

# Bioäpfel – besser und gesünder?

## Eine Vergleichsstudie mit Standard- und Alternativmethoden der Qualitätserfassung

Franco P. Weibel, Regula Bickel, Susanne Leuthold,  
Thomas Alföldi, Urs Niggli und Ursula Balzer-Graf

**Die am FiBL auf drei Jahre angelegte Vergleichsstudie für Äpfel aus integrierter und biologischer Produktion weist nach dem ersten Versuchsjahr signifikante anbaubedingte Unterschiede nach.**

Mehrere Untersuchungen zeigen, dass besonders in Groß- und Supermärkten Bioprodukte hauptsächlich wegen der Erwartung eines gesundheitlichen Mehrwertes gekauft werden (Meier-Ploeger et al., 1993; Pummer, 1994). Ist diese Annahme gerechtfertigt?

Zunehmend sind heute – und besonders beim Apfel – gesundheitsfördernde sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie phenolische Verbindungen, die Vitamine E und C oder Selen von großem Interesse. Diese Verbindungen haben im Körper eine antioxidative Wirkung, da sie dank ihrer asymmetrischen elektrischen Ladung in der Lage sind, die aggressiv wirkenden freien Radikale abzufangen (Min und Lee, 1996; Haldimann et al., 1996; Schmitz and Noga, 1997).

Im Folgenden beschreiben wir die Resultate des ersten Jahres einer dreijährigen Vergleichsstudie mit *Golden Delicious*-Äpfeln von je fünf integrierten und ökologischen Betriebspaaren.

### „Golden“ von fünf Betriebspaaren

Die untersuchten Früchte stammen von zehn Obstbetrieben aus fünf Ortschaften im Nordwesten und Nordosten der Schweiz. In jeder Ortschaft fand sich ein Betriebspaar (integriert - ökologisch). Alle Betriebe hatten eine Anlage im Vollertragsalter mit der Sorte Golden Delicious und lagen weniger als einen Kilometer voneinander entfernt (detaillierte Angaben bei Weibel et al., 2000).

Dieselben Leute eines FiBL-Teams ernteten die Probefrüchte jeweils einen

Tag vor dem Erntetermin des Betriebes (23., 25. und 26. Sept. 1997) und nur von Bäumen, die innerhalb einer Spanne von  $\pm 10$  Prozent der ausgezählten durchschnittlichen Fruchtbehangsdichte lagen. In jeder Anlage ernteten wir an 20 bis 50 Bäumen nach dem Zufallsprinzip rund 50 kg Früchte aus dem mittleren Kronenbe-

reich. Die Äpfel hatten einen Durchmesser von 11 mm, die Eindringtiefe 8 mm; Zuckergehalt (Brix) mit Refraktometer; Mineralstoffgehalte im Fruchtfleisch ohne Schale und Kernhaus mit Kjeldahl (N), Spektrophotometer (P), IES (K) und AAS (Ca, Mg); Apfelsäuregehalt durch Titration. Für Korrelationsanalysen schufen wir einen einfachen empirischen



© Foto: F. Weibel

**Abb. 1: Golden Delicious-Äpfel im Qualitätstest**

reich. Noch am selben Tag wurden die Früchte in dasselbe professionelle Obstlager gebracht (Kühlagerung bei 2 °C und 90 bis 95 % relativer Luftfeuchtigkeit).

Am 4. November 1997 (40–43 Tage nach Einlagerung) entnahmen wir pro Probe „blind“ je 5 Untermuster von 3 bis 10 kg zur Durchführung der verschiedenen Qualitätsanalysen. Für die zweite Analyseserie wurden die Proben auf die gleiche Weise am 18. Februar 1998 entnommen (156–159 Tage nach Einlagerung).

