

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 70 (1979)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Messung der Farbe und Festigkeit von Lebensmitteln  
**Autor:** Grünewald, Th.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-983710>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

*Th. Grünewald*, Institut für Verfahrenstechnik der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

## Messung der Farbe und Festigkeit von Lebensmitteln

### Einleitung

Farbe und Festigkeit sind zwei Eigenschaften, welche die Qualität der Lebensmittel in besonderem Maße beeinflussen. Sie können vom Verbraucher in vielen Fällen ohne Meßgerät getestet werden. Es heißt, der Verbraucher kaufe mit dem Auge und mit dem Daumen. Dies ist einer der Gründe, weshalb man sich schon seit langer Zeit mit Farb- und Festigkeitsbestimmungen an Lebensmitteln befaßt, wobei man sich bei der Objektivierung der Meßmethoden die auf anderen Gebieten bei derartigen Messungen gewonnenen Erkenntnisse zunutze gemacht hat.

Ein anderer Grund dafür, Farbe und Festigkeit eines Lebensmittels objektiv zu erfassen, liegt darin, daß diese Eigenschaften auch für die Verarbeitung von Bedeutung sein können. Da sie durch die verschiedenen Be- und Verarbeitungsmethoden beeinflußt werden, können sie als Maß für die Prozeßoptimierung herangezogen werden.

### Farbmessungen

Der Austausch von Information über eine Farbe oder exakt ausgedrückt über eine Farbvalenz erfordert das Vorhandensein eines Farbsystems. Bei der Farbmeßtechnik bedient man sich meistens der auf dem CIE-System aufgebauten Farbsysteme, die den Vorteil haben, daß sie ineinander umrechenbar sind (1, 2). Die Farbmessung besteht darin, die drei Farbwerte zu ermitteln, durch die eine Farbvalenz definiert ist. Dies können die Normfarbwerte sein oder in diese umrechenbare andere Farbwerte. Sie lassen sich entweder durch Auswertung von spektralphotometrisch gemessenen Absorptions- oder Remissionskurven oder durch trichromatische Messungen, d. h. Messungen mit einem Dreifiltergerät, ermitteln (3). Die Bestimmung der Farbwerte aus den Remissions- oder Absorptionskurven ermöglicht die Berechnung der Farbvalenz für alle Lichtarten, deren spektrale Verteilung bekannt ist (z. B. auch für Normlicht A, B und C). Die Messung erfordert aber eine gewisse Zeit, was für Lebensmittel, die gegen Wärme und Licht empfindlich sind, nachteilig sein kann.

Bei trichromatischen Farbmeßgeräten werden für die Messung nur wenige Sekunden benötigt. Die Geräte liefern aber meist nur Farbwerte für eine einzige Lichtart; eine Umrechnung auf eine andere Lichtart ist ohne Kenntnis der spektralen Verteilung der Absorptions- oder Remissionskurven nicht möglich. Ein

weiteres Problem besteht darin, daß die Absorptionsfilter in den Geräten genau auf die Augenempfindlichkeitskurven angepaßt sein müssen. Gewisse Korrekturen sind durch Eichungen mit Farbmustern möglich, die dann aber nicht für den gesamten Farbbereich gleich gut sind. Trichromatische Farbmeßgeräte eignen sich daher besonders für Farbdifferenzmessungen zwischen Proben und Standard.

Unterschiedliche Farbmeßgeräte können nur dann gleiche Meßwerte, d. h. gleiche Farbwerte oder Farbvalenzen, ermitteln, wenn die Beleuchtungs- und Betrachtungsbedingungen die gleichen sind. Bei praktisch allen Geräten zur Reflexionsmessung beträgt der Winkel zwischen Beleuchtungs- und Betrachtungsrichtung  $45^\circ$ . Auf diese Weise wird vermieden, daß der Glanz den Meßwert beeinflußt.

