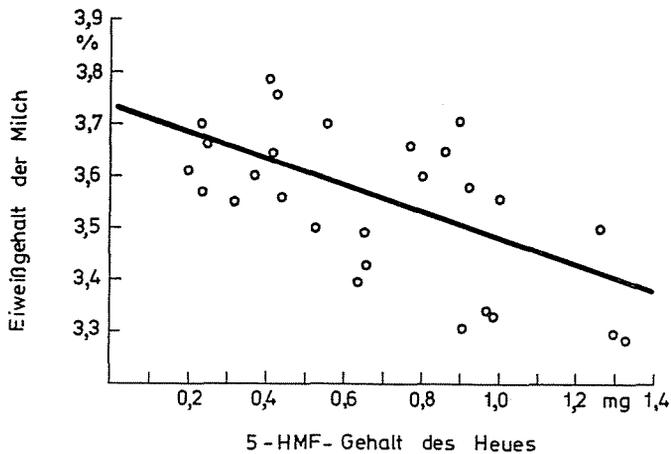


Abb. 2. Einfluß des Hydroxymethylfurfurolgehaltes des Heus auf den Eiweißgehalt der Milch [4]

aber eine engere Bindung zu den Landbauwissenschaften. Denn die Haltbarkeit der Lebensmittel und die Eigenschaften der Lebensmittel, wie z. B. Geschmack, sind letztlich auf die biochemische Reaktion des landwirtschaftlichen Produkts zurückzuführen. Oder anders ausgedrückt: Die Matrize für das biochemische Geschehen im Endprodukt — dem Lebensmittel — wird bereits bei dessen Entstehung geprägt. Biochemische Gesetzmäßigkeiten steuern also das Schicksal unserer Lebensmittel. Die modernen Disziplinen der Agrikulturchemie, wie Pflanzen- und Tierernährung planen durch Rassen- und Sortenwahl, und durch Futter und Düngung die qualitative Zusammensetzung unserer Lebensmittel. Sie verändern damit, gewissermaßen ohne Rück-

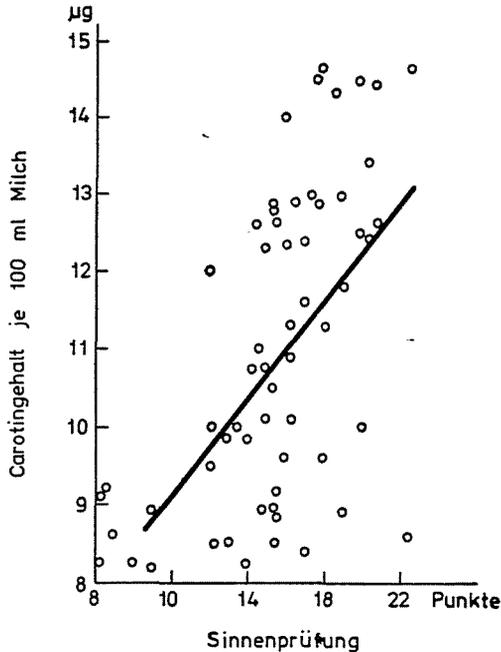


Abb. 3. Einfluß der Bräunung des Heus, charakterisiert durch die Sinnenprüfung, auf den Carotingehalt der Milch [4]

frage bei der Lebensmittelchemie, die Norm. Wenn z. B. in noch stärkerem Ausmaß Rinderrassen selektiert werden, deren Milch einen hohen Eiweißgehalt aufweist, so kann diese unter Umständen als Trinkmilch nicht mehr verkehrsfähig sein, da sie die heute üblichen Normen im Soxhlet-Henkel-Grad überschreitet, obwohl sie nicht sauer ist und physiologisch gesehen, aufgrund des höheren Eiweißgehaltes, wertvoller ist.

Von der Perspektive des Lebensmittelchemikers ist nur ein Bestandteil geändert worden. Da es sich bei Lebensmitteln aber um eine physiologisch-chemische Substanz handelt, die aus einer organisierten lebenden Substanz entstanden ist [1], kann nicht »willkürlich« und als Einzelercheinung ein Bestandteil vermehrt oder vermindert werden, ohne daß sich das biochemische Geschehen im Lebensmittel an vielen Stellen ebenfalls ändert; d. h., die Veränderung einer biochemischen Reaktion muß zwangsläufig Änderungen in der gesamten Stoffwechsel-Kette mit sich bringen. Verlange ich z. B. von Hühnern eine höhere Eierproduktion, so ist mit einer wesentlich höheren Bruchgefahr der Schale zu rechnen, wie die Erfahrungen gezeigt haben. Aufgrund unserer begrenzten Einsicht in das biochemische Geschehen unserer Lebensmittel neigt man leicht dazu, die Veränderung eines Bestandteiles unmittelbar mit einem biochemischen oder lebensmitteltechnologischen Einfluß zu korrelieren, ihn isoliert herauszustellen, ohne die mögliche Vielgleisigkeit des biochemischen

Geschehens im Lebensmittel zu berücksichtigen. Füttere ich beispielsweise Heu, das eine mehr oder minder starke Maillard-Reaktion aufweist, so beeinflußt dies den Eiweißgehalt der Milch stark, gleichzeitig werden aber Carotin- und Fettgehalt und die Jodzahl des Fettes ebenfalls geändert [4].

