



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR QUALITÄTSFORSCHUNG  
(PFLANZLICHE NAHRUNGSMITTEL) E. V.  
c/o Fachgebiet Obstbau TUM, 85350 Freising  
XXXVII. VORTRAGSTAGUNG, Hannover, 2002

## Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie zur Bestimmung der Qualität von Äpfeln aus ökologischem Anbau

*Jürgen Strube und Peter Stolz*

KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Fuldaer Str. 21, D- 36160 Dipperz  
Tel.: +49-6657-6492 Fax: +49-6657-6592 E-Mail: [kwalis@t-online.de](mailto:kwalis@t-online.de)

### *Fluorescence-Excitation-Spectroscopy for Determination of Quality of Apples from Organic Farming*

**Abstract:** *With apples from a controlled study it was recognised that ripeness of apples can be measured as pronounced inner differentiation between fruit and seed by fluorescence-excitation-spectroscopy. The application of biodynamic preparations was clearly measurable and yielded the same effect as if the apples had been exposed to more light. It might be of interest to investigate the influence of cultivation or breeding on the measurable quality of ecologically produced apples.*

**Zusammenfassung:** An kontrolliert angebauten Äpfeln wurde deutlich, daß die mit der Zeit zunehmende Reife von Äpfeln sich als stärkere innere Differenzierung zwischen Fruchtfleisch und Kernen ausdrückt (Messung mittels Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie). Dies kann als zunehmende Organisationsleistung interpretiert werden. Höhere Lichtexposition der Äpfel bewirkte Änderungen im gleichen Sinne wie ein späterer Pflücktermin (größere Reife). Zu meßbaren Wirkungen im Sinne größerer Reife führte ebenfalls die Anwendung biologisch-dynamischer Präparate. Es könnte daher interessant sein, auch den Einfluß weiterer Kulturbedingungen, sowie von Sorten oder züchterischen Maßnahmen auf die Qualität ökologischer Äpfel unter dem Gesichtspunkt der Organisationsleistung zu untersuchen

## Hintergrund

Für die Beurteilung der Qualität pflanzlicher Erzeugnisse aus unterschiedlichen Anbausystemen bedarf es eines praktischen und zugleich biologisch einsichtigen Verfahrens. Möglicherweise eignet sich dafür ein Konzept, das von der inneren Differenzierung der Pflanze (Organisationsleistung) ausgeht. Ein solches Konzept wurde bereits früher mehr oder weniger deutlich angeregt (Balzer-Graf und Balzer 1988; Balzer-Graf 1997; Bloksma, Northolt und Huber 2001a; Strube und Stolz 2001a). Es beruht darauf, daß sich eine Frucht im Laufe ihrer Entwicklung immer stärker differenziert. Daß der Zustand größter Reife der größten Differenzierung entspricht, kann zunächst nur vermutet werden. Zwar nimmt die morphologische Differenzierung mit der Reife offensichtlich zu, jedoch ist bei beginnender Alterung eine Minderung der Differenzierung morphologisch nicht sofort erkennbar; sie ist jedoch meßbar.

Bei Messungen mit der Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (Strube und Stolz 1999) wurden aus kontrollierter Erzeugung bislang hauptsächlich Samen untersucht (Strube und Stolz 2000; Strube und Stolz 2001b). Die Untersuchung von Äpfeln ermöglichte erstmals, durch Messung an Fruchtfleisch und Samen der gleichen Probe zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen dem bereits bekannten Unterschied im Spektrum von vegetativen Pflanzenteilen und Samen (Strube und Stolz 1999) und der mit zunehmender Reife zu erwartenden stärkeren inneren Differenzierung besteht.

