

**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:** Beurteilung von Lebensmitteln aufgrund elektrischer Eigenschaften

**Autor:** Ehlermann, D.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-983711>

### **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:** 08.02.2025

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

*D. Ehlermann*, Institut für Verfahrenstechnik der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

## Beurteilung von Lebensmitteln aufgrund elektrischer Eigenschaften

### Einleitung

Die «Qualität» von Lebensmitteln ist ein wichtiges Kriterium. Sie umfaßt für den Verbraucher sowohl den Genußwert wie die Eignung für die Ernährung; sie umfaßt für den Erzeuger und den Verarbeiter zusätzlich die Eignung zu Be- und Verarbeitung einschließlich Lagerung. Die Qualität eines Lebensmittels ist damit letztlich eine Eigenschaft, über die durch die Reaktion des Verbrauchers ein Urteil gefällt wird.

Zur Messung der Verbraucherreaktion sind sensorische Prüfmethode entwickelt worden, die es gestatten, das Verbraucherurteil qualitativ und quantitativ zu erfassen. Diese Methoden erfordern jedoch, um zu verlässlichen Daten zu kommen, eine sehr große Anzahl oder eine ausreichende Anzahl von hochtrainierten Prüfpersonen. Dadurch werden sensorische Prüfmethode langwierig und aufwendig. Die Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln aufgrund einer chemischen Analyse gestattet es, insbesondere die Eignung für die Ernährung in Verbindung mit Tier- und Humanversuchen zu beurteilen. Jedoch sind auch diese Methoden in der Regel langwierig und aufwendig. Für einige Qualitätseigenschaften, z. B. die Ammoniakbildung beim Verderb von Fisch, sind jedoch auch Schnellmethoden entwickelt worden, die es gestatten, innerhalb von Stunden zu einem verlässlichen Urteil zu kommen.

Auf den ersten Blick gibt es nur wenige physikalische Eigenschaften von Lebensmitteln, die in direkter Beziehung zur Qualität stehen. Etwa die Dichte zum Alkoholgehalt eines Getränkes. Eine Reihe physikalischer Eigenschaften steht jedoch in einer indirekten Beziehung zur Qualität oder läßt sich doch wenigstens mit der Qualität korrelieren.

Die elektrischen Eigenschaften von Lebensmitteln werden einerseits vom Gehalt des Lebensmittels an bestimmten Stoffen, die ihrerseits elektrische Eigenschaften haben, andererseits aber vom Charakter des Lebensmittels als noch lebendiger Materie oder doch wenigstens Teil einer ehemals lebendigen Materie bestimmt.

Bei den elektrischen Eigenschaften kann es sich dabei um den Widerstand, genauer spezifischer Widerstand bzw. spezifische Leitfähigkeit, handeln, der ein Maß für die Konzentration bestimmter gelöster Stoffe sein kann. Es kann sich

aber auch um ein elektromotorisches Potential handeln, das sich an geeigneten Elektroden aufgrund der Anwesenheit bestimmter Stoffe in der Lösung ausbildet. Die Eigenschaft des Lebensmittels als lebendiger Materie spiegelt sich in dessen kapazitiven Eigenschaften wieder. Da die Lebensvorgänge in einem Austausch von Ionen, also geladenen Elementen, durch meist selektive Membranen bestehen, läßt sich dieses Zurückhalten oder Festhalten von Ladung auch als Kapazität elektrisch interpretieren und messen. Darüber hinaus ist die elektrische Ladung, sind insbesondere die Elektronen innerhalb eines Moleküls, meist nicht homogen verteilt. Die Stoffe sind im elektrischen oder magnetischen Feld polarisierbar.

Die Verfahren der elektrischen Messungen an Lebensmitteln bei hohen Frequenzen (MHz-Bereich) erfordern eine besondere Technik und sollen hier nicht behandelt werden. Sie dienen der Bestimmung der Feuchte (1, 2), des Reifegrades bei Früchten (3), des Gefrierzustandes (4).

Eine Uebersicht der elektrischen Verfahren und ihrer Anwendungsmöglichkeiten wurde schon gelegentlich gegeben (5—11).