So wie bei den Eiern die erhöhte Bruchgefahr der Schale auf Änderungen im biochemischen Geschehen sinnfällig hinweist, so müssen Änderungen in der chemischen Zusammensetzung eines Lebensmittels biochemische Umstim-

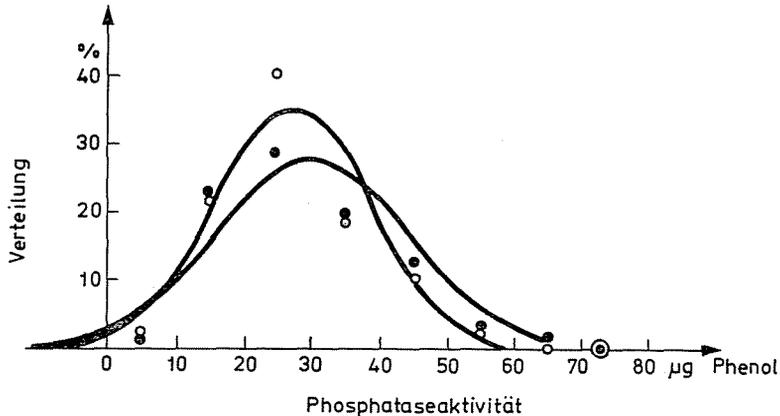


Abb. 4. Über die Häufigkeit bestimmter Aktivitäten der alkalischen Phosphatase in Milch [6]

mungen vorausgehen. Ob damit »Bruchgefahren« in der Reifung, Alterung, Haltbarkeit für das einzelne Lebensmittel bestehen, gehört zu den Zielsetzungen moderner Lebensmittelforschung biochemischer Richtung.

Daraus entsteht die Problematik, wie weit ist die Zusammensetzung eines Lebensmittels normal, wie weit anomal? Oder wenn wir in unsere Frage das Ausgangsprodukt einbeziehen: Ist die biochemische Reaktion physiologisch oder bereits unphysiologisch [1]? Als Hilfestellung für diese Entscheidungen haben wir bisher die Gaußsche Normalverteilungskurve genommen, alles was außerhalb der  $3\sigma$ -Grenze lag, schien außerhalb der Norm. Wie weit gilt dies aber für eine biochemische Reaktion? Wenn ich z. B. beurteilen soll, ob die innerhalb der Normalverteilung liegenden Werte für die alkalische Phosphatase der Milch noch physiologisch sind oder nicht, so kann die Antwort nicht eindeutig sein, weil dieses Enzym auf Stoffwechselstörungen außerordentlich empfindlich reagiert, wie wir aus der Verwendung dieses Enzyms für die klinische Diagnostik wissen [5]. Wenn z. B. bei Milch eine solch weite Streuung in der Aktivität der alkalischen Phosphatase zu verzeichnen ist (vgl. Abb. 4), so sind wir unsicher in der Beurteilung, innerhalb welchen Bereiches der Normalverteilung die Enzymaktivität als normal anzusprechen ist,

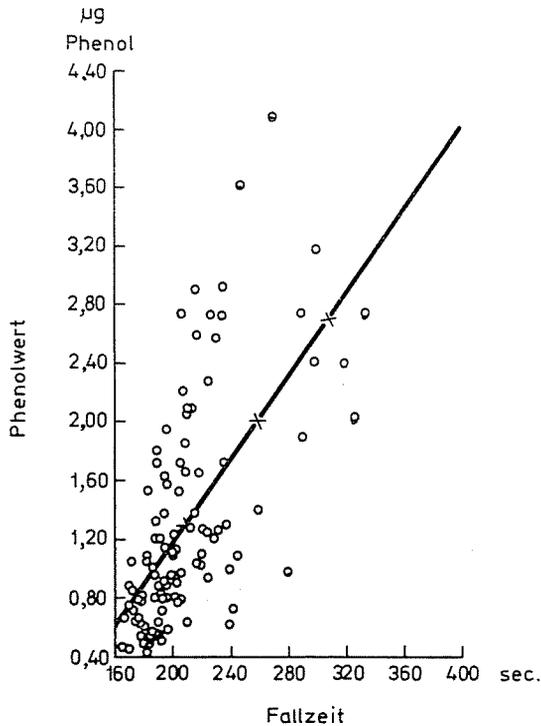


Abb. 5. Einfluß der Euterentzündung\* auf das Vorkommen der alkalischen Phosphatase in Milch (7)

um so mehr, als wir durch eigene Versuche wissen, daß schon geringe Entzündungen des Euters die Aktivität für alkalische Phosphatase außerordentlich erhöhen (Abb. 5).