## Material und Methoden

Untersucht wurden 2 kodierte Serien Äpfel der Sorte Elstar aus der Versuchsreihe 2000 des Louis Bolk Instituts LBI (NL) (Bloksma, Northolt und Huber 2001a; Bloksma, Northolt und Huber 2001b). Sämtliche Proben waren ökologisch angebaut. Bei der Serie A wurden die 5 Proben (je 12 Äpfel) zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet (Reifeserie). Bei der Serie C war der Erntezeitpunkt konstant (18. Sept.), jedoch unterschieden sich die Proben durch unterschiedliche Lichtexposition (Sonne, Halbschatten, Schatten), stammten jedoch vom gleichen Baum (Lichtexpositionsserie). Bei dieser Serie war eine Variante unter Verwendung biologisch-dynamischer Präparate angebaut, die zweite Variante ohne. Weitere Einzelheiten enthalten die folgende Tabelle und insbesondere der Projekt-Bericht (Bloksma, Northolt und Huber 2001a; Bloksma, Northolt und Huber 2001b).

Die Proben wurden vor der Messung im Kühlschrank bei  $5 \pm 1$  °C gelagert. Sie wurden 12 Stunden vor der Messung dem Kühlschrank entnommen und bei  $15 \pm 2$  °C zwischengelagert. Die Messung erfolgte bei  $15 \pm 2$  °C.

Serie	Anzahl der Varianten	Düngung	Licht-Exposition	Anwendung biodyn. Präparate	Ertrag in Früchten je Baum	Pflück-Zeitpunkte	Frucht-Größe in mm
A Reife-Serie	5	Niedrig	Sonne	Ja	130	01. Sept. 12. Sept. 21. Sept. 29. Sept. 09. Okt.	75-85
C Belichtungs-Serie	2x3	Mittel	Sonne Halbschatten Schatten	Ja  Nein	120	18. Sept.	75-85

Die zur Untersuchung verwendete Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie wurde an verschiedenen Stellen bereits beschrieben (Strube und Stolz 1999; Strube und Stolz 2000; Strube und Stolz 2001b). Anregungs-Spektren werden gemessen, indem eine Probe nacheinander mit Licht verschiedener Wellenlänge (Farbe) beleuchtet und jeweils die zeitlich verzögert auftretende Gesamtemission (Fluoreszenz) gemessen wird (im Zeitbereich 30 – 50 Sekunden nach der Anregung). Die Probe reagiert mit unterschiedlicher Intensität des Nachleuchtens auf die verschiedenen Spektral-Bereiche der Anregung (Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie).

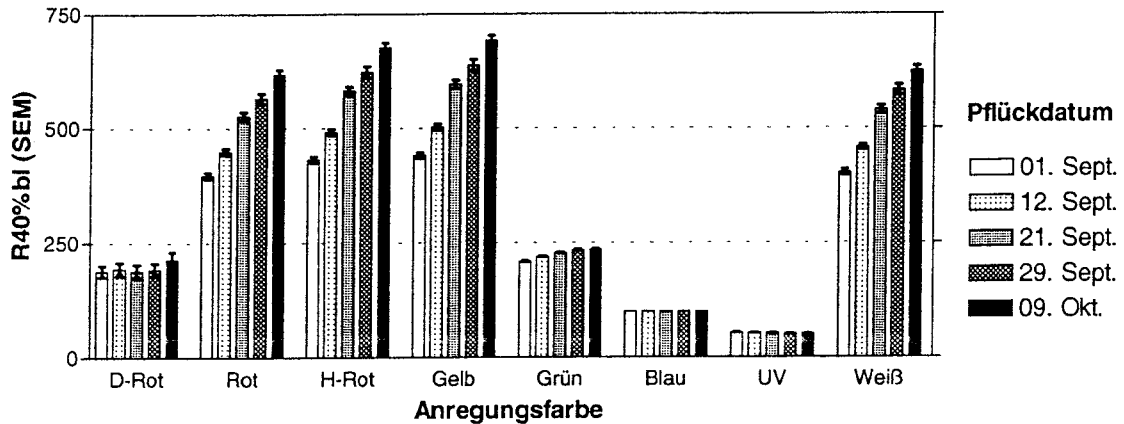
Jeder Apfel wurde in ganzem Zustand von 4 verschiedenen Seiten gemessen (90° Drehung). Da jede Probe 12 Äpfel umfaßte, wurden 48 Einzelmessungen je Probe bei jeweils 8 Farben (Dunkelrot, Rot, Hellrot, Gelb, Grün, Blau, UV und Weiß) durchgeführt. Um von der Apfelgröße unabhängig zu werden, werden die Spektren auf die Emission nach blauer Anregung bezogen.