Bei einem Teil der Farbmeßgeräte wird das Problem des Glanzes dadurch umgangen, daß eine sogenannte Ulbrichtkugel verwendet wird. Dabei wird das auf die Probe eingestrahlte und in allen Richtungen reflektierte Licht über eine an ihrer gesamten Innenfläche zu 100% reflektierende Kugelfläche auf eine Photozelle geleitet. Dies entspricht allerdings nicht der üblichen Betrachtungsweise einer Probe durch den Menschen. Eine exakte Übereinstimmung zwischen Farbmessung und Farbempfindung ist aber nur dann gegeben, wenn Betrachtung und Beleuchtung unter den gleichen Verhältnissen erfolgen. In jedem Fall ist es erforderlich anzugeben, mit welchem Gerät und unter welchen Bedingungen eine Farbmessung vorgenommen wurde.

Die Darstellung der Meßwerte erfolgt vielfach nach der schon klassischen Methode in der Normfarbtafel der CIE (s. Abb. 1), bei der die Farbwertanteile für alle Farben gleicher Helligkeit in einer x,y-Ebene liegen, während in der dritten Dimension die Helligkeit aufgetragen wird. Zeichnet man die Farbwertanteile für die reinen Spektralfarben ein, die allerdings praktisch nicht darstellbar sind, so entsteht ein Kurvenzug, der vielfach als Farbdreieck bezeichnet wird. Innerhalb einer über dem Farbdreieck aufgebauten Pyramide mit der Spitze bei «weiß» (100%ige Reflexion) liegen alle denkbaren und darstellbaren Farben. Auf andere Farbsysteme kann hier nicht näher eingegangen werden.

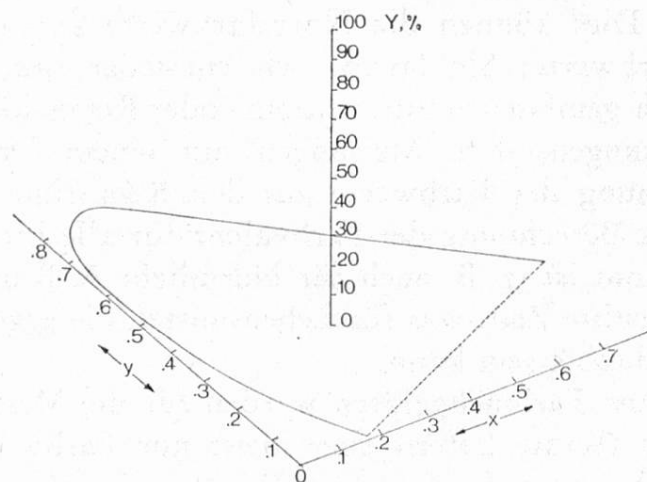


Abb. 1. CIE-Normfarbtafel mit Farbdreieck

Bei Lebensmitteln treten Probleme auf, die vor allem die objektive Messung der Oberflächenfarbe von undurchsichtigen Objekten erschweren (4, 5). Dies ist einmal die Struktur der Oberfläche, welche die Probe unter unterschiedlichem Blickwinkel unterschiedlich erscheinen läßt. Weiterhin ergeben sich falsche Werte, wenn die Probe nicht genau in der Meßebene liegt. Dies trifft zu bei unebenen, vor allem bei runden Oberflächen, wie sie bei Obst vorliegen. Die Eichung des Gerätes muß dann mit Farbstandards erfolgen, welche die gleiche Struktur und Form der Oberfläche haben wie die zu messende Probe. Es muß allerdings erwähnt werden, daß auch im menschlichen Auge unterschiedliche Farbempfindungen hervorgerufen werden können, wenn der Abstand der Probe vom Auge verändert wird. Dies kann bedingt sein durch Änderungen der Beleuchtungssituation, der Erkennbarkeit einer Struktur oder durch Einflüsse der Umgebungsfarbe, die durch kein Meßgerät erfaßt werden kann.

Ein weiteres Problem, dessen Lösung noch nicht in Aussicht steht, ist die Inhomogenität der Oberflächenfarbe. Solange das Auflösungsvermögen des Auges ausreicht, werden die einzelnen Farben als solche wahrgenommen, erst bei entsprechendem Abstand tritt eine Vermischung der Farben ein. Bei der instrumentellen Farbmessung ist die Meßfläche relativ groß und das Meßgerät liefert immer einen Mittelwert über die Meßfläche, der dann mit der Farbempfindung des Auges wenig zu tun hat, wenn dessen Auflösungsvermögen noch ausreicht, die einzelnen Farben voneinander zu trennen. Da sich bei einer inhomogenen Färbung die einzelnen Farbbereiche gegenseitig in bezug auf die hervorgerufene Farbempfindung beeinflussen, spielt nicht nur ihre Größe, sondern auch ihre Anordnung in der beobachteten Fläche eine Rolle. Messungen der Farbverteilung könnten hier u. U. neue Einblicke verschaffen.