Dieses Beispiel weist eindringlich darauf hin, den Werdegang eines Lebensmittels als eine Ganzheit zu betrachten, sonst erhält man nur eine *Momentaufnahme* von seinem Auf-, Um- oder Abbau. Oder anders ausgedrückt: Die Biochemie gehört zu den Grunddisziplinen der Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie.

## 2. Technische Einflüsse auf biochemische Reaktionen im Lebensmittel

Bei der technischen Behandlung der Lebensmittel, d. h., bei der Transformation des landwirtschaftlichen Produkts mit den Mitteln der Lebensmitteltechnologie und der Verfahrenstechnik, greife ich gleichsam wie bei einer Operation in das biochemische Geschehen mehr oder minder radikal ein, wobei

\* Je länger die Fallzeit, um so stärker die Euterentzündung; zwischen 160—180 sec: normal; > 290: stark positiver Schalmtest.

nicht die Tiefe der Einwirkung das Entscheidende ist, sondern ob dadurch eine Reaktion gestartet wird und ob deren Reaktionsprodukte vom Menschen mit seinen Sinnen erfaßt werden; d. h. nicht allein der Reaktionsausschlag ist maßgebend, sondern ob der Mensch prädestiniert ist, ihn zu bemerken. So reagiert unser Geschmack bekanntermaßen auf das Freiwerden von Capronsäure in einem Lebensmittel rund 1000—10 000mal empfindlicher als auf das Freiwerden von Palmitinsäure.

In welchem Ausmaß zunächst wenig tiefgehende Eingriffe in das Lebensmittel den Stoffwechsel ankurbeln, zeigten Beobachtungen über den Einfluß des Schälen von Sonnenblumenkernen, die sich aufgrund unserer Erfahrungen auch auf Nüsse und Ölsaaten ohne weiteres übertragen lassen. Durch das Schälen erhöht sich der Säuregrad in einem vergleichbaren Zeitraum um das 30-fache (8) wofür der Luftsauerstoff mit der gleichzeitig vorhandenen Chlorogensäure und Peroxydase verantwortlich zu sein scheint. Schon das Ausschalten eines Partners in diesem biochemischen Geschehen genügt, um die Reaktionskette zu unterbrechen, was am leichtesten durch die Hitzeinaktivierung der Peroxydase geschieht. Der Wegfall der Schale, die ja das eigentliche Lebensmittel nicht betrifft, genügt also, um eine sehr aktive Reaktionskette in Gang zu bringen. Gleiche Erfahrungen liegen bei der sichtbaren Veränderung durch Verfärbung von Kartoffeln, Äpfeln und Pfirsichen nach dem Schälen vor. Da die Erscheinungen des Stoffwechsels im wesentlichen unter der katalytischen Wirkung von Enzymen vorsichgehen, sind alle Beobachtungen über Enzymvorgänge in Lebensmitteln, genau so wie in der dynamischen Biochemie, von maßgeblichem Gewicht. Alle Verfahren, die Enzymvorgänge ausschalten, dominieren daher bei der lebensmitteltechnologischen Behandlung von Lebensmitteln: beim Blanchieren von Obst, und Gemüse, beim Präparieren von Haferflocken, beim Pasteurisieren von Obst- und Gemüsesäften.

Sobald durch technische Einflüsse, wie Quetschen, Mahlen und Zerkleinern die nebeneinander liegenden, gleichsam ruhenden Reaktionspartner in Wechselwirkung treten können, sind mannigfache Umsetzungen zu erwarten. Das zunächst physiologisch geordnete Stoffgemisch, das sich selbst reguliert hat und sich selbst wie in einem ruhenden Samen auf einem niedrigen *Reaktionspotential* hält, erhält ein erhöhtes Reaktionsniveau. Durch die Umweltbedingungen Licht, Luftsauerstoff und Luftfeuchtigkeit kann es verstärkt werden. Hierbei können, wie beim Schälen, nicht vorausschaubare Umsetzungen eintreten, wie z. B. die Biosynthese von Ascorbinsäure in Äpfeln nach dem Zerschneiden (9). In dem nicht Vorausschaubaren liegt aber das Eingeständnis, daß wir auch in der wissenschaftlichen Forschung der Lebensmitteltechnologie zu sehr auf das Endergebnis schauen, ohne uns darum zu kümmern, wie die biochemischen Zwischenstationen der technischen Behandlung aussehen. Das führt zwangsläufig auch für die Lebensmitteltechnologie in einen Engpaß. Was zunächst als Fortschritt scheint, ist ein Ausweichen. Man kann die tech-