Zusätzlich wurden die Kerne der Äpfel der Reifiserie A gemessen. Bei der Serie C waren zu wenig Kerne verfügbar.

## Ergebnisse

Die Spektren der 5 Proben der Reifiserie A zeigen die folgenden Abbildungen für die Frucht (obere Abb.) und die Kerne (untere Abb.).

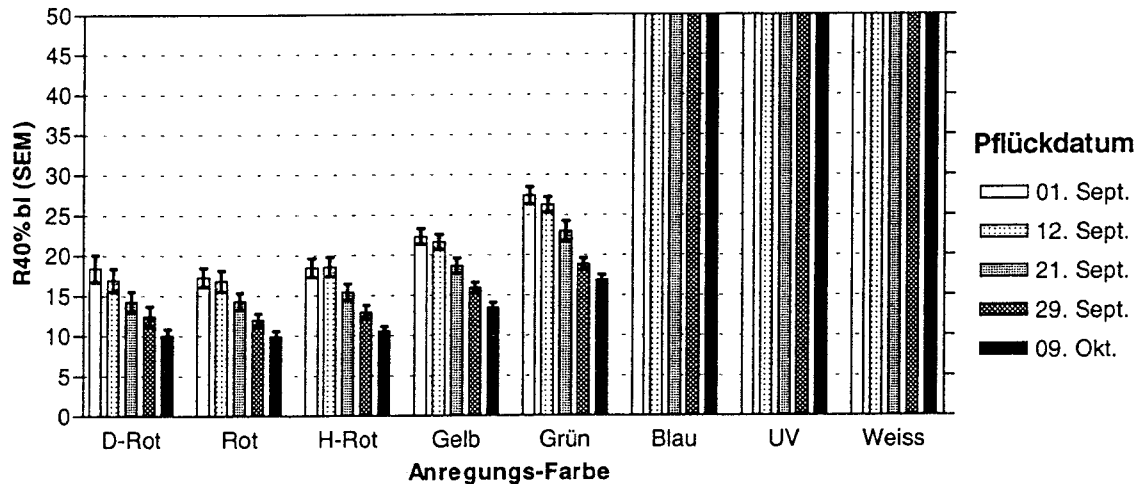
Serie A der Äpfel des Louis Bolk Institute (Driebergen, NL)



File: ApfelprojektSeriA\VR40%bl-e.pzm

### Fluoreszenz-Anregungs-Spektrum ganzer Äpfel (Oberfläche) bei zunehmender Reife

Serie A der Äpfel des Louis Bolk Institute (Driebergen, NL)



