

Lichtspeicherung und Lebensmittelqualität

Jürgen Strube und Peter Stolz

Eine neue, aussagekräftige Methode zur Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln beruht darauf, dass (pflanzliche) Proben nach Bestrahlung mit verschiedenfarbigem Licht unterschiedlich stark nachleuchten. Auch das Alter und Anbauverfahren wirken sich auf die Anregbarkeit aus.

Die Lichtspeicherung pflanzlicher Proben bei verschiedenen Farben zeigt etwas über die Eigenart der Probe. Diese Methode zur Untersuchung der Lebensmittelqualität ist mit der Biophotonenmessung nach Popp verwandt, geht aber anders vor. Getreide und andere Samen aus unterschiedlichen Anbausystemen konnten damit im Blindversuch gut getrennt werden. Im Verlauf der Lebensmittelverarbeitung ist mit dieser Methode die Alterung zerkleinerter Pflanzen messbar, und nicht raffinierter Rohrzucker lässt sich von weißer Raffinade unterscheiden.

Lebende Organismen strahlen schwaches Licht ab

Das Licht in und aus Lebensmitteln wurde vor allem durch Fritz-Albert Popp bekannt (Popp, 1987, 1988, 1993). Ihm gelang 1975 zusammen mit seinem Doktoranden Bernhard Ruth die Messung einer schwachen Lichtstrahlung bei praktisch allen biologischen Proben (Ruth, 1976, 1977). Bereits 1923 hatte der russische Biologe Gurwitsch bei Experimenten mit Zwiebelwurzeln eine solche schwache Lichtstrahlung als sicher angesehen. Popp nannte dieses schwache, mit bloßem Auge normalerweise nicht sichtbare Licht, das nur in Form einzelner Photonen gemessen werden kann, Biophotonen.

Eine Beziehung zwischen der Intensität dieser Strahlung und der Qualität eines Lebensmittels lässt sich nur in wenigen Fällen einfach herstellen. Über die insbesondere durch Popp erforschte biologische Bedeutung des schwachen Lichts hat Marco Bischof (1995) im Buch „Biophotonen“ eine umfassende Darstellung gegeben. Speziell auf Lebensmittel geht Fritz-Albert Popp (1993) in seinem Buch „Die Botschaft der Nahrung“ ein, das gerade in überarbeiteter Fassung erschienen ist. Darin zeigt er, wie er Proben zunächst beleuchtet und durch Messung der Nachleuchtintensität, Krümmung der Abkling-

kurve und Zeitkonstanten Lebensmittelproben bewertet. Auch wir haben zunächst nach diesen Gesichtspunkten untersucht, fanden aber im Laufe der Zeit eine andere Systematik.

Pflanzen wachsen im direkten oder indirekten Sonnenlicht. Unsere Untersuchungen zeigten, dass unterschiedlich kultivierte Pflanzen auch unterschiedlich auf die Farben des Lichts reagieren. Aus einer Vielzahl von Untersuchungen ergab sich eine einfache Systematik. Diese wird am Vergleich zwischen Proben aus der leblosen Natur und solchen aus der Pflanzenwelt am besten deutlich.

Die übliche Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln basiert z. T. auf äußeren Eigenschaften wie Gewicht, Form oder Aussehen bzw. chemisch-analytisch ermittelten Mengen von Nährstoffen oder

runge bezeichnet. Nach Schrödinger (1951) muss ein lebendiger Organismus Ordnung aus der Umgebung aufnehmen, um seine Organisation bewahren zu können.

Messung der Biophotonen

Bei Biophotonen-Untersuchungen ist zu unterscheiden zwischen der von Popp und Ruth (1976; 1977) ursprünglich durchgeführten Messung der dauerhaften schwachen Emissionen einer Probe, die sich nach der Dunkeladaptation einstellen und der induzierten Emission (Popp, 1988; Köhler, 1991). Bei der induzierten Emission (ebenfalls von Popp eingesetzt) erfolgt eine definierte Beleuchtung der Probe mit weißem oder farbigem Licht und nach Ende der Beleuchtung die zeitaufgelöste Messung der Lichtemission der Probe.