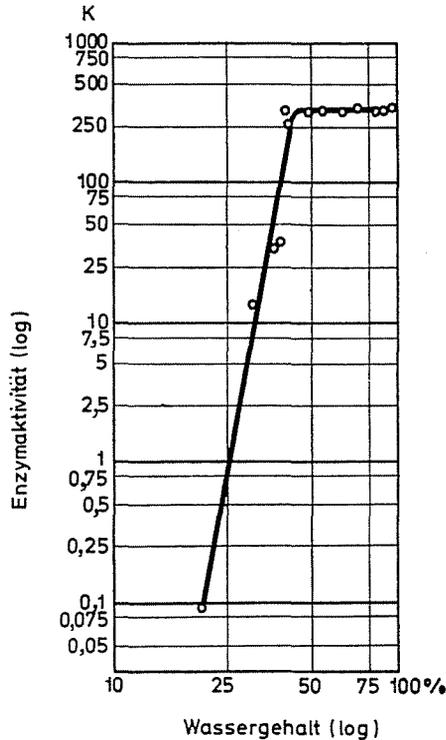


Abb. 6. Einfluß des Wassergehaltes auf die Reaktionsgeschwindigkeit von Amylase in Stärke-Wasser-Gemischen. (Temp. 37 °C, Reakt. Zeit 2min bis 210 Tage; jeder Kurvenpunkt: Mittelwert aus 20 Einzelwerten) (10)

nische Entwicklung, die bei der Lebensmittelkonservierung vom Kühlen zum Gefrieren, zum Schnellgefrieren, zum Gefrieren bei noch tieferen Temperaturen, dann zum Trocknen mit modernen Systemen und neuerdings die Entwicklung zum Gefriertrocknen auch unter dieser Perspektive sehen. Durch alle diese Prozesse ist es zwar möglich, die biochemischen Reaktionen im Lebensmittel zu vermindern bzw. fast bis auf Null zu reduzieren, aber ein Rest von Enzymaktivität bleibt immer.

Durch Senken der Temperatur von +20 °C auf -20 °C beträgt die Reaktionsgeschwindigkeit vielleicht nur noch 1/10 bis 1/100 der ursprünglichen Geschwindigkeit. Bei den heute üblichen Umschlagzeiten von 3—6 Monaten vieler verpackter Lebensmittel genügt aber eine solche Restaktivität, um Qualitätseinbußen hervorzubringen. Auch bei getrockneten Lebensmitteln wurde die gleiche Erfahrung gemacht, denn selbst in pulverigen Lebensmitteln waren bei sehr geringen Wassergehalten, die relativen Luftfeuchtigkeiten von 30—50% entsprachen, noch Enzymaktivitäten zu beobachten.

ACKER [11] hat durch seine zusammenfassenden und vergleichenden Betrachtungen (300 Literaturstellen) wahrscheinlich gemacht, daß es sich um

eine allgemeine Gesetzmäßigkeit handelt. Daraus ergab sich als technische Folgerung, daß die Verpackung für Lebensmittel immer wasserdampfdichter werden mußte.

Und ebenso steigerten sich die Anforderungen beim Erhitzen der Lebensmittel. Zunächst genügte beim Erhitzen der Milch die Dauerpasteurisierung bei 65 °C, sie wurde bei der Kurzzeit-Pasteurisierung auf 71–74 °C und bei der Hoherhitzung schließlich auf 85 °C erhöht. Inzwischen neigt man aufgrund der praktischen Erfahrungen dazu, die ursprüngliche Temperatur von 71–74 °C vorzuziehen. Bei Rahm für die Butterherstellung hat man die Forderung auf 105–110 °C geschraubt. Sicherlich werden hierbei die meisten Enzyme geschädigt, aber Restaktivitäten verbleiben fast immer im Lebensmittel, erst recht bei besonders hitzestabilen Enzymen, wie der sauren Phosphatase [12], die bei den üblichen Erhitzungsverfahren zu rund 4/5 erhalten bleibt und noch bei 150 °C meßbar ist. Die Ribonuclease hält sogar die Bedingungen der modernen Ultrahoherhitzungsverfahren aus [13].

Man muß sich vor der irrigen Vorstellung hüten, daß die lebensmitteltechnologischen Bedingungen nur recht scharf zu sein brauchen, um die gesamte Enzymaktivität zu vernichten. Es konnte belegt werden, daß Enzyme in Brot, in geröstetem Hafer, in hoherhitztem Rahm und in Karamelbonbons vorhanden sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß der Einfluß der technischen Behandlung nur der bekannteren Enzyme verfolgt worden ist. Mit Sicherheit gibt es noch andere hitzestabilere Enzyme, wobei unter Umständen das Milieu, wie z. B. hoher Fettgehalt oder niedriger Wassergehalt, auch die Inaktivierung labilerer Enzyme verhindern kann, wie ich in Modellversuchen mit Katalase belegen konnte [14].

Zusammenfassend ergibt sich, daß durch jede technische Behandlung die biochemische Reaktion im Lebensmittel beeinflusst wird und daß die Intensität der Behandlung nicht die Sicherheit gibt, biochemische Reaktionen im Lebensmittel zum Stillstand zu bringen.

