

Stoffeigenschaften landwirtschaftlicher Erzeugnisse in elektromagnetischen Feldern und ihre Nutzung in der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik

Von Nuri N. Mohsenin, Eberhard Moser und Helmut Sinn, Hohenheim*)

DK 633/637.004.12:621.317.33:681.785

Verfahren, die die physikalischen Stoffeigenschaften von landwirtschaftlichen Produkten und Nahrungsmitteln im elektromagnetischen Feld nutzen, können zur Verbesserung der Verfahrenstechnik auf dem Gebiet der Herstellung, der Lagerung und Verarbeitung dieser Produkte beitragen. Die vorliegende Arbeit gibt im ersten Teil verschiedene Anwendungsbeispiele für einzelne Bereiche des elektromagnetischen Spektrums an und beschreibt im zweiten Teil den Aufbau einer optischen Bank.

Die optische Bank ist aus im Handel erhältlichen Einzelbestandteilen so zusammengesetzt, daß die ermittelten Remissions- bzw. Transmissionswerte direkt graphisch dargestellt und zum Zwecke einer farbmetrischen Auswertung ausgedruckt werden können.

1. Einleitung

Landwirtschaftliche Produkte, die für die menschliche oder tierische Ernährung und für die Herstellung von Faserstoffen vorgesehen sind, unterliegen zahlreichen physikalischen Verarbeitungsprozessen, bevor sie letztendlich den Verbraucher erreichen. Die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften dieser Produkte und das ingenieurmäßige Einbeziehen dieser Kenntnisse in die Aufbereitungs- und Verarbeitungstechniken haben sich zu einem eigenen Bereich in den Agrarwissenschaften ausgeweitet, der Agrophysik bzw. Nahrungsmittelphysik oder Stoffkunde landwirtschaftlicher Produkte genannt wird. An zahlreichen Universitäten, staatlichen Einrichtungen und in der Nahrungsmittelindustrie ist dieses Fachgebiet in Lehre bzw. Forschung vertreten. Allein in den USA bieten 24 Universitäten Lehrveranstaltungen mit dieser besonderen Thematik an, und viele andere Universitäten beziehen zahlreiche Aspekte dieser physikalischen Stoffeigenschaften mit in ihre Lehrveranstaltungen ein.

Die Stoffkunde landwirtschaftlicher Produkte beinhaltet die Anwendung der klassischen Physik — wie der Mechanik, der Wärmelehre, der Elektrizität und der Optik — bei der Aufbereitung, der Lagerung, der Verarbeitung, der Konservierung und der Qualitätsbestimmung von Roh- und Verarbeitungsware landwirtschaftlicher Produkte [1, 2].

Die Autoren danken Herrn R. Teubner für die Mithilfe bei den Untersuchungen und Herrn Dipl.-Ing. K. Burkhardt für die Mithilfe beim Aufbau des meßtechnischen Teiles.

*) Prof. Dr. N.N. Mohsenin war Gastprofessor am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim aus Anlaß der Verleihung eines "Senior U.S. Scientist Award" durch die Alexander von Humboldt-Stiftung, Bonn; Prof. Dr.-Ing. E. Moser ist Leiter des Fachgebietes "Verfahrenstechnik für Intensivkulturen" des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim; Dipl.-Ing. H. Sinn ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Institut.

In diesem Beitrag wird an einigen Beispielen aufgezeigt, wie die einzelnen Bereiche des in Bild 1 gezeigten elektromagnetischen Spektrums für die Beurteilung landwirtschaftlicher Produkte herangezogen werden kann. Außerdem wird eine sogenannte optische Bank vorgestellt, die im Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim aufgebaut wurde, um das Reflexions- und Transmissionsverhalten von festen und flüssigen landwirtschaftlichen Erzeugnissen untersuchen zu können [4].

2. Elektronen- und Neutronenstrahlen

Neben den in Bild 1 beschriebenen Strahlungsarten wird auch Elektronen- und Neutronenstrahlung eingesetzt. So wird beispielsweise mit Betastrahlung gearbeitet, wenn für Brutzwecke die Dicke von Eierschalen zerstörungsfrei bestimmt werden soll, Bild 2. Neutronenstreumethoden finden weiterhin Verwendung bei der Feuchtebestimmung großer Bodenproben wie auch bei der Feuchte- und Dichtebestimmung von Körnerschüttungen, von konservierten Lebensmitteln, von Kaffeebohnen und von vielen anderen landwirtschaftlichen Erzeugnissen.