Bei Lebensmitteln gibt es nicht nur undurchsichtige und durchsichtige Substanzen, sondern es gibt auch noch die mehr oder weniger durchscheinenden Produkte, die je nach den Beleuchtungsbedingungen sehr unterschiedlich gefärbt sein können. Bier ist ein typisches Beispiel für ein Lebensmittel, das im Auflicht dunkelbraun, im Durchlicht goldgelb und bei Änderung der Oberfläche (Schaum) weiß aussieht.

Es gibt ferner Lebensmittel, die in Verpackungen wegen ihrer großen Schichtdicke eine andere Farbe haben als bei ihrer Verwendung in dünner Schichtdicke. Dies gilt z. B. für Konfitüre.

Im folgenden soll ein Beispiel gegeben werden für die Bestimmung und Kennzeichnung der Farbe von Konfitüre (6). Die Farbe von Kirschenkonfitüre wurde mit einem trichromatischen Hunter-Farbmeßgerät durch Reflexionsmessungen in unterschiedlichen Schichtdicken mit einem weißen und einem der Farbe der Butter in etwa entsprechenden geblichen Untergrund bestimmt. In Abbildung 2 sind im Farbdreieck die gemessenen Farbwertanteile aufgetragen.

Bei der Schichtdicke 0 beginnen beide Kurven bei den Farben des jeweiligen Untergrundes. Allmählich wird mit zunehmender Schichtdicke der Konfitüre die Farbe des Untergrundes wirkungslos, d. h. die Schichtdicke wird optisch gesehen unendlich dick. Beide Kurven enden dort, wo nur noch die reine Oberflächenfarbe der Konfitüre gemessen wird.

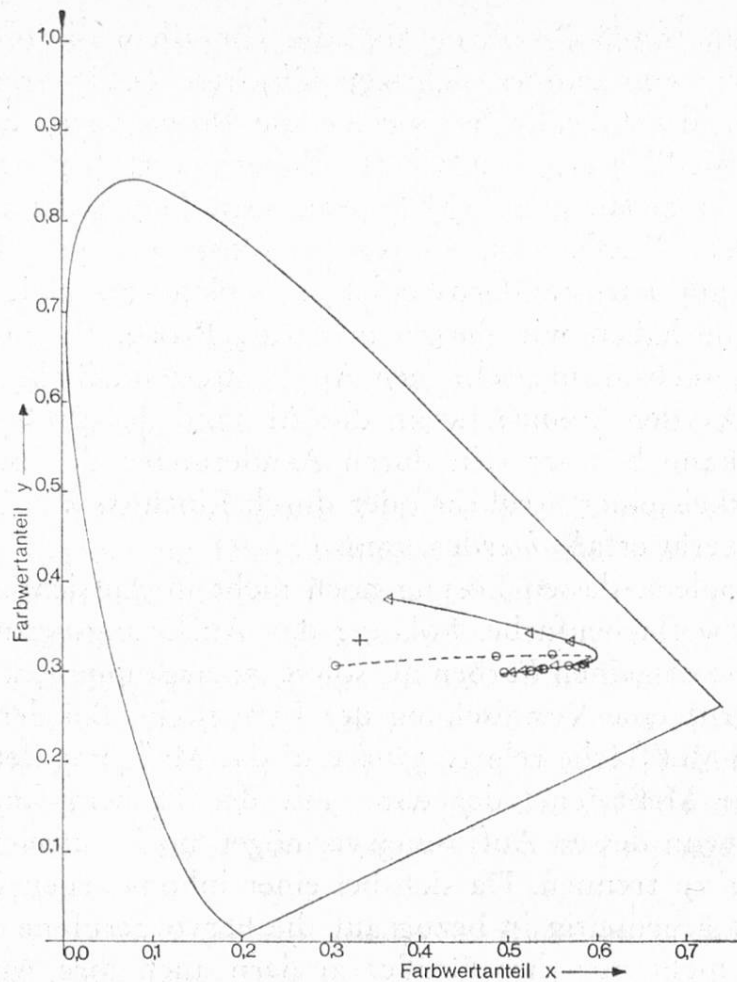


Abb. 2. Farborte bei der Reflexionsmessung an Konfitüre mit verschiedener Schichtdicke  
 ○ ————— weißer Untergrund  
 △ ———— gelblicher Untergrund