### 3. Biochemische Einflüsse auf das technische Verhalten der Lebensmittel

Die Unzulänglichkeit der bisherigen Betrachtungsweise offenbart sich weiterhin dadurch, daß dem biochemischen Einfluß auf das technische Verhalten der Lebensmittel zu wenig oder gar keine Beachtung geschenkt worden ist. Ich möchte die Gefahren dieser Arbeitsweise am Beispiel der Sulfhydrylgruppenabspaltung beim Erhitzen der Milch erläutern (Abb. 7).

Wären nur wenige Milchproben untersucht worden, dann kann ich zu der Feststellung kommen, daß die Abspaltung von Sulfhydrylgruppen bei 80 °C unbedeutend, ja fast null ist, oder umgekehrt, daß sie sehr groß ist. Das lebens-

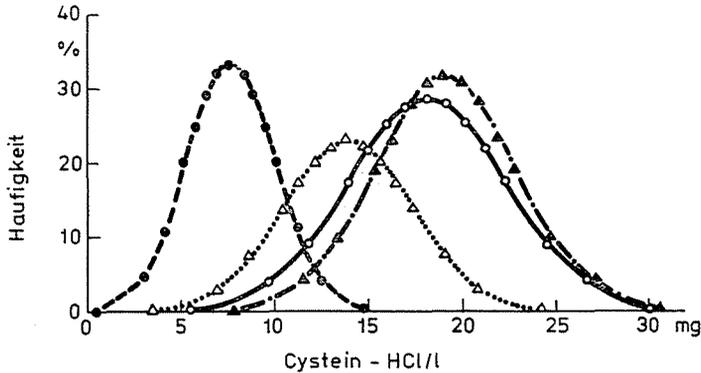


Abb. 7. Einfluß der Erhitzung auf die Abspaltung von Sulfhydrylgruppen bei 40 verschiedenen Milchproben [15]

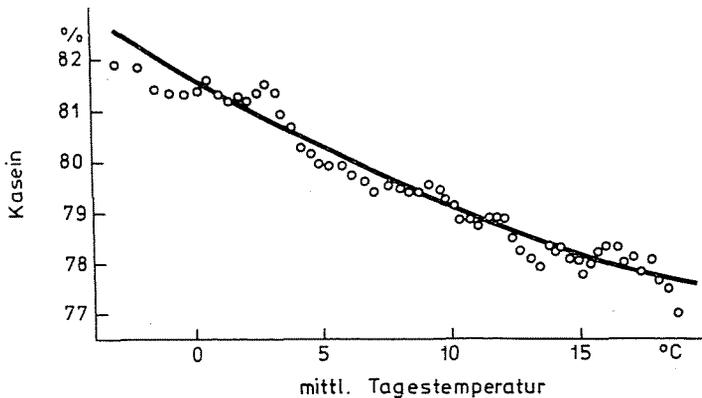


Abb. 8. Einfluß der mittleren Tagestemperatur auf den Caseingehalt der Milch [16]

mitteltechnologische Schrifttum strotzt daher von Widersprüchen, weil man der Variation der biochemischen Reaktion im landwirtschaftlichen Produkt als Urprodukt des Lebensmittels nicht gerecht geworden ist. Das ist aber eine der unabdingbaren Voraussetzungen lebensmitteltechnischer Untersuchungen. Die statistische Behandlung des Versuchsmaterials ist kein Beruhigungsmittel, selbst bei einer Vielzahl von Proben nicht. Man vermag vielleicht bei Lebensmitteln, wie Salz, Zucker u. ä. zu einwandfreien Feststellungen kommen, wenn aber biochemische Einflüsse übergeordnet sind, dann sind Jahreszeit und Klima, um nur 2 der wichtigeren Faktoren zu nennen, zur Zeit der Entstehung des landwirtschaftlichen Produkts für die Eigenschaften des späteren Lebensmittels von ausschlaggebender Bedeutung. Zwei Beispiele sollen dies belegen (Abb. 8 u. 9).

Ob sich daraus technologische Folgen, insbesondere für die Käseerzeugung, ergeben, vermögen wir noch nicht zu ermessen.

In welchem Ausmaß Faktoren der Tier- und Pflanzenernährung, wie Futter- oder Düngemittel, Boden, Standort oder Herkunft, Antibiotika, Pflanzenschutzmittel oder Medikamente die biochemische Reaktion im Lebensmittel beeinflussen und welche Folgen diese für die technische Verarbeitung haben, vermögen wir noch nicht abzuschätzen. Das Lehrbuch der Lebensmittelchemie von SCHORMÜLLER [2] gibt hier fast bei jeder Lebensmittelgruppe Hinweise, z. B. die Bedeutung magerer Rinder für die Wurstbrätbereitung [2, S. 264] und die Behandlung von Kühen mit Antibiotika gegen Euterentzündung und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Joghurtherstellung.