3. Elektromagnetische Strahlen

3.1 Gammastrahlen

Gammastrahlen werden hauptsächlich zur Schädlings- und Schimmelbefallskontrolle bei Getreide in Silos und Bunkern, zur Keimfähigkeitsbestimmung bzw. -kontrolle von Saatgut und zur Keimhemmung im Lager bei Zwiebeln und Kartoffeln eingesetzt.

3.2 Röntgenstrahlen

Insektenbefall und Gutbeschädigungen bei Weizen, Reis und Trockenerbsen werden überwiegend durch Röntgenstrahlen festgestellt, wobei für die Ermittlung des Insektenbefalls dieses Verfahren bereits als Standardverfahren gilt. Weiter finden Röntgenstrahlen Verwendung bei der Ermittlung von Frostschäden in Zitrusfrüchten, von Schadstellen bei Äpfeln, von Hohlherzigkeit bei Kartoffeln sowie bei der Dichte- und Größenbestimmung während der selektiven Ernte von Salat, Bild 3 [6]. Außerdem wird dieses Verfahren bei der Fettgehaltsbestimmung von Hackfleisch, bei der Kartoffelsortierung zur Ermittlung von Schadstellen im Innern der Kartoffelnknollen oder zum Abtrennen von Steinen und Erdkluten in Kartoffelvollerternern angewendet [7]. Röntgenstrahlen werden auch eingesetzt zur Reißbestimmung von Reis und bestimmten Körnerfrüchten und zur Ermittlung des Reinheitsgrades von Gras-, Getreide- und Forstsaamen [8].

Im Zusammenhang mit diesen umfangreichen Einsatzmöglichkeiten von Röntgenstrahlen zur Qualitätsbestimmung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen ist es wichtig, auch auf das Verbraucherverhalten gegenüber bestrahlten Nahrungsmitteln hinzuweisen. Aufgrund zahlreicher Untersuchungen über die biologische Wirksamkeit und über eine Begrenzung der Strahlendosis wurden strenge Vorschriften für eine Strahlenbehandlung aufgestellt.

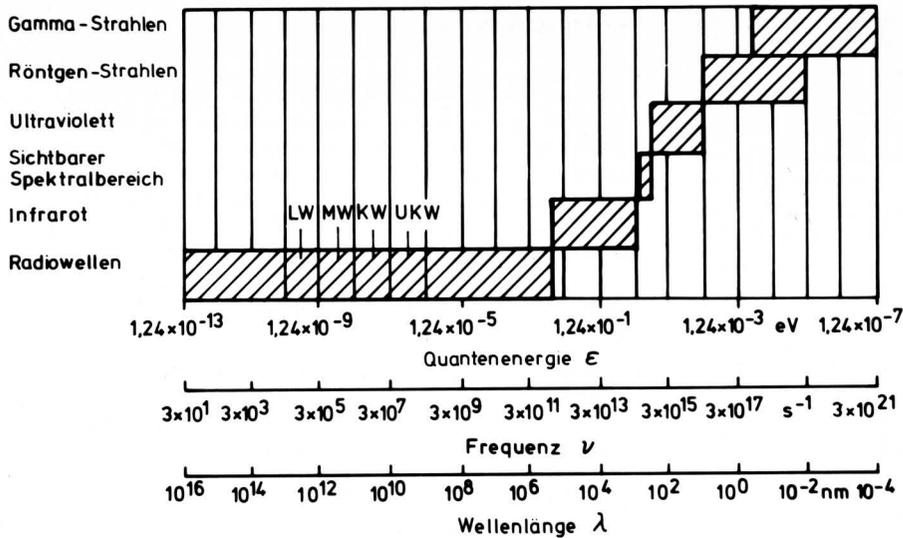


Bild 1. Die Spektralbereiche der Strahlung im Energie-, Frequenz- und Wellenlängenmaßstab nach Nelson [3].