### Die Standardmethoden

#### Index Technische Qualität

Die Standardqualitätsmessungen waren folgende: Fruchtgewicht, Fruchtfleischfestigkeit mit Penetrometer (Bolzen

Index der „technischen Qualität“ = Brixgehalt (%) + 2 x Festigkeit (kg/cm<sup>2</sup>) + 3 x Apfelsäuregehalt (g/l). – So erhalten die Parameter eine arithmetisch ähnliche Gewichtung.

### Gesundheitsrelevante Inhaltsstoffe

Im Fruchtfleisch wurden folgende Messungen ausgeführt:

Vitamin C mit Polarography; Vitamin E (HPLC-FLD); Nahrungsfasern mit enzymatischer Gravimetrie, Selen mit AFS nach Gefriertrocknung auf 60 bis 80 Prozent Wassergehalt; 23 verschiedene phenolische Inhaltsstoffe der Gruppen Flavonole, Zimtsäuren, Phloretin glykoside und Quercetin glykoside wurden bestimmt über HPLC mit Diode-Array-Detection und Post-Column-Derivatisation nach Extraktion in Methanol.

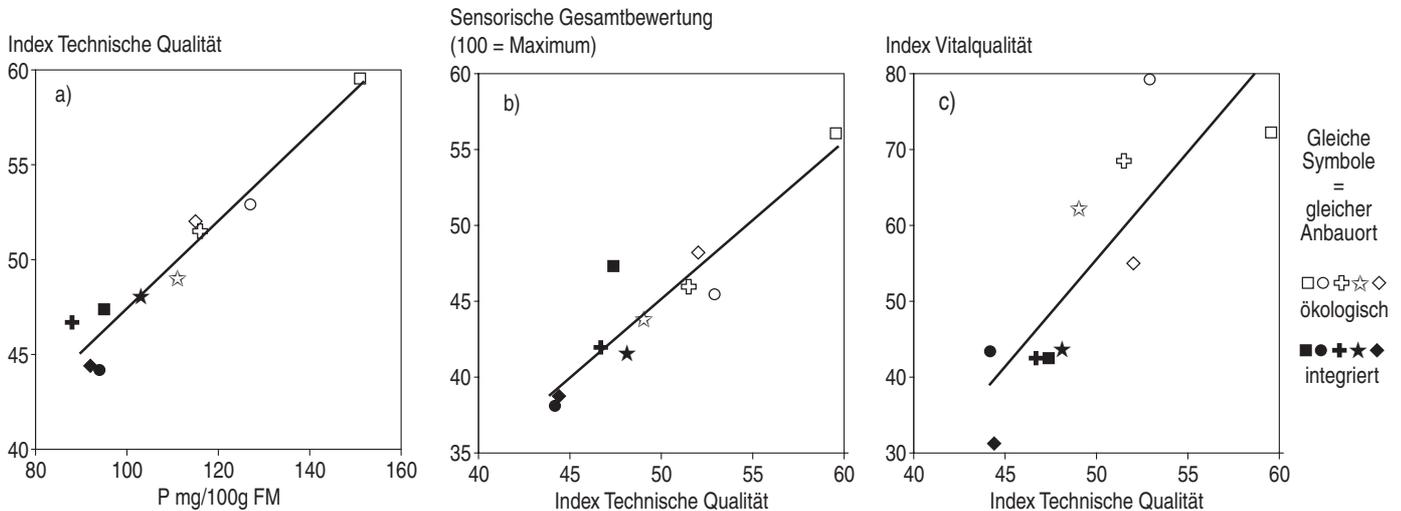


Abb. 2a–c: Korrelationen zwischen den verschiedenen Qualitäts-Messgrößen (43 Tage nach Einlagerung) für 5 Paarvergleiche von ökologisch und integriert angebauten Golden Delicious-Apfelproben.