Im Bereich niedriger und mittlerer Frequenzen (bis ca. 1 MHz) sind eine Reihe von Meßmethoden möglich, die es gestatten, den Frischezustand, den Reifegrad und die Konzentration bestimmter Komponenten zu messen. Die Verfahren dazu sind in der Regel wesentlich schneller durchzuführen als chemische und sensorische Beurteilungen; zudem sind sie meist zerstörungsfrei. Mit Hilfe solcher Verfahren ist es auch möglich, sich schnell eine Uebersicht über den Zustand einer umfangreicheren Probe zu verschaffen.

## **Tierische Lebensmittel**

### *Allgemeines*

Ein tierisches Lebensmittel ist das frisch geschlachtete Tier im noch unzerlegten Zustand ebenso wie die durch Zerlegen gewonnenen Teile. Mit dem Schlachten wird das Gleichgewicht im Ablauf der biochemischen Lebensreaktionen gestört, vor allem weil die Fähigkeit der Regeneration chemischer Komponenten verlorengeht. Zugleich ist die Fähigkeit zur Abwehr äußerer Störungen, insbesondere durch Mikroorganismen, nicht mehr vorhanden. Die ursprünglichen biochemischen Reaktionen laufen nach dem Schlachten unkontrolliert ab, sind aber teilweise in Form des Reifens erst die Voraussetzung für die Genußtauglichkeit des Produktes. Das tierische Lebensmittel ist ein guter Nährboden für viele Mikroorganismen, die dadurch seinen raschen Verderb bewirken.

Der Ablauf der Reaktionen nach dem Schlachten kann biochemisch und sensorisch verfolgt werden; über die Entwicklung der Mikroorganismen gibt die mikrobiologische Analyse Auskunft.

Lebende Zellen zeigen einen hohen Anteil eines kapazitiven Widerstandes bei Stromdurchgang. Man kann die Frequenz des Meßstromes nun so wählen, daß bei ausreichend niedriger Frequenz im wesentlichen der ohmsche Anteil, und bei aus-

reichend hoher Frequenz der kapazitive Anteil bestimmt wird. Beide Anteile entwickeln sich meist verschieden mit zunehmender Lagerungsdauer. In vielen Fällen ist jedoch ein aus ohmschem Widerstand, Kapazität und Frequenz berechneter Wert, die Impedanz ein gutes Maß für den Ablauf der Qualitätsentwicklung.

Für Seefisch wird ein auf Impedanzmessungen beruhendes Schnellverfahren zur Frischbestimmung vorgeschlagen (12). Ein Gerät nach diesem Verfahren ist im Handel erhältlich. Nach diesem Verfahren wird die Impedanz bei 1 und 16 kHz bestimmt und daraus ein Qualitätsindex errechnet. Der Verlauf des Qualitätsindex muß zuvor für jede Fischart ermittelt sein, dann läßt sich aus der Messung die abgelaufene Lagerzeit seit dem Fang ableiten. Es wird dabei angenommen, daß der Fisch unter schmelzendem Scherbeneis gelagert wurde, so daß eine ausreichende Kühlung gewährleistet war. Dann läßt sich bei Kenntnis der maximal möglichen Lagerungsdauer der jeweiligen Fischart auch die verbleibende Lagerzeit auf Eis abschätzen. Die Verlässlichkeit des Verfahrens und der Aussagewert unter verschiedenen Bedingungen ist diskutiert worden (13). So beeinträchtigen Salzen und Gefrieren, aber auch Verletzungen durch Bewegen des Fisches während der Totenstarre die Meßwerte. An Filets liefert das Verfahren keine Aussagen. Ein ähnliches Verfahren, allerdings bei 1 und 100 kHz, wurde vorgeschlagen, um gefrorenes und wieder aufgetautes Fleisch von frischer Ware zu unterscheiden (14). Die Methode wurde weiterentwickelt, um ein Schnellmeßgerät zu erhalten, das besser für den praktischen Gebrauch geeignet war. Dazu wurde bei einem Meßstrom von 2 kHz Frequenz die durch die Fischprobe bewirkte Phasenverschiebung bestimmt. Sie ist ebenfalls von der Änderung in Widerstand und Kapazität der Fischprobe abhängig und nach diesen Untersuchungen gut korrelierbar mit der chemischen und sensorischen Frischebestimmung (15). Bei einem im Handel befindlichen Gerät, dem Torry Fish-Meter, ist zudem mittels moderner Mikroelektronik dafür gesorgt, daß auch ein Mittelwert aus 16 Messungen bestimmt werden kann. Dieses Gerät liefert auch an Filets brauchbare Aussagen. Bei der großen Variationsbreite der Messungen an biologischem Material sind erst Messungen an einer ausreichend großen Anzahl von Einzelexemplaren aussagekräftig.