Dabei durchlaufen die Kurven Bereiche unterschiedlicher Sättigung der Farbe. Interessant ist die Schichtdicke, bei der die Farbe ihre größte Sättigung, d. h. ihre größte Reinheit, erreicht, da stark gesättigte Farben für das Auge ansprechender sind als ungesättigte. Die entsprechende Schichtdicke lag in diesem Beispiel bei etwa 1,5 mm.

Trägt man in der dreidimensionalen Darstellung auch noch die Helligkeit auf, so ergibt sich der Kurvenverlauf nach Abbildung 3. Man sieht, daß bei der Schichtdicke, die eine Farbe größter Sättigung liefert, die Helligkeit schon auf 5% abgefallen ist. Bei dieser Farbe könnte theoretisch eine maximale Helligkeit von etwa 30% erreicht werden.

Durch sensorische Tests läßt sich ermitteln, bei welchem Punkt auf der in Abbildung 3 gezeichneten Kurve die Konfitürenfarbe den Verbraucher am meisten anspricht. Sie kann dann durch Zubereitung der Konfitüre so eingestellt werden, daß sie dann auftritt, wenn die Konfitüre in der üblich verwendeten Schichtdicke auf ein Butterbrot gestrichen wird.

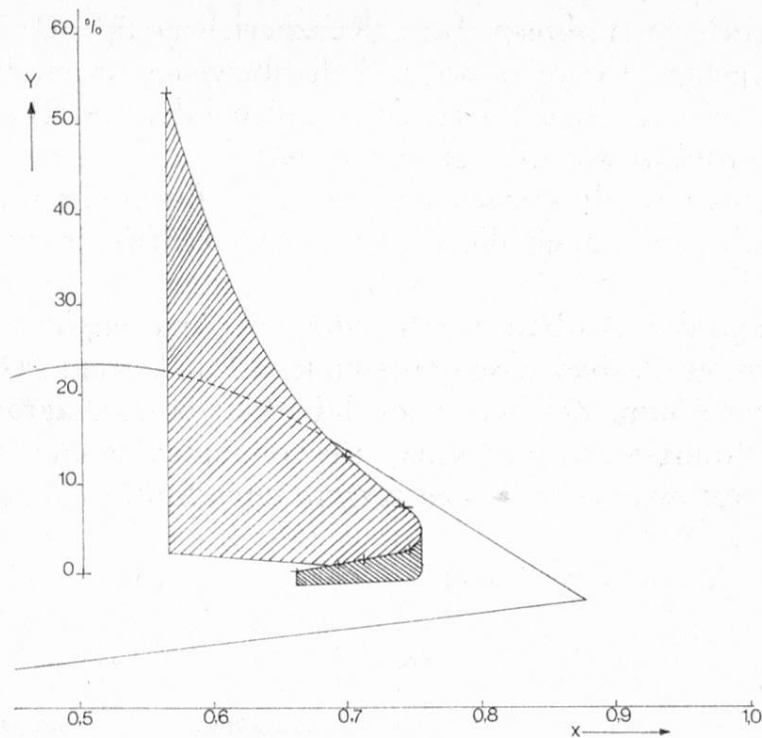


Abb. 3. Farborte bei der Reflexionsmessung an Konfitüre mit verschiedener Schichtdicke und gelblichem Untergrund

### Festigkeitsmessungen

Die Festigkeit eines Lebensmittels oder sein Widerstand gegen mechanische Beanspruchung ist nicht eine einzige Eigenschaft, die eindeutig wie die Farbe oder der pH-Wert gemessen werden kann, sondern es ist eine Sammlung von Eigenschaften. Es ist daher richtiger, statt von der Festigkeit von Festigkeitseigenschaften zu sprechen.