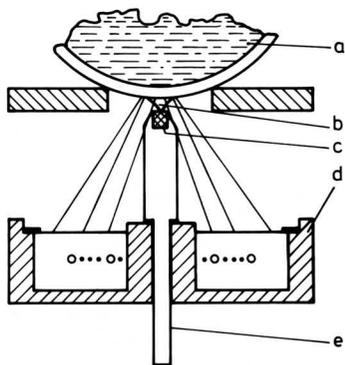


Bild 2. Schematische Darstellung der Dicken- und Dichtemessung von Eierschalen mit Hilfe der Betastrahlung nach James u. Retzer [5].

- a Probe
- b Blende
- c Betastrahler

- d Geigerzähler
- e Probenhalter

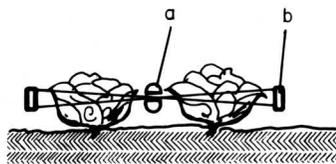


Bild 3. Schematische Darstellung einer Auswahlvorrichtung für Salaterntemaschinen mit Hilfe von Gammastrahlen.

- a Strahlenquelle
- b Empfänger

3.3 Sichtbarer Spektralbereich

Das Licht ist bekanntlich nur ein sehr kleiner Ausschnitt aus dem gesamten Spektrum. Obwohl landwirtschaftliche Erzeugnisse häufig als optisch undurchsichtig angesehen werden, sind nahezu alle Produkte für Licht bestimmter Wellenlänge durchlässig. Die umfangreichste optische Information über ein Produkt erhält man

dabei von derjenigen Strahlung, die durch einen Teil der Zellstruktur eines Produktes durchgelassen wird. Herkömmliche Spektrometrie, die als ein Verfahren zum Studium der Wechselwirkung zwischen Licht und einem beliebigen Material anzusehen ist, wird gewöhnlich unter begrenzten Probenabmessungen und ohne Lichtstreuung durchgeführt. Da keine dieser beiden Bedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse zutrifft und das Vorhandensein von Pigmenten Fluoreszenz und Lichtemission mit Verzögerungen hervorruft, sind spezielle Verfahren und Geräte für die Spektrophotometrie dieser Produkte entwickelt worden.

In den vergangenen Jahren haben das bessere Verständnis der Wechselwirkung zwischen Licht und natürlichen Stoffen, insbesondere die Einbeziehung des energetischen Gleichgewichts beim Einfall des

Lichtes auf solche Stoffe und die Berücksichtigung auch des Absorptions- und Streuungsvermögens neben dem Reflexions- und Transmissionsvermögen zu einer wesentlichen Steigerung des Einsatzes von optischen Methoden zur Qualitätsbestimmung geführt [9, 10, 11]. Computer und Mikroprozessoren, mit denen umfangreiches Datenmaterial verarbeitet werden kann, und die Entwicklung von stabilen Festkörperdetektoren, die auch unter ungünstigen Bedingungen winzige Strahlungsmengen aussenden, erlauben es, beim Bau von Instrumenten und Maschinen auch früher ermittelte optische Kenndaten miteinzubeziehen. Die Darstellungen in Bild 4 bis 7 geben nur eine kleine Auswahl von Beispielen für die Anwendungsmöglichkeiten im sichtbaren Spektralbereich zwischen 400 und 700 nm.

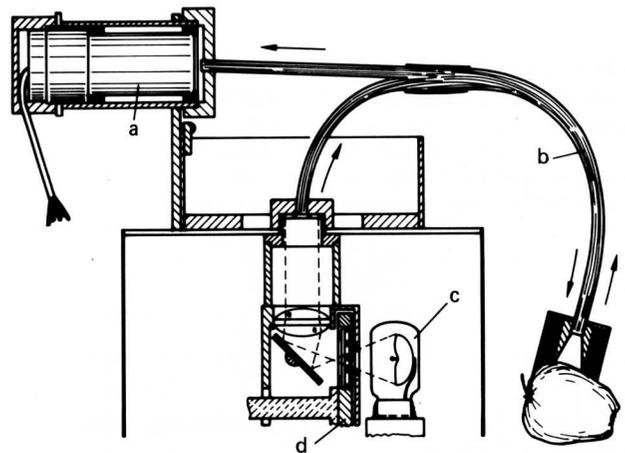


Bild 4. Anordnung zur Faseroptikspektrometrie nach Birth u. Law [12].