Bestimmtheitsmasse ( $r^2$ ) und Regressionsgleichungen:

a)  $r^2 = 0,93$ ;  $y = 24,41 + 0,23 x$

b)  $r^2 = 0,85$ ;  $y = -7,12 + 1,045 x$

c)  $r^2 = 0,68$ ;  $y = -85,50 + 2,82 x$

### Verkostungen

Jeweils am Anfang (10. Nov.) und am Ende (18. Feb.) der Kühllagerung ließen wir die Proben durch 14 beziehungsweise 21 angeschulte Verkoster und Verkosterinnen auf die geschmackliche Qualität bewerten. Von jeder Unterprobe wurden 10 zufällig entnommene Äpfel gereinigt, in 20 Segmente ohne Kernhausanteile geteilt, gemischt und je Muster und Person etwa zehn Segmente kodiert serviert. Auf einer nicht-linearen Skala von „zu wenig“ über „optimal“ bis „zu viel“ bewerteten die Prüfenden mit einer Markierung Reifezustand, Festigkeit von Fruchtfleisch und Schale, Saftigkeit, Zucker- und Säuregehalt, Aromaintensität und -qualität sowie den sensorischen Gesamteindruck.

### Futterwahlversuche

Für Futterwahlversuche (Plochberger und Velimirov, 1992) wurden am Ludwig-Boltzmann-Institut in Wien 20 Laborratten für jeweils vier Tage mit Fruchtstücken eines Betriebspaares zusatzgefüttert. Erhoben wurde die Menge verzehrten Futters pro Probe und Ratte während dieser vier Tage.

### Die ganzheitlichen Methoden

#### Bildschaffende Methoden

Im Labor von Dr. Ursula Balzer (*fv*, vgl. Seite 22ff.) wurde die so genannte Vital-

qualität anhand von drei zur Interpretation sich ergänzenden Methoden bestimmt (Balzer-Graf und Balzer, 1991):

- Kristallisation des frischen, des um einen Tag gealterten sowie des pasteurisierten Saftes in Kupferchlorid nach Pfeiffer;
- Steigbildchromatographie mit Silbernitrat/Eisen nach WALA;
- Rundfilterchromatographie mit Silbernitrat/Natriumhydroxid nach Pfeiffer.

Dies ergab für jeden Probenahmeterrin dreißig verschiedene Bilder. Die Interpretation der Bilder erfolgte mit Hilfe bereits existierender Bilderserien von Äpfeln bekannter Qualität. In Ergänzung zur üblichen verbalen Qualitätsbeschreibung entwickelten wir eine Methode zur quantitativen Indexierung der Vitalqualität. Dazu wurden acht Teilparameter der Vitalqualität mit Werten zwischen 0 und 100 bewertet, gewichtet und zu einem Gesamtindex verrechnet, der wiederum zwischen 0 und 100 liegen konnte.

#### Selbsteretzungsversuche

Am Ludwig-Boltzmann-Institut wurde mit den Apfelproben ein Selbsteretzungstest nach Samaras (1978) durchge-

führt. In je 12 Wiederholungen pro Probe à 20 bis 30 g Frischsubstanz wurde geraffeltes Fruchtfleisch für vier Wochen bei 25 °C und 50 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit inkubiert. Anschließend wurde der Wasserverlust und die Art der mikrobiellen Besiedlung und Zersetzung beschrieben.

### Teils klar bessere Werte für bio

Wir verwendeten Streuungserlegungsmodelle, um die Einflüsse der Anbaumethode, des Ortes sowie deren Interaktion auf die verschiedenen Messgrößen bezüglich Signifikanz zu testen. Zuerst überprüften wir stets, ob nicht von uns unbeeinflussbare Begleitfaktoren (*Kovariablen*) wie Behangsdichte, Bodennährstoffgehalte, Bewirtschaftungsmethode etc. ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Resultate hatten. Für die Ernte 1997 war dies nicht der Fall.