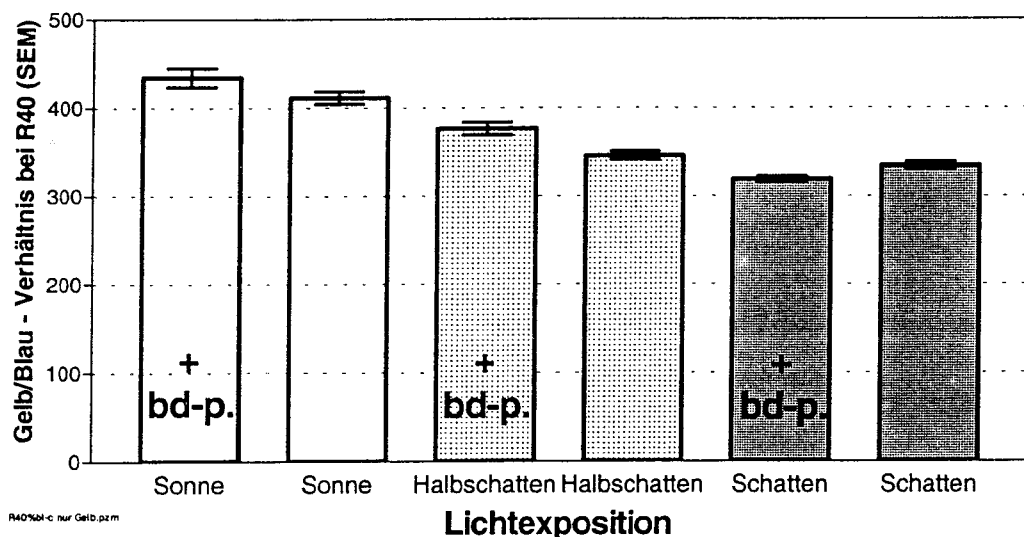
File: ApfelprojektSeriA\Apfelkerne\AKA12-18R40%blau.pzm

### Fluoreszenz-Anregungs-Spektrum von Apfelkernen bei zunehmender Reife

Beim Fruchtkörper nimmt die Anregbarkeit durch Rot, Gelb und Grün mit steigender Reife zu, bei den Kernen nimmt sie mit steigender Reife ab. Die Unterschiede zwischen den Pflückterminen sind (an den ganzen Äpfeln gemessen) sämtlich signifikant mit  $p < 0,01$ .

Die Intensität ändert sich mit dem Pflückdatum bei den Anregungsfarben Rot, Gelb und Grün im gleichen Sinne. An die Stelle ganzer Spektren kann deshalb auch allein die Darstellung des Gelb/Blau - Verhältnisses treten. Zur besseren Übersicht wurde diese Darstellungsform für die Äpfel der Versuchsreihe mit unterschiedlicher Lichtexposition und biologisch-dynamischer Präparate-Anwendung (Serie C) gewählt. Zunehmende Lichtexposition führte zu höherem Gelb/Blau-Verhältnis.

Serie C der Äpfel des Louis Bolk Institute (Driebergen, NL)



**Fluoreszenz ganzer Äpfel (Oberfläche) bei unterschiedlicher Lichtexposition und den zusätzlichen Varianten mit Anwendung biologisch-dynamischer Präparate (+ bd-p.) und ohne biol.-dyn. Präparate (ohne Kennzeichnung).**

## Diskussion

Die Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie ergibt ein breitbandiges (Rot-Gelb betontes) Anregungs-Spektrum des Fruchtkörpers und ein schmalbandiges (blau betontes) Anregungs-Spektrum der Samen (Kerne). Damit verlaufen die Spektren von Fruchtfleisch und Samen gegenläufig. Der größte gemessene Unterschied tritt bei den reifsten Äpfeln auf. D.h. es liegt die Schlußfolgerung nahe, daß die meßtechnische Differenzierung der inneren Differenzierung zwischen Frucht und Same bei der Pflanze entspricht. Anzumerken ist, daß die Unterschiede zwischen den Proben ermittelt werden konnten, obwohl morphologisch oder farblich zwischen den Proben nicht differenziert werden konnte.

Aus dem monoton gegenläufigen Spektren bei zunehmender Reife ergibt sich, daß bereits bei Vergleich von Fruchtfleisch-Spektren miteinander (ohne Samenspektren hinzu zu ziehen), der Entwicklungszustand erkennbar sein müßte. Entsprechendes gilt umgekehrt für den Vergleich von Samen-Spektren miteinander. Dies bestätigt die früheren Beobachtungen an anderen Samenarten (Strube und Stolz 2000; Strube und Stolz 2001b).