Bei Lebensmitteln, die be- oder verarbeitet werden sollen, interessieren vor allem ihre Fließeigenschaften, die Bruch- oder Zugfestigkeit oder ihre Elastizität, da sie für das Verhalten im Verarbeitungsprozeß wichtig sind. Ihre Messung kann nach den klassischen Methoden der Festigkeitsmessung, wie sie aus der Materialprüfung her bekannt sind, erfolgen. Hierbei entstehen dann Meßwerte in Form von eindeutig definierten Größen in Einheiten der Kraft, des Druckes usw.

Soll aber mit diesen Messungen die sensorische Qualität eines Lebensmittels bestimmt werden, dann besteht die Problematik darin, eine Korrelation zwischen den Meßwerten und einer sensorisch erfaßbaren Eigenschaft zu finden. Dies muß nicht der Kauvorgang sein, sondern Festigkeitseigenschaften werden auch durch Biegen mit der Hand, Brechen, Drücken, Rühren, Schneiden usw. festgestellt. Am schwierigsten ist es, die Korrelation zu dem beim Zerkauen empfundenen Widerstand zu finden, denn die meisten Meßgeräte sind in der Lage, nur eine einzige Eigenschaft wie z. B. die Zugfestigkeit zu messen, beim Kauen dagegen werden gleichzeitig eine große Zahl von Festigkeitseigenschaften erfaßt.

Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Kurzberichtes auf alle Meßgeräte und Meßverfahren einzugehen. Es sollen anhand des Beispiels unterschiedlich behandelte Möhren (roh, gefroren, blanchiert) die Probleme der Festigkeitsmessung und der Auswertung von Meßwerten gezeigt werden (7).

Bei frischen Möhren ist die Druckfestigkeit eine Eigenschaft, welche sowohl die sensorische Qualität wie auch die Eignung zum Einfrieren oder Verarbeiten gut wiedergibt.

Abbildung 4 zeigt den Aufbau zur Messung der maximalen Druckkraft. Es wurden zylinderförmige Proben ausgestanzt mit einem Durchmesser von 18 mm und einer Höhe von 26 mm. Zeichnet man das Kraft-Weg-Diagramm auf, so ergibt sich die in Abbildung 5 gezeigte Kurve für rohe ungefrorene Möhren. Es tritt ein Bruch unter  $45^\circ$  auf, was sich in einer ausgeprägten Spitze (Maximalkraft) ausdrückt.