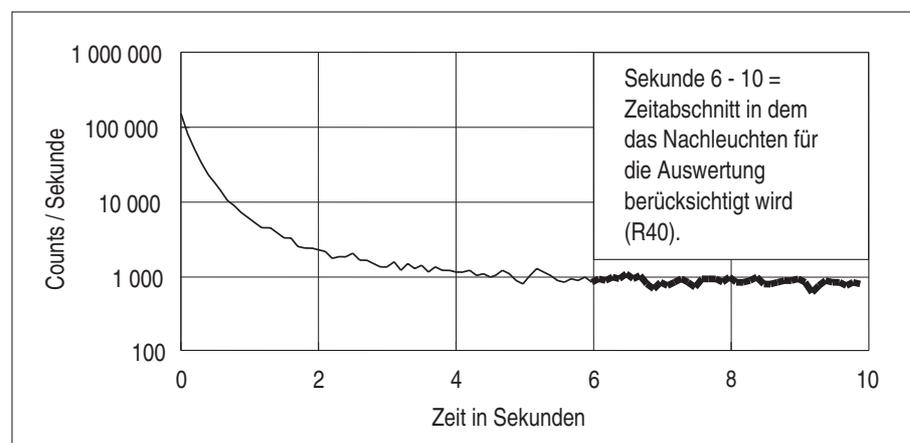


Abb. 1: Kurz nach der Beleuchtung (Sekunde 0) leuchten alle Proben (hier: Kümmel) am stärksten nach. Nach sechs bis zehn Sekunden ist das Nachleuchten schwächer, aber relativ konstant.

Mikronährstoffen. Eine derartige Betrachtungsweise sieht das Ganze als Summe seiner Teile. Mit der Lumineszenz wird mehr die Verbindung der vorhandenen Stoffe als deren Art und Menge untersucht. Insofern die Beziehung der Teile untereinander betrachtet wird, wird das Ganze als mehr angesehen als die Summe seiner Teile. Die innere Verbindung wurde auch als Ordnung, Information oder Botschaft der Nah-

Die Messung selbst kann man als messtechnische Nachahmung des Wechsels vom Tag zur Nacht ansehen. Die Probe wird für fünf Sekunden mit weißem Licht beleuchtet. Danach wird in Dunkelheit zehn Sekunden lang gemessen, wie stark die Probe nachleuchtet. Nacheinander wird ebenso mit rotem, gelbem, grünem, blauem und ultraviolettem Licht die Nachleucht-Intensität gemessen. Nach weißem

Licht leuchtet praktisch jede Probe. Deutliche Unterschiede zeigen sich bei farbigem Licht. Nach dem angewandten Verfahren ist diese Messungsart vergleichbar der zeitaufgelösten Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie. (Weitere Einzelheiten siehe Strube, 1997a, 1997b, 1998; Strube u. Stolz, 1999).

Das Nachleuchten ist sofort nach Beleuchtungsende am stärksten (kurzfristige Lumineszenz) und klingt dann ab (Abb. 1). Der erste Messwert bei der Sekunde Null, d. h. unmittelbar nach Ende der Beleuchtung, ist am höchsten. Sechs bis zehn Sekunden nach der Anregung ist das Nachleuchten deutlich geringer, aber mit entsprechenden Geräten noch gut messbar. Diese mittelfristige Lumineszenz von der sechsten bis zur zehnten Sekunde bezeichnen wir mit R40.

Stoffe reagieren isoliert anders als im Zusammenhang eines Organismus

Werden chemische Einzelstoffe (z. B. Natriumchlorid, Saccharose, Zitronensäure, Ascorbinsäure, Aminosäuren, Chlorophyll) mit farbigem Licht beleuchtet, so fällt auf, dass sie alle am intensivsten nach blauem Licht nachleuchten.

Dagegen reagieren grüne pflanzliche Proben auf die Anregung durch Licht aller Farben. Die pflanzlichen Proben werden dabei „ganz“ (ohne chemischen Aufschluss) untersucht. Allerdings ist manchmal eine Zerkleinerung erforderlich, weil sich die Probe sonst nicht im Messgerät unterbringen lässt.

Die absolute Intensität der Lumineszenz ist bei unterschiedlichen Probenarten meist verschieden. Auch ist die Reaktion auf die Farben nicht vollständig gleich. Aber die Grundpolarität – Reaktion bevorzugt auf blaues Licht (= schmalbandig) bei Einzelstoffen und auf viele Farben (= breitbandig) bei pflanzlichen Proben – tritt immer auf. Da diese Polarität bei der mittelfristigen Lumineszenz (R40) am besten zum Ausdruck kommt, werten wir hauptsächlich diese Phase aus.