Durch Vergleich der Ergebnisse der Lichtexpositions-Serie C mit der Reifeserie A ist zu erkennen, daß höhere Lichtexposition wie ein späterer Pflücktermin wirkte. Im selben Sinne wirkte auch die Anwendung biologisch-dynamischer Präparate in Sonne und Halbschatten. Man könnte dies so interpretieren, daß in Halbschatten und Sonne die Anwendung biologisch-dynamischer Präparate zu gesteigerter Organisationsleistung geführt hat.

## Zusammenfassung

Die Reife von Äpfeln ist in Fluoreszenz-Anregungs-Spektren deutlich abzulesen als zunehmende Differenzierung zwischen Fruchtfleisch und Kernen. Bei Fruchtfleisch deutet ein höheres Gelb/Blau-Verhältnis auf höhere Reife, bei Samen umgekehrt ein niedriges Gelb/Blau-Verhältnis.

## Dank

J. Bloksma, M. Huber und M. Northolt (Louis Bolk Institut) sei für die Beteiligung am Projekt gedankt, der Fa. tegut für die finanzielle Unterstützung, Frau G. Mende für die sorgfältige und gewissenhafte Durchführung der Messungen und Frau A. Brack für ihren sachkundigen Rat beim Abfassen des Manuskriptes.

## Literatur

- Balzer-Graf, U. (1997). Vitalqualität - Qualitätserfassung mit bildschaffenden Methoden. Das Goetheanum 76 (25/26 14. Sept. 1997) S. 315-318.
- Balzer-Graf, U. R. und F. M. Balzer (1988). Steigbild und Kupferchloridkristallisationen - Spiegel der Vitalaktivität von Lebensmitteln. in "Lebensmittelqualität - ganzheitliche Methoden und Konzepte". A. Meier-Ploeger und H. Vogtmann. Karlsruhe, Verlag C. F. Müller S. 163 - 210. ISBN 3-7880-9752-3
- Bloksma, J., M. Northolt und M. Huber (2001a). Parameters for Apple Quality. Part 1 Report. Louis Bolk Instituut. Driebergen. 2001. Food, Quality and Health Publication no. FQH 01. ISBN 90 74021 22 0
- Bloksma, J., M. Northolt und M. Huber (2001b). Parameters for Apple Quality. Part 2 Annexes. Louis Bolk Instituut. Driebergen. 2001. Food, Quality and Health Publication no. FQH 01.
- Strube, J. und P. Stolz (1999). Zerstörungsfreie Lebensmitteluntersuchung an Ganzproben mittels Biophotonen-Fluoreszenz-Anregungsspektroskopie. Tagung Zerstörungsfreie Qualitätsanalyse, 34. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung DGQ 1999, Freising-Weihenstephan, Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung S. 249-254. ISBN 3-9805230-3-9
- Strube, J. und P. Stolz (2000). Fluorescence Excitation Spectroscopy for the Evaluation of Seeds. IFOAM 2000 - The World Grows Organic, 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich S. 306-309. ISBN 3 7281 2754 X
- Strube, J. und P. Stolz (2001a). Bohne ist nicht gleich Bohne. Ökologie & Landbau 29 (Heft 120) S. 37-39.
- Strube, J. und P. Stolz (2001b). Untersuchungen zur Qualität von Calendula-Samen mittels zeitaufgelöster Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie. Tagung Gewürz- und Heilpflanzen. 36. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) DGQ e.V. 2001, Jena S. 93-98. ISBN 3-9805230-5-5

## **Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:**

Strube, Jürgen und Stolz, Peter (2002) Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie zur Bestimmung der Qualität von Äpfeln aus ökologischem Anbau [Flouescence-Excitation-Spectroscopy for Determination of Quality of Apples from Organic Farming]. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 37. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung e.V., Hannover, 04.03.2002 - 05.03.2002, Seite(n) 209-214.

Das Dokument ist in der Datenbank „Organic Eprints“ archiviert und kann im Internet unter <http://orgprints.org/00002335/> abgerufen werden.