### *Eigene Untersuchungen*

Auf der Basis der Impedanzmessungen bei verschiedenen Frequenzen wurde versucht, einen Nachweis für eine erfolgte Bestrahlung von Fisch zu finden. Eine Bestrahlung mit einer Dosis von 100 krad kann eine Reduzierung der mikrobiellen Belastung und damit eine Verlängerung der Haltbarkeit bewirken. Die Bestrahlung beeinträchtigt ebenso wie Gefrieren und Salzen die Meßwerte, je größer die Strahlendosis, desto kleiner die Meßwerte. Gelänge es, eine Frequenz zu finden, bei der die Impedanz selbst oder der berechnete Qualitätsindex weitgehend unabhängig von einer Bestrahlung wären, so könnte man die eine Messung zur Abschätzung des tatsächlichen Alters der Fischprobe und die andere Messung zur Abschätzung der Bestrahlungsdosis benützen.

Die ersten Messungen wurden an Zuchtforellen durchgeführt. Die Verwendung von Zuchtforellen hat den Vorteil, daß das Versuchsgut von ziemlich gleich-

bleibender Beschaffenheit ist, sowohl im Vergleich einzelner Individuen einer Probe als auch in bezug auf Wiederholungsversuche. Mittels einer Wechselstrommeßbrücke wurden bei 13 Frequenzen im Bereich von 110 Hz bis 600 kHz Kapazität und Widerstand bestimmt. Aus diesen Werten wurde die jeweilige Impedanz bei der betreffenden Frequenz berechnet. Für die Paarungen zu jeweils 8 Frequenzstufen wurden die Qualitätsindizes berechnet und mittels einer Großrechenanlage zu den zugehörigen 28 Kurven des Verlaufs während der Lagerung gezeichnet. Für den Qualitätsindex bei 16 und 100 kHz zeigte sich, daß dieser weitgehend von der Bestrahlung unabhängig ist. Die Werte wurden daher zusammengeworfen. Die aus den Messungen berechneten Qualitätsindizes bei 1 und 16 kHz entsprechen den Fischtestermessungen (Abb. 1). Die Werte für die bestrahlten

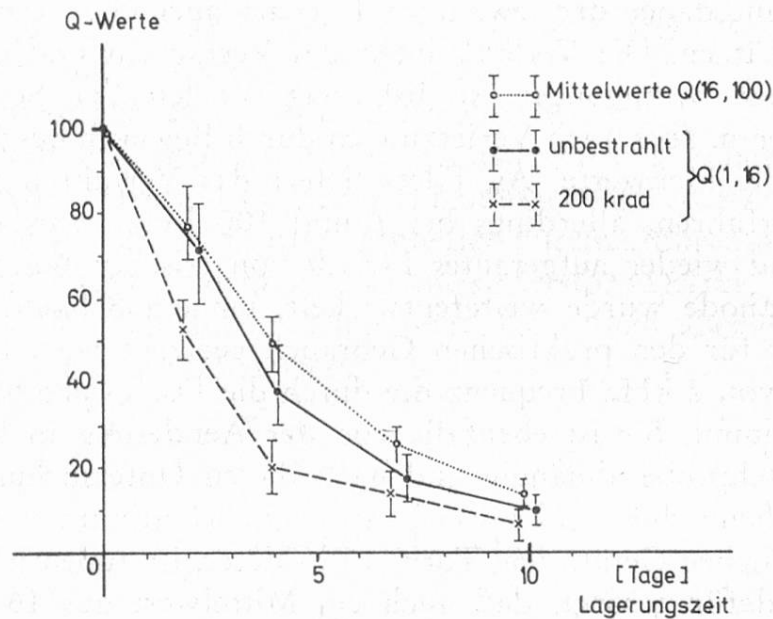


Abb. 1. Verlauf der normierten Q-Werte für Zuchtforellen

Q(16,100) ist der aus Messungen bei 16 und 100 kHz bestimmte Wert zum Nachweis der tatsächlichen Lagerungsdauer; Q(1,6) ist der bei 1 und 16 kHz bestimmte Wert zum Nachweis der Bestrahlung. (Der Bereich der Standardabweichung aus 5 Messungen ist gegeben.)