- a Photovervielfacher
- b flexibler Lichtleiter
- c Lichtquelle mit Reflektor
- d Filter

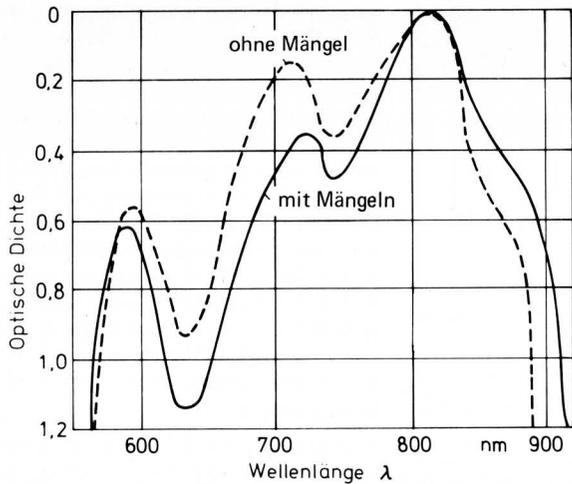


Bild 5. Optische Dichte von Kartoffeln in Abhängigkeit von der Wellenlänge nach *Birth* [13].

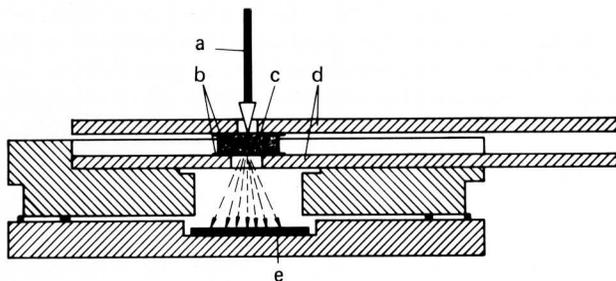


Bild 6. Schematische Darstellung der Feuchtebestimmung von Getreidekörnern aufgrund ihrer Lichtdurchlässigkeit nach *Finney u. Norris* [14].

- a Strahlenbündel
- b Schaumgummi
- c Einzelkorn
- d Probenhalter
- e Siliziumzelle

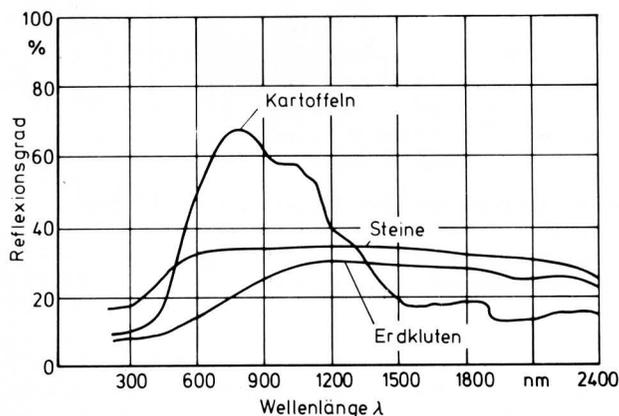


Bild 7. Reflexionsgrad von Kartoffeln, Steinen und Erdkluten in Abhängigkeit von der Wellenlänge nach *Story u. Roghavan* [15].

3.4 Infrarotstrahlen

Obwohl der Einsatz von Infrarotstrahlung in vielen Sparten der Industrie beispielsweise zur Trocknung von Halm- und Körnerfrüchten sowie von Nahrungsmitteln bekannt ist, gelang der eigentliche Durchbruch erst in den letzten Jahren mit den im Handel erhältlichen Geräten der Firma Technicon, USA, bzw. Neotec, Japan, die in den USA zur Qualitätsbestimmung und Komponentenanalyse eingesetzt werden. Mit Hilfe des Reflexions- bzw. Transmissionspektrums landwirtschaftlicher Stoffe kann ein Produkt aufgeschlüsselt werden hinsichtlich des Gehalts an Feuchte, Fett, Eiweiß usw.