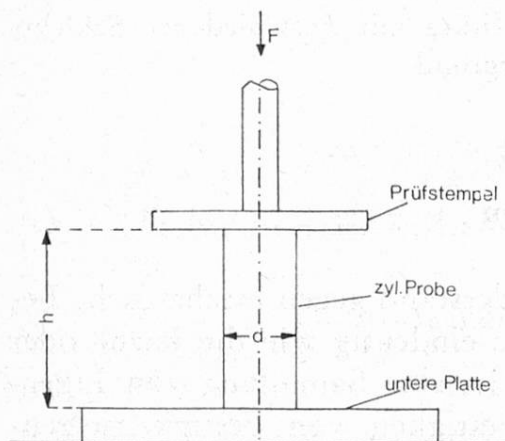


Abb. 4. Aufbau zur Bestimmung der Druckfestigkeit

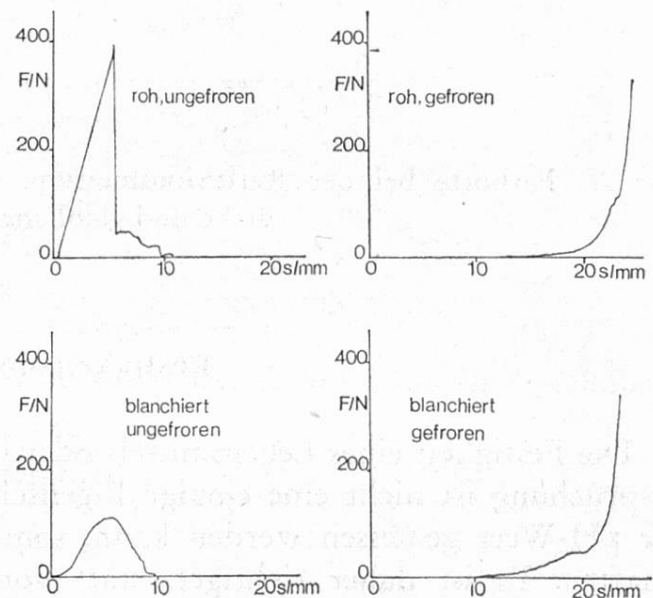


Abb. 5. Kraft-Weg-Kurven bei der Messung der Druckfestigkeit unterschiedlich behandelte Möhren (7)

Ein Blanchiervorgang beeinflusst die Zellstruktur so stark, daß kein Bruch mehr auftritt, wenn auch das Kraft-Weg-Diagramm noch ein Maximum aufweist.

Das Gefrieren zerstört die Zellstruktur fast vollständig. Die Probe wird im Druckversuch nur noch zusammengequetscht; das Kraft-Weg-Diagramm zeigt kein Maximum mehr. Ein zusätzliches Blanchieren beeinflusst die Kurve dann nicht mehr. Man sieht also, daß die Messung der Druckfestigkeit nur geeignet ist, rohe, blanchierte und gefrorene Möhren an Hand des Kraft-Weg-Diagramms voneinander zu unterscheiden. Unterschiede an verschiedenen gefrorenen Möhren waren nicht zu ermitteln.

Diese Erkenntnis ist nicht neu. Sie hat schon vor vielen Jahren zu der Entwicklung von Meßgeräten und Auswertverfahren geführt, mit denen gleichzeitig

— ähnlich wie beim Kauen — mehrere Eigenschaften gleichzeitig erfaßt werden können, ohne daß es in jedem Fall möglich ist, diese Eigenschaften zu differenzieren (8).

Ein solches Gerät ist z. B. die Kramersche Meßzelle (Shearpreß), die eine Anzahl von Scherblättern und entsprechende Matrizen enthält (9). Beim Meßvorgang werden diese Scherblätter durch die Probe gedrückt. Es entstehen dabei Kraft-Weg-Kurven, wie sie in Abbildung 6 gezeigt werden. Bei rohen, ungefrorenen Möhren liefert das Diagramm ein Maximum der Kraft, das zur Auswertung herangezogen werden kann. Zum anderen ist die Fläche unter der Kurve ein Maß für die Gesamtwirkung einer Anzahl von Festigkeitseigenschaften.

Mit diesem Meßeinsatz konnten auch für blanchierte oder gefrorene sowie blanchiert gefrorene Möhren Kraft-Weg-Kurven aufgezeichnet werden, die Aussagen über den Einfluß des Blanchierens und des Gefrierhaltens ermöglichten. Dabei wirkt sich, wie aus den Kurven in Abbildung 6 zu sehen ist, das Blanchieren

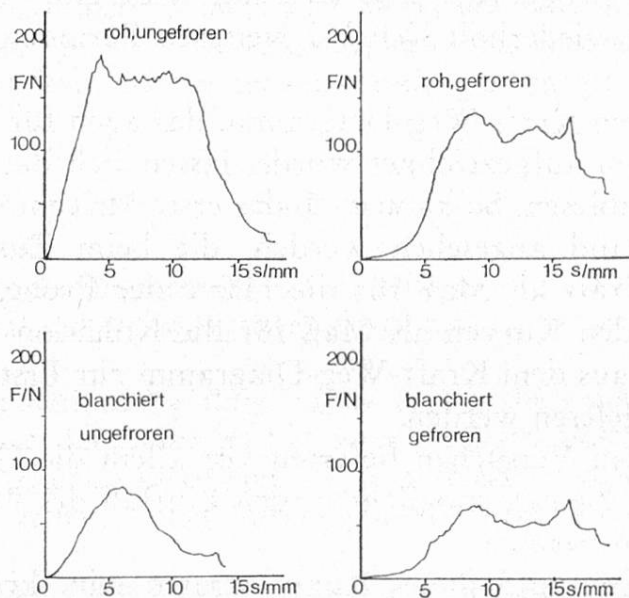


Abb. 6. Kraft-Weg-Kurven bei der Messung unterschiedlich behandelter Möhren mit der Kramerschen Meßzelle (7)

auf das Maximum der Kraft und das Gefrieren vor allem auf den Kurvenverlauf im Anfangsbereich (0—5 mm) aus. Blanchier- und Gefriereinfluß konnten mit diesem Verfahren getrennt werden.