(200 krad) und unbestrahlten Proben unterscheiden sich während dieses Zeitraumes von 10 Tagen signifikant von den Bezugsindizes (Messungen bei 16 und 100 kHz) (16). Allerdings ist eine Unterscheidung von Forellen, die mit Strahlendosen von 100 krad oder kleiner behandelt wurden, bei einer Messung an jeweils nur 5 Fischen nicht möglich. Aus demselben Grund, zur Erhöhung der Aussagekraft, wurde auch beim Torry Fish-Meter vorgeschlagen, jeweils an 16 einzelnen Fischen zu messen; das Gerät erhielt zu diesem Zweck einen Mikroprozessor eingebaut, der 16 Messungen abzählt und dann den Mittelwert anzeigt. Ein Nachweisgerät für eine erfolgte Bestrahlung von Fisch müßte ähnlich vorgehen.

Bei den Messungen von Rotbarsch, Kabeljau, Köhler (Seelachs) und Schellfisch stellte sich heraus, daß die biologischen Variationen aufgrund von Fangplatz und Jahreszeit erheblich größer sind als bei Zuchtforellen. Der Verlauf der verschiede-

nen Qualitätsindices mit Lagerzeit, Meßfrequenz und Bestrahlungsdosis ist jedoch gleichartig den Beobachtungen an Forellen. Für die Entwicklung eines in der Praxis einsetzbaren Gerätes müßten ausreichend umfangreiche Daten über die zu erwartende Variationsbreite gesammelt werden. Das Programm zur Anbordbestrahlung von Seefisch in der Bundesrepublik Deutschland wurde jedoch eingestellt, als sich herausstellte, daß unter den Bedingungen der deutschen Hochseefischerei durch Bestrahlung keine ausreichende Haltbarkeitsverlängerung bei Frischfisch erzielbar sei (17). Daher wurde die Weiterentwicklung des hier beschriebenen Verfahrens nicht mehr verfolgt. Die gewonnenen Erkenntnisse sind jedoch eine gute Basis zur Entwicklung ähnlicher elektrischer Verfahren zum Nachweis einer physikalischen Behandlung von Lebensmitteln.

## **Pflanzliche Lebensmittel**

### *Allgemeines*

Das pflanzliche Lebensmittel ist, auch noch nach der Ernte, biologisch und biochemisch meist vollständig intakt. Viele pflanzliche Lebensmittel werden in diesem Zustand für einen späteren Verbrauch gelagert. Bei der Weiterverarbeitung zu Lebensmittelprodukten werden diese ursprünglichen Eigenschaften meist vollständig zerstört, sie sind jedoch oft eine Voraussetzung für die Verarbeitbarkeit.

Wie bei tierischen Lebensmitteln erläutert, zeigen auch pflanzliche Zellen bei Stromdurchgang Anteile eines kapazitiven und eines ohmschen Widerstandes. Die Impedanz kann daher ein Maß für den Reifegrad, die Verarbeitbarkeit und die Qualitätserhaltung während der Lagerung sein; bei den erzeugten Produkten kann die Leitfähigkeit ein Maß für den Feuchtegehalt oder den Extraktgehalt sein (18—25).

Pflanzliche Produkte können zur Stimulierung oder Hemmung der Reifung sowie zur Keimungshemmung (bei Zwiebeln und Kartoffeln) bestrahlt werden. Der Einsatz elektrischer Methoden zum Nachweis einer erfolgten Bestrahlung ist gelegentlich vorgeschlagen worden. Bei Äpfeln handelt es sich allerdings mit einer Dosis von 1 Mrad um eine Bestrahlung, die in der Praxis kaum in Frage kommt. Die Strahlenbehandlung von Kartoffeln zur Keimungshemmung im Bereich von nur 5 bis 20 krad läßt sich unter Einsatz eines üblichen, einfachen Laborgerätes zur Leitfähigkeitsmessung zuverlässig bestimmen (26). Dies wurde auch durch unabhängige Nachprüfung des Verfahrens (27) sowie an anderen Kartoffelsorten und unter anderen Herkunftsbedingungen (28) bestätigt. Zum Teil ergaben solche Messungen (29) aber auch neue Fragen nach der geeignetsten Auswertemethode und der Verlässlichkeit des elektrischen Nachweis bei der praxisüblichen Lagerung von Kartoffeln bis zum Zeitpunkt der nächsten Ernte (s. a. Diskussion zu 29).