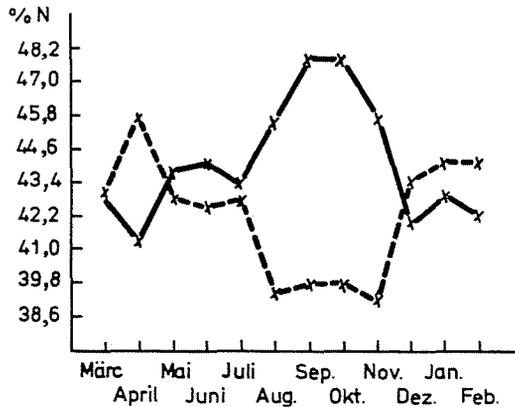


Abb. 9. Einfluß der Jahreszeit auf den Gehalt an essentiellen und nichtessentiellen Aminosäuren des Caseins [17]

lung, oder der Vorteil der Fütterung der Kühe mit Silage wegen der dadurch erreichten Erhöhung des Carotingehaltes der Milch und der damit verknüpften Verbesserung der Konsistenz und der Haltbarkeit der aus dieser Milch hergestellten Butter.

Ebenso spielen Einflüsse der Sorte oder der Rasse für das biochemische Geschehen eine bedeutsame Rolle, die sich bei der technischen Behandlung bemerkbar machen; das Nichtbräunen mancher Pfirsiche beim Schälen und das Nichtbitterwerden mancher Apfelsinen bei der Saftbereitung sind einige der bekanntesten Beispiele. Überall müssen Varianten im biochemischen Geschehen des betreffenden landwirtschaftlichen Produktes vorhanden sein, die sich so einschneidend auf die technische Verarbeitbarkeit des Lebensmittels auswirken.

Weiterhin wird die biochemische Situation jedes einzelnen landwirtschaftlichen Produktes durch individuelle Einflüsse, wie Alter oder Alterung, Reife oder Reifung, Gesundheit oder Krankheit so nachhaltig verändert, daß schwere technische Fehler bei der Behandlung des Lebensmittels auftreten, ohne daß sich die lebensmittelchemische Zusammensetzung des Lebensmittels selbst zu ändern braucht. Bei Euterentzündungen der Kühe haben wir, von

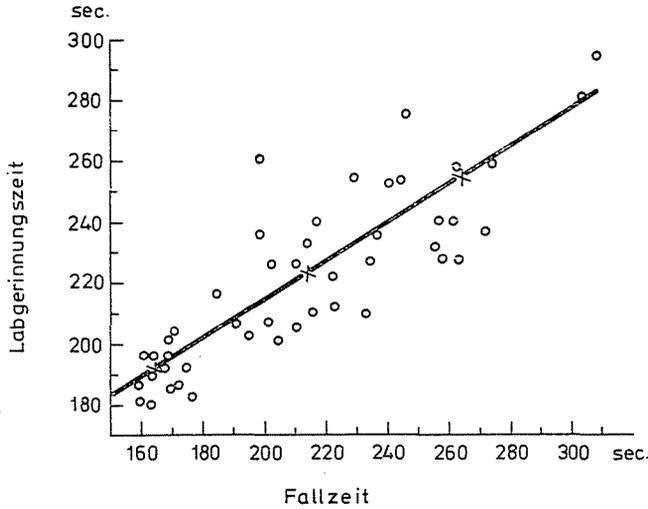


Abb. 10. Einfluß der Euterentzündung der Kühe auf die Labfähigkeit der Milch [18]

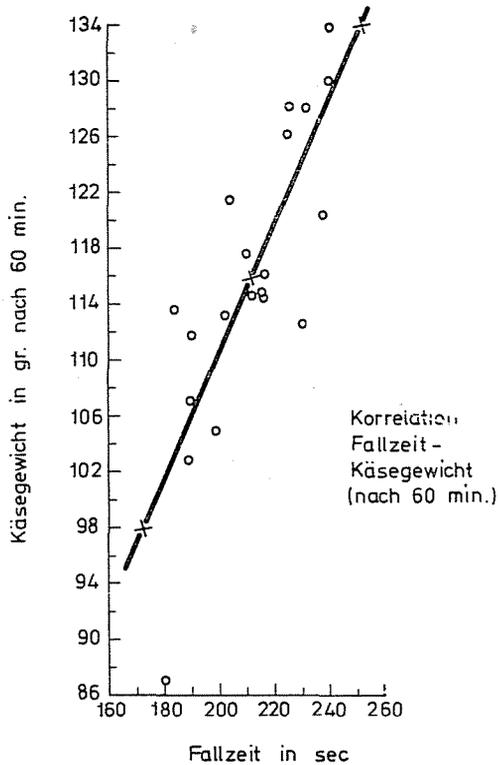


Abb. 11. Einfluß der Euterentzündung der Kühe auf das Käsegewicht der dafür verwendeten Milch [19]

schweren pathologischen Fällen abgesehen, keine oder nur geringfügige Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Milch feststellen können, aber die kolloidchemische Beschaffenheit des Eiweisses muß sich so nachhaltig verändert haben, daß solche Milch außerordentliche Schwierigkeiten bei der Verarbeitung zu Käse macht.