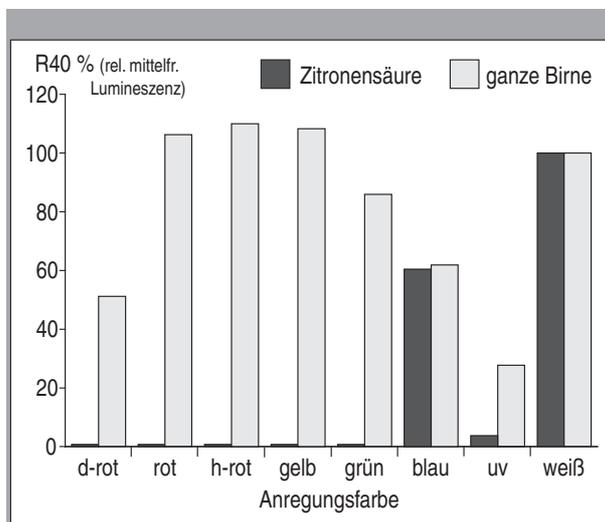


Abb. 2: Lumineszenz nach Anregung mit verschiedenfarbigem (dunkelrot bis ultraviolett) und weißem Licht bei Zitronensäure und Birne (als Repräsentanten einer chemischen Einzelsubstanz bzw. einer pflanzlichen Probe). Die chemische Einzelsubstanz reagiert besonders auf blaues Licht, eine pflanzliche Probe auf alle Farben.

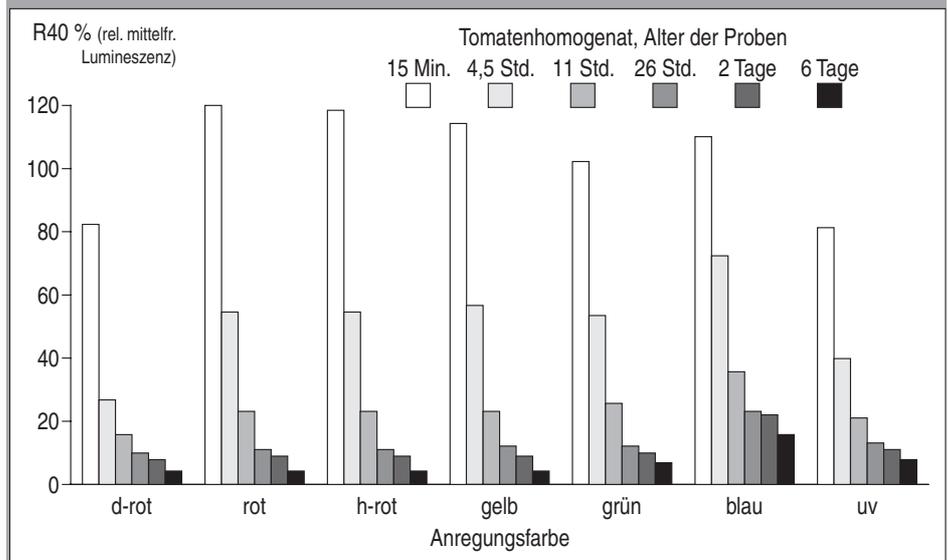


Abb. 3: Änderung der Anregbarkeit von Tomatenhomogenat mit zunehmendem Probenalter. Die sechs Tage alten Proben lassen sich praktisch nur noch durch blaues Licht anregen.

Die in der Abb. 2 durch eine ganze Birne vertretende Probengruppe frischen pflanzlichen Materials und getrockneter grüner Blätter fällt dadurch auf, dass sie sich durch alle Lichtfarben anregen lässt.

Alterndes Tomatenpüree

Ob die dargestellte Polarität zwischen der Lumineszenz von Proben aus der unbelebten und der belebten Natur wirklich zur differenzierten Beurteilung von Lebensmitteln geeignet ist, musste sich an weiteren Fakten erweisen. Es war zu erwarten,

dass lebendes Material bei Alterung (Absterben) eine Veränderung des Anregungsspektrums hin zur Anregbarkeit durch blaues Licht aufweist (Verschmälerung des Anregungsspektrums). Dies war bei allen bisher untersuchten Proben tatsächlich der Fall. Ein Beispiel dafür ist die Altersreihe von homogenisierten Tomaten (Abb. 3).