Eine andere Methode, die auf ihre Eignung für die Lösung des vorliegenden Problems untersucht wurde, war die Textur-Profil-Analyse (10, 11).

Eine zylindrische Probe mit einem Durchmesser von 18 mm und einer Höhe von 10 mm wurde mehrfach bis auf 2,5 mm zusammengedrückt. Bei dieser Probenhöhe tritt kein 45°-Bruch auf, sondern die Zellstruktur der Probe wird beim ersten Zusammendrücken zunächst zerstört (erstes Maximum in Abb. 7), dann erfolgt ein weiteres Zusammendrücken der weitgehend formlosen Masse bis auf die Schichtdicke von 2,5 mm (zweiter Anstieg). Wird nach einer Entlastung erneut



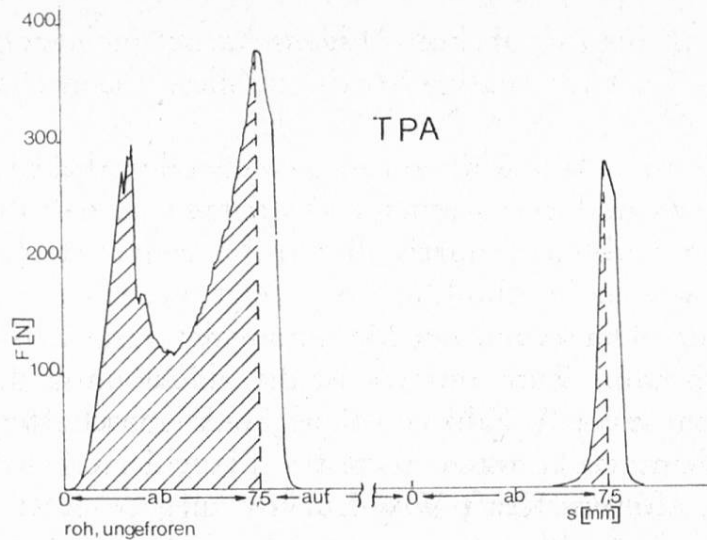


Abb. 7. Kraft-Weg-Kurve bei der Textur-Profil-Analyse einer rohen Möhre (7)

bis auf 2,5 mm zusammengedrückt, so tritt nur noch eine weitgehend elastische Verformung auf. Dies wiederholt sich bei weiteren Perioden des Entlastens und Zusammendrückens.

Aus einem derartigen Kraft-Weg-Diagramm, das auch für gefrorene und blanchiert gefrorene Möhren aufgezeichnet wurde, lassen sich die verschiedensten Festigkeitseigenschaften ablesen. So kann z. B. das erste Maximum der Kraft als Maß für den Bruchwiderstand angesehen werden, die beim Zusammendrücken auf 2,5 mm auftretende Kraft als Maß für die Härte der Probe, das Verhältnis der beiden Flächen unter den Kurven als Maß für die Kohäsion usw. Bis zu 30 derartige Größen können aus dem Kraft-Weg-Diagramm zur Erstellung einer Textur-Profil-Analyse herausgelesen werden.

Bei den vorliegenden Versuchen lieferten vor allem die Größen «Härte» und «Kohäsion» Aussagen, die es ermöglichten, den Einfluß des Blanchierens und Gefrierens voneinander zu trennen.

Es kann nicht Gegenstand dieses Kurzvortrages sein, kritisch die Vor- und Nachteile aller Meß- und Auswertverfahren darzulegen. Aber sicher führt der Weg zu der komplizierten Textur-Profil-Analyse nur über die Kenntnis der definierten Festigkeitseigenschaften der Lebensmittel, auch wenn sie noch so schwierig zu messen sind.