Zusammenfassend ergibt sich nun, daß jede Änderung in der biochemischen Reaktion des landwirtschaftlichen Produktes Folgen für die technische Behandlung, für die Technologie des Lebensmittels haben kann.

#### 4. Ausblick

Aus der Tatsache der Wechselwirkungen zwischen technischem Einfluß und biochemischer Reaktion im Lebensmittel und zwischen biochemischen Einflüssen und technischem Verhalten des Lebensmittels scheint sich für die Lebensmittelforschung eine bedrückend ausweglose Situation zu ergeben. Wenn man der klassischen Lebensmittelchemie vorgeworfen hat, daß sie nur Angaben über die Zusammensetzung der Lebensmittel gesammelt habe, ohne den Versuch zu machen, sie biochemisch zu verknüpfen, so muß man der Lebensmitteltechnologie vorhalten, daß sie lediglich Endreaktionen registriert hat, ohne nach biochemischen Gesetzmäßigkeiten zu suchen. Aus diesem Dilemma führen meines Erachtens drei Wege.

Den einen ist SCHORMÜLLER [20] bei seinen Untersuchungen zur Biochemie der Käsereifung gegangen. Hierbei werden an einem fertigen Lebensmittel alle biochemischen Reaktionsmöglichkeiten und Reaktionsrichtungen aufgezeigt, um in einer außerordentlich umfangreichen Detailarbeit eine Übersicht über das Stoffwechselgeschehen des betreffenden Lebensmittels zu gewinnen. In diesem Vorgehen liegt die Gefahr, daß man den lebensmitteltechnischen Einfluß und die biochemische Reaktion des Ausgangsproduktes als Konstanten einbaut. Man muß daher einen zweiten Weg, den des Modellversuches, anschließen, um den Einfluß der biochemischen Reaktion oder den der technischen Behandlung auf den Auf-, Um- und Abbau des Lebensmittels zu ermessen. Dadurch erzielt man Einblicke, wie eine bestimmte biochemische Reaktion oder eine einzelne technische Maßnahme sich auf ein Lebensmittel auswirken kann. Diesen Weg hat HEIMANN bei seinen Untersuchungen z. B. des Systems »Sauerstoff-Phenolase-Brenzcatechin-Hydrochinon« beschritten, die zu interessanten Folgerungen für die industrielle Gewinnung von Preßsäften aus schwarzen Johannisbeeren führten [21]. Es wurde also eine biochemische Reaktionskette herausgegriffen und ihr Ablauf durch Milieu- und Konzentrationsänderung der Reaktionspartner verfolgt. Die Allgemeingültigkeit solcher Feststellungen ist zwangsläufig begrenzt, weil mannigfache Effekten das biochemische Geschehen in verschiedenen Lebensmitteln zu ändern

Tabelle 1

Varianzanalytische Abgrenzung verschiedener Einflußmöglichkeiten auf den Fettgehalt der Milch [22]

Einflußmöglichkeit	Fettgehalt in %	Varianzquotient	Statistische Sicherung
<i>Jahreszeit</i>		25,47	+++
Dezember/Januar	4,00		
Februar/März	3,88		
April	3,79		
<i>Häckseln des Siliergutes</i>		13,69	+++
gehäckselt	3,92		
nicht gehäckselt	3,88		
<i>Standort</i>		11,77	+++
Tertiäres Hügelland	3,91		
Moosgebiete	3,87		
<i>Betriebsnote</i>		11,65	+++
Note 1	3,99		
Note 2	3,91		
Note 3	3,87		
Note 4	3,82		
<i>Silierzusatz</i>		9,18	+++
Futterzucker/Melasse	3,93		
Streusalze	3,87		
ohne Zusatz	3,91		
<i>Silagequalität</i>		8,70	+++
sehr gut	3,91		
gut/befriedigend	3,94		
mäßig/schlecht	3,85		
<i>Silageart</i>		6,99	+++
Mais/Rübenblatt	3,90		
Gras/Klee gras	3,90		
Klee	3,95		
Topinambur	4,04		
ohne Silage	3,85		
<i>Melkart</i>		9,06	++
Hand	3,93		
Maschine	3,88		

vermögen. Bei diesem zweiten Weg hat man den Einfluß der technischen Behandlung eliminiert und nimmt die chemische Zusammensetzung des Lebensmittels als konstant an.

Demgegenüber versucht man beim dritten Weg, sowohl die biochemische Reaktion als auch den technischen Einfluß in das Versuchsprogramm miteinzuschließen. Hierfür werden von der Entstehung des Lebensmittels bis zur Lagerung und zum Verbrauch des Lebensmittels möglichst viele analytische Daten und Einzelbeobachtungen gesammelt, z. B. für die Beziehung zwischen Silage und Milchqualität trugen wir 150 000 Einzeldaten zusammen, vgl. Tab. 1.

Die Beherrschung solch riesigen Versuchsmaterials ist nur durch Datenverarbeitung und Varianzanalyse möglich. Sie führen zu Ergebnissen, die zum Teil völlig unerwartet sind.