Das Gerät der Firma Neotec eignet sich zum Beispiel für eine zerstörungsfreie Analyse sowohl von Flüssigkeiten wie Milch als auch von Feststoffen in Pulverform oder in der Größe von Samen bis zu einer Größe von 15 cm Durchmesser. Bei der Analyse von Körnerfrüchten werden ganze Körner untersucht, wobei nach automatischer Inbetriebnahme des Monochromators und eines Rechners innerhalb kürzester Zeit die Ergebnisse digital angezeigt werden. Über ein Steuerpult kann man sich außerdem alle gewünschten Daten, einschließlich graphischer Darstellungen im kartesischen Koordinatensystem und einer statistischen Analyse, ausdrucken lassen. Eine optisch arbeitende Sortiervorrichtung dieser Firma für Schadstellen im Innern von Kernobst hat eine Sortierleistung von zwei Äpfeln je Sekunde.

Die Geräte der Firma Technicon wurden speziell für die Komponentenanalyse (Wasser, Fett, Eiweiß usw.) von Körnerfrüchten, Mehl und Futterstoffen entwickelt. Sie können nur zu Reflexionsmessungen eingesetzt werden, wobei die Probe zuvor zerkleinert werden muß.

3.5 Mikro- und Radiowellen

Diesen Bereich im elektromagnetischen Spektrum nutzt man zum Erhitzen bei verschiedenen Verfahren der thermischen Behandlung, z.B. zur Trocknung, zu Feuchtemessungen, zur Steigerung der Keimfähigkeit von Saatgut und zu vielen anderen Zwecken.

Erhitzen und Trocknen mit Mikrowellen ist schon seit langem in der Nahrungsmittelindustrie üblich. Die Erwärmung durch Mikrowellen ist den dielektrischen Eigenschaften des zu verarbeitenden Gutes und der Energieumwandlung im Gut zuzuschreiben. Die Trocknung von Körnerfrüchten, Futterstoffen, Obst, Nüssen, Fleisch und Fischen mit Mikro- bzw. Hochfrequenzwellen sind Anwendungsbeispiele bei landwirtschaftlichen Produkten.

Die Feuchtebestimmung von Körnerfrüchten, Trockenobst, Fleisch und einigen anderen Erzeugnissen ist eines der bekanntesten Beispiele, bei dem die elektrischen Stoffeigenschaften als Kenngrößen Verwendung finden. Die elektrischen Stoffeigenschaften sind besonders für die Feuchtemessung und -überwachung im on-line-Verfahren während der Gutverarbeitung geeignet. Geräte zur Feuchtebestimmung auf der Basis dielektrischer und anderer elektrischer Stoffeigenschaften sowie kernmagnetischer Resonanz sind Beispiele für die praktische Anwendung dieses Bereichs elektromagnetischer Wellen.

Die Ermittlung des Beschädigungsgrades von pflanzlichen Produkten als Folge mechanischer oder thermischer Beanspruchungen, die Qualitätsprüfung von Frischeiern, die Längenmessung von Baumwollfasern, die zerstörungsfreie Bestimmung des Zuckergehalts von Obst, die "Frische"-Bestimmung von Fischen und viele andere Prüfverfahren bei der Nahrungsmittelverarbeitung, insbesondere in der Milch- und Milchverwertungsindustrie, beruhen auf Methoden, bei denen dieser Bereich des elektromagnetischen Spektrums Verwendung findet. Die elektrischen Stoffeigenschaften, auf die dabei zurückgegriffen wird, sind die relative oder absolute Dielektrizitätskonstante, der dielektrische Verlustfaktor, der kapazitive Blindwiderstand, der Wirkleitwert, der ohmsche Widerstand, der Wechselstromwiderstand und die Fähigkeit der Produkte, als elektrische Ladungsträger zu dienen.

Nachdem anhand einiger ausgewählter Beispiele aufgezeigt wurde, welche Möglichkeiten der Qualitätskennzeichnung und -kontrolle in diesen physikalischen Stoffeigenschaften liegen, soll im folgenden der Aufbau einer sogenannten optischen Bank für Untersuchungen an landwirtschaftlichen Produkten beschrieben werden.

4. Optische Bank für die Untersuchung landwirtschaftlicher Produkte

Mit einer optischen Bank können Remissions- und Transmissionsmessungen an landwirtschaftlichen Produkten durchgeführt werden. Im vorliegenden Fall besteht zudem die Möglichkeit, die ermittelten Remissions- und Transmissionswerte direkt graphisch darzustellen und für eine farbmetrische Auswertung ausdrucken zu lassen.