Die absolute Intensität des Nachleuchtens hängt vom Probenmaterial und seinem Alter ab und natürlich auch von der Probenmenge. Werden die Messwerte nach einer Farbe durch den zugehörigen

Messwert bei weißem Licht geteilt, ergibt sich die prozentuale Verteilung. Sie eignet sich gut für Vergleiche der Bandbreite.

Samen – Ruheform der Pflanze

Im Samen kommen die Lebensprozesse der Pflanze zur Ruhe, um den Winter zu überdauern und zukünftig bei Eintreten geeigneter Lebensbedingungen wieder eine Pflanze hervorbringen zu können.

Vergleicht man die relativen Anregungsspektren von Weizen (als Samenrepräsentant) mit dem von Brennnesselblatt (als Grünpflanzenrepräsentant) und Zitronensäure (als Repräsentant einer chem. Einzelsubstanz), so steht der Same zwischen der Grünpflanze und der Einzelchemikalie (Abb. 4). Damit bilden Samen eine besonders gute Bestätigung der Polarität,

obwohl dies nicht auf den ersten Blick offensichtlich ist.

Zunächst scheinen Samen der dargestellten Polarität zu widersprechen, da Samen aus dem Bereich der belebten Natur stammen, bei der Untersuchung jedoch eher wie leblose Proben erscheinen, da sie sich besonders durch blaues Licht anregen lassen. Unverkennbar ist jedoch, dass ihre Anregbarkeit auch bei den übrigen Farben deutlich höher ist als bei einer chemischen Einzelsubstanz. Samen stellen die Ruheform der Pflanze dar. Sie sind aktuell nicht im vegetativen Zustand, sondern erscheinen nahezu unveränderlich, wie leblos. Erst bei Zugabe von Wasser gehen sie in den vegetativen Zustand über und beginnen zu keimen. Tatsächlich nimmt dabei auch die gemessene Anregungsbandbreite wieder zu.

Die Blaubetonung des Anregungsspektrums deutet in Richtung Leblosigkeit, die Breitbandigkeit in Richtung pflanzlicher Herkunft. Dem entspricht die mit der Keimung zunehmende Breitbandigkeit der Anregung, die bei ausgebildeten Keimlingen schließlich der von grünem pflanzlichem Material gleicht (ähnlich dem Beispiel der Birne in Abb. 2).

Sämtliche bisher untersuchten Samen zeigen ein ähnliches Anregungsspektrum.

Die Polarität schmal – breit gilt auch bei Feinheiten

Ein Prinzip muss nicht nur grob, sondern auch in Feinheiten gelten. So müsste sich z. B. zeigen lassen, dass Prozesse in Richtung Stoffwechsel bei feuchteren Körnern stärker gegeben sind als bei trockeneren. In der Tat ergaben unsere Untersuchungen eine breitbandigere Anregbarkeit der feuchteren Proben und eine Verschiebung in Richtung Blau bei trockeneren Proben.

Wie genau die Methodik ist, zeigen Unterschiede im Feuchtegehalt der Proben. Weizen wurde bei 10 Prozent und bei 60 Prozent relativer Luftfeuchte drei Wochen lang bei gleicher Temperatur gelagert. Der trockenere Weizen zeigte anschließend deutlicher das Anregungsspektrum der Samenruhe: Das Lumineszenzverhalten ist schmalbandiger und die Anregbarkeit durch blaues Licht relativ stärker ausgeprägt als bei feuchten Samen (Abb. 5).

Als breitbandiger bezeichnen wir die Emission dann, wenn die Anregbarkeit durch rotes, gelbes und grünes Licht stärker wird und die auf blaues Licht etwas abnimmt. Umgekehrt kann man von einer Tendenz zur Schmalbandigkeit sprechen, wenn die rote, gelbe und grüne Anregbarkeit etwas ab-, und dafür die blaue etwas zunimmt.

Dieses Verhalten deutet bereits an, wie eine Beurteilung von Samen möglich ist: Für Samen als Ruheformen ist ein relativ schmalbandiges und blaubetontes Anregungsspektrum charakteristisch. Gute Samen haben eine gut ausgeprägte Samenruhe (schmalbandiges Anregungsspektrum) und können dennoch in den vegetativen Zustand zurückkehren.