### *Eigene Messungen*

Die aufgeworfenen Fragen waren Anlaß, die Eignung von Leitfähigkeitsmessungen zum Nachweis einer erfolgten Bestrahlung von Kartoffeln erneut zu unter-

suchen. Da inzwischen vielseitigere Meßgeräte zur Verfügung standen, konnte geprüft werden, bei welcher Frequenz des Meßwechselstroms der Nachweis am zuverlässigsten ist. Es zeigte sich, daß auch bei längerer Lagerung, wenn die Unterschiede zwischen bestrahlten und unbestrahlten Kartoffeln nicht mehr so ausgeprägt sind, bei 5 kHz die verlässlichsten Aussagen möglich sind (Abb. 2). Bei der mit Leitfähigkeitsgeräten üblichen Frequenz von 50 Hz nimmt die Sicherheit des Nachweises mit der Lagerungsdauer ab (Abb. 3). Allerdings wurden diese Experimente nicht unmittelbar nach der Ernte durchgeführt, woraus erklärbar ist, daß die Nachweisdauer nur 5 Wochen anstelle der nötigen 6 bis 9 Monate betrug.

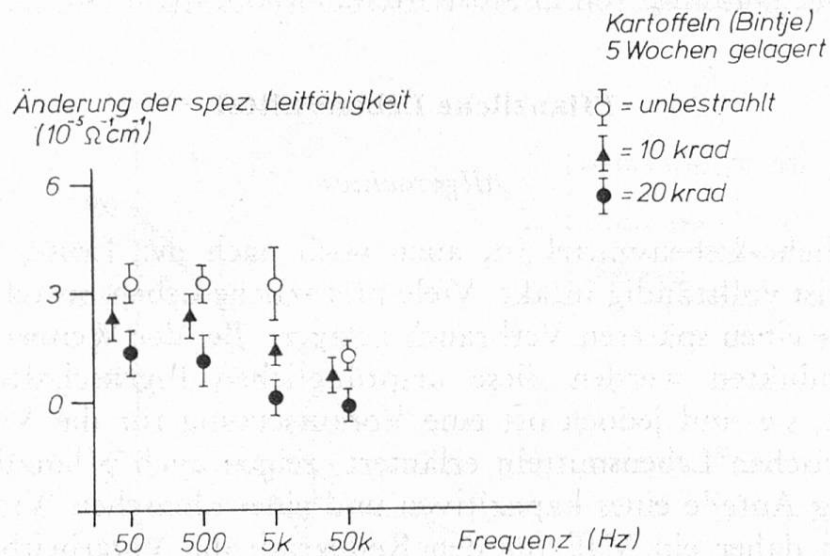


Abb. 2. Änderungen der spezifischen Leitfähigkeit während 180 s nach dem Einstich der Elektroden in die Kartoffeln in Abhängigkeit von der Meßfrequenz. (Die Standardabweichung aus 5 Messungen ist angegeben.)

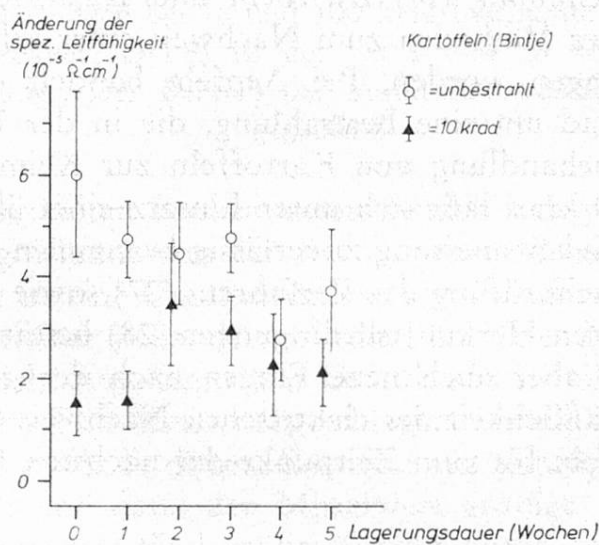


Abb. 3. Verlauf der Änderungen der spezifischen Leitfähigkeit bei 50 Hz während der Lagerung von Kartoffeln. (Der Bereich der Standardabweichungen aus 5 Messungen ist angegeben.)