Aus Bild 8 und 9 sind der Aufbau und die verschiedenen Meßprinzipien der optischen Bank des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim ersichtlich.

Hauptbestandteil der optischen Bank ist der Gittermonochromator MB 3 der Firma Zeiss mit einem Spektralbereich von 193 bis 900 nm, einer von 0,2 bis 2 mm einstellbaren Spaltbreite und einem Filterrevolver mit Falschlichtschutzfiltern unterschiedlicher Durchlaßbereiche. Der Wellenlängenantrieb ermöglicht eine motorische oder manuelle Verstellung der Wellenlängen. Falls Daten über einen größeren Spektralbereich zu ermitteln sind, empfiehlt es sich, Prismenmonochromatoren zu verwenden, die von der Firma Zeiss mit Spektralbereichen zwischen 185 bis 2500 nm bzw. 180 bis 1700 nm angeboten werden. Diese größeren Spektralbereiche ermöglichen die Ermittlung optischer Stoffeigenschaften auch im ultravioletten und infraroten Bereich.

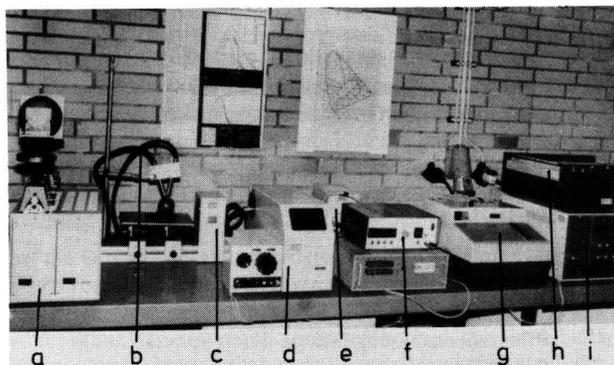


Bild 8. Aufbau der optischen Bank des Instituts für Agrartechnik, Universität Hohenheim.

- | | |
|---|------------------------------|
| a Netzteil | e Lichtquelle |
| b Faseroptik | f Impulsgeber und Digitaluhr |
| c Empfängergehäuse mit Kugelansatz und Photovervielfacher | g Drucker |
| d Monochromator mit Wellenlängenantrieb | h x,y-Schreiber |
| | i Anzeigegerät |

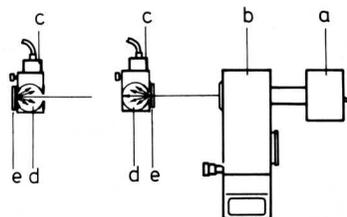


Bild 9. Meßprinzip für Transmissionsmessungen (rechts) und für Remissionsmessungen (links).

- | | |
|----------------------|---------------|
| a Leuchte | d Kugelansatz |
| b Monochromator | e Probe |
| c Photovervielfacher | |

Sowohl bei Remissions- als auch bei Transmissionsmessungen trifft das Licht der Glühlampe bzw. UV-Lampe nach dem Durchgang durch den Monochromator als monochromatisches Licht bekannter Wellenlänge auf die Probe. Die reflektierte bzw. durchgelassene Strahlung gelangt danach in die Hohlkugel des Kugelansatzes. An der Innenwand der Hohlkugel wird die Strahlung nahezu vollständig gestreut und erreicht dann die Kathode des Photovervielfachers, der sie in ein elektrisches Signal umwandelt. Das Signal erzeugt im Anzeigegerät eine dem Strahlenfluß proportionale Digitalanzeige. Impulse vom Wellenlängenantrieb steuern die x-Achse des Kompensationsschreibers; die y-Achse wird vom Verstärker des Anzeigegerätes angesteuert. Neben dieser graphischen Darstellung von Remissions- bzw. Transmissionskurven einer Probe besteht darüber hinaus die Möglichkeit, mit dem Drucker die Werte ausdrucken zu lassen. Mit Hilfe des programmierbaren Taschenrechners HP 41-C der Firma Hewlett-Packard und den ausgedruckten Werten lassen sich das Äußere oder Innere einer Probe nach farbmetrischen Gesichtspunkten durch den Normfarbwert Y und die Normfarbwert-Anteile x und y der international vereinbarten Normlichtart C kennzeichnen.