Unsere Interpretation wird durch andere Untersuchungsmethoden gestützt.

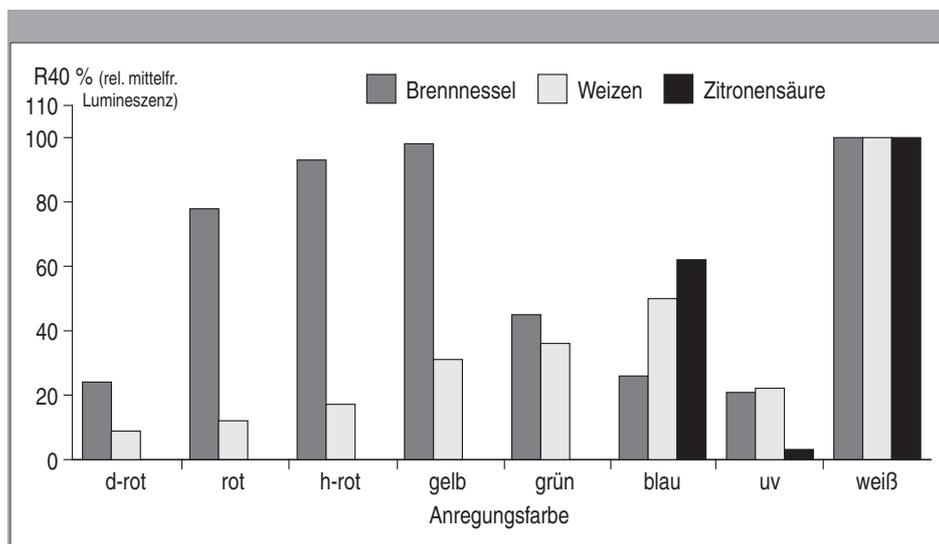


Abb. 4: Vergleich Blatt – Same – Einzelstoff: Samen (hier repräsentiert durch Weizen) stehen mit ihrer Anregbarkeit durch verschiedene Lichtfarben zwischen grünem pflanzlichem Material und chemischen Einzelsubstanzen. Das untersuchte Brennnesselmaterial war ein gerebeltes Blatt. Dass es sich um gealtertes grünes Material handelt, ist mit etwas Erfahrung an der von rot über hellrot zu gelb ansteigenden Lumineszenz zu erkennen. Bei frischen grünen Blättern würde der Rot- und Hellrotwert den Gelbwert etwas übersteigen.