Weitere Untersuchungen galten der Frage nach der Natur des beobachteten Effektes. Der Einstich der Meßelektroden erzeugt eine Verletzung, auf die die Kartoffelknolle biologisch/biochemisch reagiert, was auch über elektrophysiologische Veränderungen verfolgbar sein dürfte. Offensichtlich ist der Effekt von der Anwesenheit der Elektroden und vom Stromdurchgang durch die Probe unabhängig. Mißt man an ein und derselben Kartoffelknolle, jedoch an weit genug auseinanderliegenden Stellen, so erhält man weitgehend gleiche Ergebnisse. Entfernt man jedoch die Elektroden nach dem Einstich wieder aus der Knolle und führt sie nach der sonst üblichen Beobachtungszeit von 180 s wieder in die Einstichstelle ein, so kann man den Effekt der Leitfähigkeitsveränderung nicht mehr beobachten; die Änderung ist schon abgelaufen (Abb. 4).

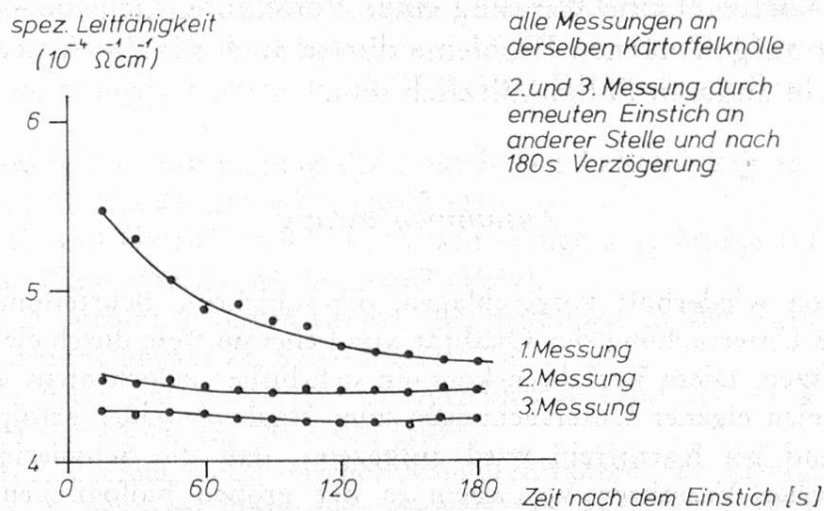


Abb. 4. Verlauf der spezifischen Leitfähigkeit nach dem Einstich der Elektroden in eine Kartoffel und Ablauf der Veränderung ohne Anwesenheit der Elektroden.

Erste Versuche zur verletzungsfreien Messung an Kartoffeln und nachträglicher Anbringung der Verletzung waren bisher wenig erfolgreich. Eine Leitfähigkeitsänderung als Folge der Verletzung war nicht zu beobachten. Dies könnte aber daran liegen, daß bei der gewählten Elektrodenanordnung die Leitfähigkeit der gesamten Kartoffel die überwiegende Meßgröße ist, und die Störungen an der Verletzungsstelle demgegenüber nicht mehr beobachtbar sind.

### Schlußfolgerungen

Elektrische Meßmethoden sind in vielen Fällen als schnelle und verlässliche Beurteilungshilfen für Lebensmittel geeignet. Für eine Reihe von Anwendungen sind komplette Geräte im Handel. Die Methoden erscheinen aussichtsreich, auch auf weitere Probleme angewandt zu werden. Beim Nachweis einer erfolgten Bestrahlung von Frischfleisch mittels Bestimmung der Impedanz bei 1, 16 und 100 kHz zeigte sich jedoch, daß die große Variationsbreite der Meßwerte nach Jahres-



zeit und Fangplatz bei Seefisch eine Aussage erschwert. Für eine zuverlässige Beurteilung müssen daher für alle in Frage kommenden Fischarten ausreichend Meßdaten gesammelt werden, wie dies auch bei den im Handel befindlichen Geräten zur Bestimmung der Frische von Fisch nötig ist. Auch bei pflanzlichen Produkten haben sich elektrische Meßmethoden noch nicht durchgesetzt. Am Beispiel des Nachweises einer erfolgten Bestrahlung von Kartoffeln zeigte sich, daß die bisher gesammelten Daten für eine zuverlässige Beurteilung ebenfalls nicht ausreichen. Eine Messung bei 5 kHz ist jedoch aussagekräftiger als eine früher vorgeschlagene Messung bei 50 Hz. Außerdem sollte die Natur des Effektes zu einem besseren Verständnis eingehender untersucht werden. Der Abfall der spezifischen Leitfähigkeit nach Einstich der Elektroden hängt offensichtlich mit der Verletzung der Kartoffel zusammen; jedoch konnte in einer Meßanordnung mit Elektroden ohne Verletzung der Kartoffel eine Wirkung einer Verletzung nicht beobachtet werden. Die Klärung der aufgeworfenen Probleme dürfte auch für die Anwendung elektrischer Methoden in anderen Fällen nützlich sein.