Bei Remissionsmessungen wird die gewölbte Oberfläche einer Probe oder ein scheiben- oder plattenförmiges Probenstück gegen die vom Monochromator abgewandte Kugelöffnung des Kugelansatzes gedrückt, Bild 9 linke Seite.

Bei Transmissionsmessungen werden scheiben- oder plattenförmige Probenstücke oder flüssige Proben in Küvetten mit einem Probenhalter vor der dem Monochromator zugewandten Kugelöffnung angebracht. Dabei ist die dem Monochromator abgewandte Kugelöffnung mit einer Platte abgedeckt, die auf der Innenseite mit Kugelbelag belegt ist, Bild 9 rechte Seite. Bei Messungen an sehr kleinen oder schmalen Proben kann ein spezielles Zusatzgerät der Firma Zeiss verwendet werden. Mit dieser optischen Bank wurden zahlreiche Remissions- und Transmissionsmessungen durchgeführt, u.a. an Äpfeln, Tomaten, Zitrusfrüchten, Blättern, Rosinen, Brot, Eierschalen, Käse, Milch, Tomaten- und Orangensaft.

5. Zusammenfassung

Die Kenntnis und Nutzung der physikalischen Stoffeigenschaften von landwirtschaftlichen Produkten und Nahrungsmitteln im elektromagnetischen Wellenfeld haben zu einer Verbesserung der Verfahrenstechnik auf dem Gebiet der Herstellung, der Lagerung und der Verarbeitung dieser Produkte beigetragen. Die vorliegende Arbeit gibt im ersten Teil verschiedene Anwendungsbeispiele für jeden Bereich des elektromagnetischen Spektrums an und beschreibt im zweiten Teil den Aufbau der optischen Bank des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] ● *Mohsenin, N.N.*: Physical properties of plant and animal materials. New York, London und Paris: Gordon and Breach Science Publishers 1970.
- [2] ● *Mohsenin, N.N.*: Thermal properties of foods and agricultural materials. New York, London und Paris: Gordon and Breach Science Publishers 1980.
- [3] *Nelson, S.O.*: Radiation processing in agriculture. Trans. ASAE Bd. 5 (1962) Nr. 1, S. 20/25, 30.
- [4] ● *Mohsenin, N.N.*: Electromagnetic radiation properties of foods and agricultural products. (in Vorbereitung).
- [5] *James, P.E. u. H.T. Retzer*: Measuring eggshell strength by Beta backscattering technique. Poultry Science Bd. 46 (1976) Nr. 5, S. 1200/1203.

- [6] *Lenker, D.H. u. P.A. Adrian:* Use of x-ray for selecting mature lettuce heads. Trans. ASAE Bd. 14 (1971) Nr. 5, S. 894/98.
- [7] *Madigan, J.J.:* Methods and apparatus for determining the quantitative relationship of components in products by measurement of gamma-ray penetration. U.S. Patent No. 2992 332 (1961).
- [8] *Belcher, E. u. T.A. Vozzo:* Radiographic analysis of agricultural and forest tree seeds. Contribution No. 31 to the Handbook on Seed Testing. Assoc. Official Seed Analysts 1979.
- [9] *Birch, G.S.:* The light scattering properties of foods. J. of Food Sci. Bd. 43 (1978) Nr. 3, S. 915/25.
- [10] *Kortüm, G.:* Reflexionsspektroskopie. Berlin, Heidelberg und New York: Springer-Verlag 1969.
- [11] *Chen, P.:* Use of optical properties of food materials in quality evaluation and material sorting. Boston: 1st. Int. Congress on Engng. and Food, 1976.
- [12] *Birch, G.S. u. S.E. Law:* Interaction of light and natural materials. Athen: Russell Agricultural Research Center, 1977.
- [13] *Birch, G.S.:* A nondestructive technique for detecting internal discoloration in potatoes. Am. Potato J. Bd. 37 (1960) Nr. 2, S. 53/60.
- [14] *Finney, F.F. u. K.H. Norris:* Determination of moisture in corn kernel by near-infrared transmittance measurements. Trans. ASAE Bd. 21 (1978) Nr. 3, S. 581/84.
- [15] *Story, A.G. u. G.S.V. Roghavan:* Sorting potatoes from stones and soil clods by infrared reflectance. Trans. ASAE Bd. 16 (1973) Nr. 2, S. 304/309.