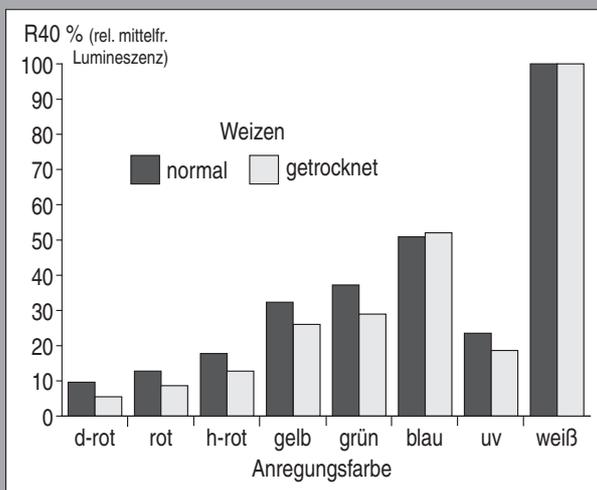
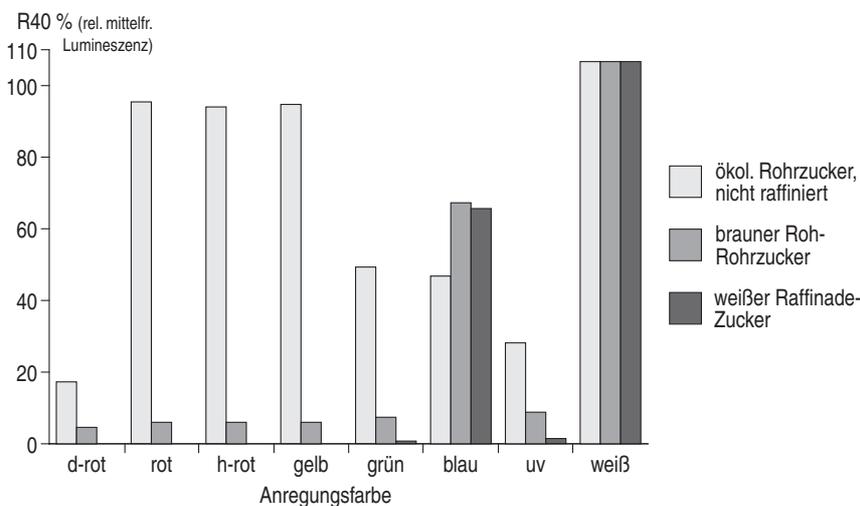
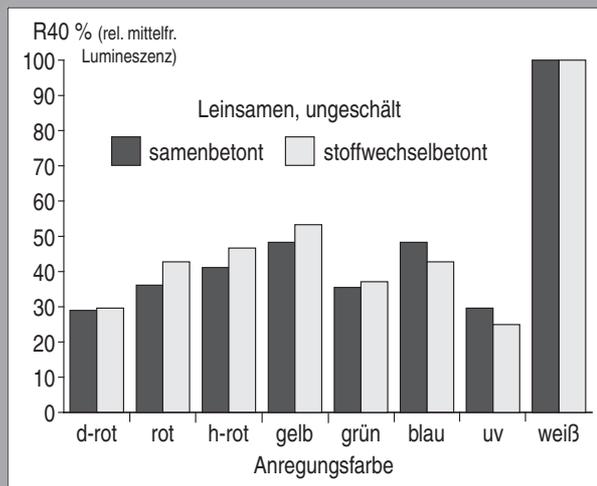


Abb. 5: Samen (hier repräsentiert durch Weizen) zeigen in der relativen mittelfristigen Lumineszenz bei geringerem Feuchtegehalt eine schmalbandigere, blaubetonte Anregbarkeit.

Abb. 6: Brauner Leinsamen (Handelsproben) aus unterschiedlichen Anbauverfahren zeigte bei unseren Untersuchungen regelmäßig unterschiedliche Ausprägung, die mit dem Anbauverfahren korrelierte. Die gleichen Proben wurden von Frau Dr. U. Balzer-Graf, CH-Frick, mit empfindlicher Kristallisation und Steigbild untersucht. Die Ergebnisse entsprachen sich.

Abb. 7: Drei Zuckersorten im Vergleich. Weißer Raffinadezucker (rechte Balkenserie) zeigt das typische Anregbarkeitsmuster einer chemischen Einzelsubstanz (blau). Der braune Roh-Rohrzucker (mittlere Reihe) weist bereits eine geringe Anregbarkeit bei rot bis grün auf, unterscheidet sich in der spektralen Verteilung der Anregbarkeit jedoch nur wenig vom weißen Zucker. Eine deutlich breitere Anregbarkeit weist nur der nicht raffinierte, ökologische Rohrzucker (linke Reihe) auf.



Vergleiche mit Ergebnissen von empfindlicher Kristallisation und Steigbild (Dr. Ursula Balzer-Graf, Forschungsinstitut für Vitalqualität, CH-Frick) am gleichen Probenmaterial zeigten gute Übereinstimmungen und trugen dazu bei, dass wir sicherer in der Deutung unserer Ergebnisse wurden.

Als ein Beispiel möge ungeschälter Leinsamen dienen (Abb. 6). Die von Balzer-Graf als samenhafter beurteilte Variante (aus biologischem Anbau) zeigte eine

geringere relative Anregbarkeit bei Rot, Gelb und Grün sowie eine erhöhte bei Blau, und die Beurteilung entspricht damit unserer Interpretation.

Zucker ist nicht gleich Zucker

Zucker wurde in drei Verarbeitungsstufen untersucht: 1. als ökologischer, nicht raffinierter Roh-Rohrzucker, 2. als brauner Roh-Rohrzucker und 3. als weißer Raffinade-Zucker (Abb. 7).

Weißer Raffinade Rohrzucker zeigt das typische Muster einer chemischen Einzelsubstanz, bei der die Anregbarkeit durch blaues Licht hervortritt.