### *Zusammenfassung*

Es wurde schon wiederholt vorgeschlagen, die subjektive Beurteilung und die langwierige chemische Untersuchung der Qualität von Lebensmitteln durch elektrische Schnellverfahren zu ersetzen. Diese Verfahren konnten sich bisher jedoch nicht allgemein durchsetzen. An Beispielen eigener Untersuchungen zum Nachweis einer erfolgten Bestrahlung bei Frischfisch und bei Kartoffeln wird aufgezeigt, daß die Schwierigkeiten der Anwendung elektrischer Verfahren vor allem in der großen biologischen Variation von spezifischer Kapazität und spezifischem Widerstand von Probe zu Probe und von Fang bzw. Ernte zum nächsten Fang bzw. Ernte liegen. Unter Einsatz der modernen elektronischen Technik ist es jedoch möglich, einfache Meßapparaturen zu entwickeln, mit denen eine größere Anzahl von Wiederholungsmessungen leicht möglich ist und die eine schnelle und direkte Auswertung der gesammelten Meßwerte erlauben..

### *Résumé*

Il a déjà été proposé maintes fois de remplacer l'appréciation subjective et le long examen chimique des qualités des denrées alimentaires par des méthodes électriques rapides. Ces dernières n'ont toutefois pas pu jusqu'ici s'implanter de manière générale. A l'aide d'études, faites pour déceler une irradiation de poisson frais et de pommes de terre, il est montré que les difficultés d'application des méthodes d'analyse électriques résident dans les variations — d'origine biologique — de la capacité et de la résistance spécifiques des échantillons et d'une pêche, respectivement, d'une récolte à l'autre. Toutefois, l'utilisation des techniques électroniques modernes permet de développer des appareils de mesure simples, rendant possible l'exécution d'un nombre élevé de mesures et l'évaluation directe et rapide des valeurs obtenues.