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in den zahlreichen Hinweisen über einzelne Beziehungen zwischen biochemischer Reaktion und technischem Geschehen. Der Gefahr, daß dies zu einer weiteren Datensammlung führt, ist dadurch zu begegnen, daß man die gefundenen Korrelationen durch gezielte Modellversuche unterbaut, wie sie uns durch die Wege 1 und 2 aufgezeigt worden sind. Daraus geht also hervor, daß nur die Kombination aller drei Arbeitsrichtungen zu allgemein gültigen Ergebnissen führen kann. Dessen sollte man sich bewußt sein, wenn man Wechselbeziehungen zwischen technischem Einfluß und biochemischer Reaktion im Lebensmittel verfolgen möchte. Dann, wenn dies geschieht, steht die Lebensmittelforschung vor einer neuen hoffnungsvollen Entwicklung.

### Zusammenfassung

Anhand von vielen praktischen Beispielen wird gezeigt, daß jede Änderung in der biochemischen Reaktion des landwirtschaftlichen Produktes Folgen für die technische Behandlung, für die Technologie des Lebensmittels haben kann. Aus diesen Wechselwirkungen zwischen technischem Einfluß und biochemischer Reaktion im Lebensmittel und zwischen biochemischen Einflüssen und technischem Verhalten des Lebensmittels ergibt sich für die Lebensmittelforschung eine ziemlich schwierige Situation, die nur auf dem Wege zu lösen ist, wenn zur Beantwortung der entstandenen Fragen sowohl die biochemische Reaktion als auch der technische Einfluß in das Versuchsprogramm miteingeschlossen werden. Hierfür sollten von der Entstehung des Lebensmittels bis zur Lagerung und zum Verbrauch desselben möglichst viele analytische Daten und Einzelbeobachtungen gesammelt und dann das riesige Versuchsmaterial durch Datenverarbeitung und Varianzanalyse ausgewertet werden. Nur eine solche Kombination aller möglichen Arbeitsrichtungen kann zu allgemeingültigen Ergebnissen führen und wird gleichzeitig die weitere Entwicklung der Lebensmittelforschung gewährleisten.

### Literatur

1. TÄUFEL, K.: Ernährungsforschung und zukünftige Lebensmittelchemie. Berlin: Akademie-Verlag 1950
2. SCHORMÜLLER, J.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Berlin—Göttingen—Heidelberg: Springer 1961
3. KIERMEIER, F.—RENNER, E.: Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forschung **113**, 119 (1960)

4. KIERMEIER, F.—WESSINGER, L.—RENNER, E.: *Milchwissenschaft* **20**, 404 (1965)
5. RICHTERICH, R.: *Enzymopathologie*. Berlin—Göttingen—Heidelberg: Springer 1958
6. KIERMEIER, F.—MEINL, E.: *Zschr. Lebensmittelunters. u. Forsch.* **114**, 189 (1961)
7. KEIS, K.: *Der Einfluß der Euterentzündungen auf die Qualität von Milch und Milchprodukten*. Dissertat. Techn. Univ. München
8. KIERMEIER, F.: *Biochem. Zschr.* **318**, 265 (1947)
9. BUYANOVSKY, D. S.—CHIKALOVA, E. L.: *Botan. Zschr.* **44**, 1324 (1959)
10. KIERMEIER, F.—CODURO, E.: *Biochem. Zschr.* **325**, 280 (1954)
11. ACKER, L.: *Advanc. Food Res.* **11**, 263 (1962)
12. KIERMEIER, F.—MEINL, E.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forsch.* **114**, 407 (1961)
13. KIERMEIER, F.—HUNDT, D.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forsch.* **141**, 76—84 (1969) —  
KIERMEIER, F.: *Dtsch. Molkerei Ztg.* **23**, 836 (1972)
14. KIERMEIER, F.—KÖBERLEIN, W.: *Biochem. Zschr.* **329**, 247 (1957)
15. KIERMEIER, F.—HAMED, M. S.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. Forsch.* **115**, 506 (1961)
16. KIERMEIER, F.—SCHUSTER, J.—RENNER, E.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forsch.* **132**, 276 (1967)
17. KIERMEIER, F.—KIRCHMEIER, O.: *Biochem. Zschr.* **337**, 519 (1963)
18. KIERMEIER, F.—KEIS, K.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forsch.* **125**, 96 (1964)
19. KIERMEIER, F.—KEIS, K.: *Milchwissenschaft* **9**, 79 (1964)
20. SCHORMÜLLER, J.—Mitarb.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forsch. in den Jahren 1953—1959: zahlreiche Arbeiten*
21. HEIMANN, W.—ANDLER, St.: *Zschr. Lebensmittel-Unters. u. Forsch.* **118**, 1 (1962)
22. KIERMEIER, F.—RENNER, E.: *Archiv Tierernährung* **14**, 375 (1964)

Prof. Dr. Friedrich KIERMEIER, TU München, Milchwissenschaftliches  
Institut, Weihenstephan, DBR