Der braune Roh-Rohrzucker zeigt bereits eine geringe zusätzliche Anregbarkeit bei Rot, Gelb und Grün. Deutlich unterscheidet sich jedoch der ökologische nicht raffinierte Rohrzucker, der bei Rot, Gelb und Grün das typische Anregbarkeitsmuster pflanzlichen Materials zeigt, das offensichtlich durch die Raffination verloren geht.

Mit der hier beschriebenen Methode der Anregbarkeit pflanzlicher Proben mit verschiedenfarbigem Licht hat man ein geeignetes Werkzeug zur Messung solcher Qualitätsunterschiede, wie sie z. B. durch unterschiedliche Anbauverfahren hervorgerufen werden. □

Dr. Jürgen Strube,

KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Fuldaer Str. 21, D-36160 Dipperz



Fotos: W. M. Rammner



und Dr. Peter Stolz

Danksagung

Die grundlegenden Arbeiten wurden insbesondere durch die Firma tegut in Fulda, die Firma AlnaturA und die Stiftung Helixor gefördert.

Maßgebliche Anregungen und fruchtbare Gespräche verdanken wir Prof. Dr. Fritz-Albert Popp, Dr. Karl-Josef Müller und Dr. Ursula Balzer-Graf.

Die Mehrzahl der Messungen wurde von Jutta Koj, Sascha Damaschun und Gudrun Mende durchgeführt. Allen sei ganz herzlich gedankt.

Literatur:

Bischof, M., 1995: Biophotonen – Das Licht in unseren Zellen. Zweitausendeins, Frankfurt/M.

Köhler, B. et al., 1991: Photonenemission – eine neue Methode zur Erfassung der „Qualität“ von Lebensmitteln. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 87. Jahrg (Heft 3): S. 78-83

Popp, F.-A., 1987: Biophotonen-Analyse zu Fragen der Lebensmittelqualität und des Umweltschutzes. Ökologische Konzepte 26: S. 39-55

Popp, F.-A., 1988: Biophotonen-Analyse der Lebensmittelqualität. In: Meier-Ploeger, A. und H. Vogtmann (Hrsg.): Lebensmittelqualität – ganzheitliche Methoden und Konzepte, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim, Ökologische Konzepte 66, S. 87-112

Popp, F.-A., 1993: Die Botschaft der Nahrung. Unsere Lebensmittel in neuer Sicht. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt/Main

Ruth, B. und F. A. Popp, 1976: Experimentelle Untersuchungen zur ultraschwachen Photonenemission biologischer Systeme. Zeitschrift für Naturforschung, 1976 (31c): S. 741-745

Ruth, B., 1977: Experimental Investigations on Ultraweak Photon Emission. In Electromagnetic Bio-Information, Symposium. 1977. Marburg: Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore

Schrödinger, E., 1951: Was ist Leben? (Dt. Übersetzung von What is Life?). 2. Auflage, München, Leo Lehnen Verlag GmbH

Strube, J., 1997a: Vergleichende Ganzproben-Untersuchung mittels zeitaufgelöster Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (Lumineszenz-Untersuchung). KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Fuldaer Str. 21, D-36160 Dipperz

Strube, J., 1997b: Bohnen zeigen im Samen Unterschiede der Anbauweise, KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Fuldaer Str. 21, D-36160 Dipperz: S. 1-5

Strube, J., 1998: Charakterisierung von Samen mittels Biophotonen. Überarbeitete Fassung eines Beitrags im Seminar: „Biophotonik zur ganzheitlichen Qualitätsbeurteilung von Getreide“ des Internationalen Institutes für Biophysik und der Fa. Biophotonen F.-A. Popp. Neuss (Raketenstation Hombroich): KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Fuldaer Str. 21, D-36160 Dipperz

Strube, J. und P. Stolz, 1999: Zerstörungsfreie Lebensmitteluntersuchung an Ganzproben mittels Biophotonen-Fluoreszenz-Anregungsspektroskopie. In: Tagung 1999 der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung DGQ. Weihenstephan: Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung

Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:

Strube, Jürgen und Stolz, Peter (2001): Lichtspeicherung und Lebensmittelqualität. *Ökologie & Landbau* 117 (1/2001): 15-18.

Das Dokument ist in der Datenbank „Organic Eprints“ archiviert und kann im Internet unter <http://orgprints.org/00001960/> abgerufen werden.