## Literatur

1. *Ablgrimm, H.-J.*: Ein Beitrag zur dielektrischen Bestimmung des Feuchtegehaltes an sehr feuchten organischen Stoffen. *Grundlagen Landtech.* **25**, 165—172 (1975).
2. *Gildemeister, E. und Räuber, H. J.*: Kontinuierliche dielektrische Feuchtigkeitsmessung an Lebensmitteln. *Lebensmittelind.* **23**, 489—494 (1976).
3. *Wolf, D. F.*: Dielectric properties for evaluation apple maturity. Dissertation, Lafayette University 1971.
4. *Kent, M.*: Time domain measurement of the dielectric properties of frozen fish. *J. Microwave Power* **10**, 37—48 (1975).
5. *Schräner, E. und Borkert, H.*: Leitfähigkeitsmessungen und einige Anwendungsmöglichkeiten in der Lebensmittelindustrie. *Lebensmittelind.* **15**, 61—65, 102—103 (1968).
6. *Hill, N. E., Vaughan, W. E., Price, A. H. and Davies, M.*: Dielectric properties and molecular behaviour. Van Nostrand Reinhold Company, London 1969.
7. *Schwan, H. P.*: Determination of biological impedances. In: W. L. Nastuk (ed.), *Physical techniques in biological research*, Vol. VI, Part B. Academic Press, New York and London 1963.
8. *Paech, K.*: Beitrag zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit in lebenden pflanzlichen Geweben. *Planta* **31**, 265—294 (1940/41).
9. *de Plater, C. V. and Greenham, C. G.*: A wide-range a. c. bridge for determining injury and death. *Plant Physiol.* **34**, 661—667 (1959).
10. *Kohn, R. M.*: Anwendung dielektrischer Meßmethoden in der Lebensmittelanalytik. *Fette, Seifen, Anstrichmittel* **72**, 895—898 (1970).
11. *Nelson, S. O.*: Electrical properties of agricultural products — a critical review. *Transactions of the ASAE* **16**, 384—400 (1973).
12. *Hennings, C.*: Ein neues elektronisches Schnellverfahren zur Ermittlung der Frische von Seefischen. *Z. Lebensm. Untersuch. -Forsch.* **119**, 461—477 (1962).
13. Discussion: The Intelectron fish tester. In: *The technology of fish utilization*, S. 210—211. Proceedings of a Symposium. Fishing News (Books) Ltd., London 1965.
14. *Charpentier, J., Goutefongea, R., Sale, P., et Thomasset, A.*: La discrimination des viandes fraîches et congelées par mesures d'impédance a deux fréquences. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.* **12**, 173—178 (1972).
15. *Cheyne, A.*: How the GR Torrymeter aids quality control in the fishing industry. *Fishing News Int.* **14**, 71, 72, 75, 76 (1975).
16. *Ehlermann, D.*: The possible identification of an irradiation treatment of fish by means of electrical (ac) resistance measurement. *J. Food Sci.* **37**, 501 (1972).
17. *Reinacher, E. und Ehlermann, D. A. E.*: Einige Schlußfolgerungen aus Versuchen zur An-Bord-Bestrahlung von Ganzfisch. *Informationen Fischwirtsch.* **25**, 113—115 (1978).
18. *MacRitchie, F.*: The liquid phase of dough and its role in baking. *Cereal Chem.* **53**, 318—327 (1976).
19. *Sato, K. and Shoji, Y.*: Measurement of physical constants of moromi at various depth in fermenters. *J. Fermentation Technol.* **53**, 172—176 (1975).
20. *Czechowska, M. M., Golebiowski, T., Pieczonka, W. und Solarz, A.*: Brauchbarkeit der refraktometrischen und konduktometrischen Methode zur Bestimmung des Extrakts von Bohnenkaffeeaufgüssen. *Lebensmittelind.* **23**, 258—260 (1976).
21. *Krutikova, V. E. and Kostenyuk, A. M.*: Vliyanie vlazhnosti tovarnogo sakhara-peska na ego ehlektroprovodnost'. *Sakharnaya promyshlennost'*, Moskva **48**, no. 1, 23—26 (1974).

22. *Desai, M. and Liang, T.:* Electrical impedance as an index of *Macadamia* nut ripeness. *Trans. ASAE* **20**, 444—449 (1977).
23. *Moreno, J., Caro, J. and Préstamo, G.:* La conductibilidad eléctrica específica como posible parámetro de calidad y detector de fraudes en los zumos cítricos. In: *The quality and detection of adulteration in citrus juices*. *Int. Union Food Sci. Technol.* S. 95—120 (1976).
24. *Golovkin, N. A. und Tsvetkov, A. I.:* Impedansnyi metod otsenki kachestva rastitel'nykh produktov. *Izv. vyss. uch. zav., pishch. tekhnol.* no. 3, 165—167 (1969).
25. *Mikeladze, G. G. und Dzhebashvili, R. S.:* Izmenenie kletochnoi pronitsaemosti tkani nekotorykh plodov v protsesse polucheniya sokov, *Trudy Gruzinskii Nauchno-issled. Inst. Pishchevoi Promyshlennosti* **4**, 222—227 (1971).
26. *Scherz, H.:* Nachweis einer erfolgten Bestrahlung bei Kartoffeln durch Messung der elektrische Leitfähigkeit. In: *The identification of irradiated foodstuffs*, S. 193—202. Commission of the European Communities, Luxembourg 1974.
27. *Penner, H.:* Der metabolitische Nachweis der Kartoffelbestrahlung. In: *The identification of irradiated foodstuffs*, S. 231—234. Commission of the European Communities, Luxembourg 1974.
28. *Mazón Matanzo, M. P. und Fernández González, J.:* Identificación de alimentos irradiados. II. Identificación de tubérculos de patata irradiados, mediante un test basado en las variaciones de conductividad eléctrica. *JEN-335* (1976).
29. *van Dongen, R., Onderlinden, D. and Strackee, L.:* Additional measurements of conductivity changes in potatoes induced by ionizing radiation. In: *The identification of irradiated Foodstuffs*, S. 203—214. Commission of the European Communities, Luxembourg 1974.

D. Ehlermann  
 Institut für Verfahrenstechnik  
 der Bundesforschungsanstalt  
 für Ernährung  
 Engesserstraße 20  
 D-7500 Karlsruhe 1