### Zusammenfassung

Farbe und Festigkeit sind neben Geschmack und Geruch wichtige Qualitätsmerkmale der Lebensmittel. Die zu ihrer objektiven Erfassung entwickelten Meßmethoden sind schon relativ weit fortgeschritten.

Eine Farbe ist durch drei Meßzahlen definierbar. Bei ihrer Bestimmung mit Farbmeßgeräten treten Probleme besonders durch Farbinhomogenitäten, Glanz sowie ungleichmäßige Struktur und nicht ebene Form der Oberfläche auf. Die Farbmessung wird an einem Beispiel diskutiert.

Die Festigkeit der Lebensmittel reicht von flüssig bis fest, wobei viele Lebensmittel ihren Zustand und ihr Stoffverhalten bei der Be- und Verarbeitung ändern. Am Beispiel von Möhren werden die Probleme der Festigkeitsmessungen an einem Produkt geschildert, das im frischen, blanchierten und im gefrorenen Zustand jeweils mit anderen Meßmethoden untersucht werden muß.

### *Résumé*

A côté de la saveur et de l'odeur, la couleur et la texture sont des facteurs importants de la qualité des denrées alimentaires. Les méthodes développées pour les mesurer objectivement sont relativement bien au point.

Une couleur peut être définie par trois valeurs mesurables. Lors de leur détermination à l'aide d'appareils, les difficultés de la mesure des couleurs résultent du manque d'homogénéité, de l'éclat ainsi que des inégalités de structure et de forme de la surface des échantillons. La mesure de la couleur est expliquée par un exemple.

La texture (ou consistance) des denrées alimentaires va de l'état liquide à l'état solide; pour de nombreuses denrées elle se modifie lors de leur traitement ou de leur élaboration. Les problèmes concernant la mesure et la texture sont décrits; il est pris comme exemple les carottes qui doivent être examinées par des méthodes différentes selon qu'elles se trouvent à l'état frais, qu'elles ont été blanchies ou encore surgelées.

### *Summary*

Colour and texture are the most important criteria of food quality besides taste and odour. The instrumental measuring methods developed for these two criteria are already well advanced.

Any colour can be defined by three values to say the colour coordinates in three-dimensional colour space. Inhomogeneity of sample colour, gloss, non-uniformity of surface structure and unevenness can all give rise to problems in the use of colour measuring for determining these values. Colour measurement is demonstrated with the aid of an example.

The texture of foods ranges from the fluid to solid state whereby the state can also change in some foodstuffs through processing. Some problems of texture measurement are demonstrated using carrots as an example. The texture of this product has to be measured by different methods depending on whether the product is fresh, blanched or frozen.

### *Literatur*

1. *Wyszecki, G. and Stiles, W. S.*: Color science. John Wiley and Sons, New York 1967.
2. *Wyszecki, G.*: Farbsysteme. Musterschmidt-Verlag, Göttingen 1960.
3. *Horvath, L. und Schaller, A.*: Grundlagen der instrumentellen Farbmessung. Confructa **17**, 251—263 (1972).
4. *Francis, F. J. and Clydesdale, F. M.*: Food colorimetry: Theory and applications. The AVI Publishing Company, Westport 1975.
5. *Judd, D. B.*: Color in business, science and industry. John Wiley and Sons, New York 1952.

6. *Grünewald, Th.*: Unveröffentlichte Ergebnisse.
7. *Haar, R.*: Vergleich verschiedener Festigkeitsmethoden zur Beurteilung des Tiefrier- und Auftauvorganges von Lebensmitteln. Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe, 1978.
8. *Kramer, A. and Szczesniak, A. S.*: Texture measurements of foods. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston 1973.
9. *Kramer, A.*: The shear-press, a basic tool for the food technologist. *Food Scientist* **5**, 7—16 (1961).
10. *Breene, W. M.*: Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. *J. Texture Studies* **6**, 53—82 (1975).
11. *Bourne, M. C.*: Texture measurements in vegetables. In: Theory, determination and control of physical properties of food materials, S. 131—162. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Boston 1975.

Dr. Th. Grünewald  
Institut für Verfahrenstechnik der  
Bundesforschungsanstalt für Ernährung  
Engesserstraße 20  
D-7500 Karlsruhe 1