Belastung des Arbeitsplatzes durch Wirkstoffe beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln¹⁾

Von Wilhelm Batel, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.348:614.7

Für die Vorgänge, die zur Belastung des Arbeitsplatzes beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln führen, gibt es vergleichsweise wenig Grundlagen. Es ist daher Ziel der Untersuchungen, solche Grundlagen und damit auch Voraussetzungen für Belastungsprognosen zu erarbeiten. Die aufgrund der so gewonnenen Unterlagen errechneten Belastungen stimmen recht gut mit den in der Produktion gemessenen überein.

Bei Einhaltung der empfohlenen Aufwandmengen werden mit geeigneten Ausbringungsgeräten die MAK-Werte beim Feldspritzen unterschritten. Ausnahmen sind bei großen Spritzbalkenabständen zum Boden und anderen in der Arbeit genannten Bedingungen möglich. Für solche Fälle stehen Schutzmaßnahmen zur Verfügung. Die Möglichkeit von Belastungsprognosen gibt Entscheidungshilfen für die Entwicklung und Zulassung neuer Pflanzenbehandlungsmittel und Ausbringungsgeräte aber auch für die Anwendungstechnik. Kontrollmessungen sind mit Hilfe von Prüfstandsversuchen möglich, wenn praxisnahe Rahmenbedingungen eingehalten werden.

Inhalt

1. Einleitung und Aufgabenstellung
2. Wirkungsablauf, Begriffe und Grundsätzliches zum Vorgang der Arbeitsplatzbelastung beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln

¹⁾ Pflanzenschutzmittel und Wachstumsregler

Für die Mitarbeit, Unterstützung und Beratung wird allen Beteiligten an dieser Arbeit bestens gedankt. Besonders erwähnt sei Herr *Surburg*, stellvertretend für die Lohnunternehmer.

*) Prof. Dr.-Ing. W. Batel ist Leiter des Instituts für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

- 2.1 Wirkungsablauf und Begriffe
- 2.2 Erklärungsmodell zur Arbeitsplatzbelastung durch Wirkstoffe bei einer fahrzeuggetragenen Spritzbalkenquelle
3. Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung und Meßtechnik
 - 3.1 Messen des Wirkstoffgehaltes in der Luft am Fahrerplatz bei Spritzarbeiten in landwirtschaftlichen Betrieben
 - 3.2 Untersuchungen in einem Windkanal
 - 3.3 Untersuchungen mit Hilfe eines Versuchsstandes
 - 3.4 Feldmessungen mit Versuchseinrichtungen
 - 3.5 Meßtechnik
 - 3.6 Meßgrößen
4. Versuchsergebnisse
 - 4.1 Wirkstoffbelastung am Fahrerplatz beim Ausbringen von Pflanzenbehandlungsmitteln durch Spritzen in der Produktion
 - 4.2 Wirkstoffbelastung an einer Referenzstelle im Abdriftstrom (Windkanal)
 - Einfluß der Höhe der Meßstelle, der Windgeschwindigkeit, des Spritzdrucks und der Düsenbauart, des Emissionsstromes, des Luftzustandes, der Eigenschaften der Spritzflüssigkeit
 - 4.3 Wirkstoffbelastung an der dem Arbeitsplatz entsprechenden Referenzstelle im ungestörten Abdriftstrom unter meteorologischen Bedingungen
 - Einfluß der relativen Windgeschwindigkeit, der Höhe, der Spritzbalkenanordnung, des Windeinfallswinkels
 - 4.4 Wirkstoffbelastung des Arbeitsplatzes auf einem Spritzfahrzeug, Versuchsstand
 - 4.5 Wirkstoffbelastung des Arbeitsplatzes auf einem Versuchsfahrzeug unter praktischen Bedingungen in Abhängigkeit von der relativen Windgeschwindigkeit bei verschiedenen Pflanzenbeständen
5. Vorausberechnung der Arbeitsplatzbelastung aus Messungen unter Versuchsbedingungen
6. Maßnahmen zur Minderung der Belastung
7. Beanspruchung des Beschäftigten als Folge der Arbeitsplatzbelastung – einige Hinweise
8. Zusammenfassung