Etliche Messgrößen waren für integrierte und ökologische Äpfel ähnlich, ohne signifikante Differenz (bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 Prozent). Bei einigen Parametern zeigten die biologisch angebauten Früchte hingegen gesi-

chert günstigere Werte (Details bei Weibel et al., 2000):

- 31,9 % höhere Phosphorgehalte im Fruchtfleisch (vgl. Abb. 2a)
- 14,1 % höhere Fruchtfleischfestigkeit (12 % höher am Ende der Lagerung)
- 14,7 % höherer Index der technischen Qualität (10,5 % höher am Ende der Lagerung; vgl. Abb. 2a, b, c)
- 8,5 % höherer Gehalt an Nahrungsfasern
- 18,6 % höherer Gehalt an Phenolen, speziell der Flavanole (+ 22 %)
- 15,4 % bessere Bewertung im sensorischen Gesamturteil (vgl. Abb. 2b)
- 65,7 % höherer Index der Vitalqualität (132 % am Ende der Lagerung; vgl. Abb. 2c)

Die Einflüsse des Ortes beziehungsweise die Interaktion zwischen Ort und Anbausystem waren nur selten signifikant. Dieses Resultat ist insofern bemerkenswert, als in dieser Studie, einem „Härtetest“ für eine Vergleichsuntersuchung, tatsächlich Anbauunterschiede festgestellt wurden,

Das sensorische Gesamturteil korrelierte in hohem Maß mit dem technischen Qualitätsindex, vor allem in der ersten Serie ( $r^2 = 0,85$ ; Abb. 2b), etwas schwächer am Ende der Lagerperiode ( $r^2 = 0,55$ ). Zu beiden Untersuchungszeitpunkten fanden wir signifikante und starke Korrelationen zwischen dem Index der technischen Qualität und jenem der Vitalqualität ( $r^2 = 0,68$  und  $r^2 = 0,66$ ; Abb. 2c).

### Phosphorgehalt wichtig

In allen Aspekten der Fruchtqualität waren die ökologischen Früchte den integrierten zumindest ebenbürtig. In einigen Punkten wie der Geschmacksbewertung, der Fruchtfleischfestigkeit, dem Nahrungsfasergehalt, dem Gehalt an Flavanolon und Zimtsäuren – also ernährungsphysiologisch bedeutsamen Antioxidantien – und schließlich in der so genannten Vitalqualität waren die Ökoäpfel deutlich und statistisch abgesichert überlegen.

Frage, wie das zusammenhängt. Unsere Untersuchungen zeigten keine Korrelation zwischen dem Phosphorgehalt im Fruchtfleisch und jenem im Boden, trotz vier verschiedener Extraktionsmethoden. Hingegen erwies sich eine deutliche, aber noch näher zu untersuchende Beziehung zur mikrobiologischen Aktivität des Oberbodens (Weibel et al., in Vorbereitung). Eine höhere Phosphoraufnahme bei biologischem Apfelanbau haben auch schon Deell und Pranger (1993) sowie Werner (1996) beschrieben.

Unter den gesundheitsrelevanten Fruchthaltstoffen waren die größten anbaubedingten Unterschiede bei den Phenolen und Nahrungsfasern zu finden. Nach Treutter (1998) ist ein Gehaltsunterschied von 22 Prozent bei den Flavanolon bemerkenswert, umso mehr als der Apfel – zusammen mit Rotwein, Grüntee und Zwiebel – eine sehr wichtige Phenolquelle in der menschlichen Ernährung ist. Bezüglich der Vitamine C, E oder Selen fanden wir in dieser Studie keine signifikanten Anbauunterschiede.

**Abb. 3 und 4:**  
Blindversuche mit  
angeschulten Testperso-  
nen am FiBL: Um wirklich  
zu überzeugen, muss  
außer den Analysewerten  
auch die sensorische  
Qualität stimmen.



die sich trotz der Verschiedenheit der einzelnen Parzellen und Anbaubereiche durchgängig auswirkten.

Weder der Selbstersetztest noch der Futterwahlversuch ergaben signifikante Verfahrenseinflüsse.

In beiden Serien hing der Phosphorgehalt des Fruchtfleisches in hohem Maß mit dem Index der technischen Qualität zusammen ( $r^2 = 0,93$  und  $r^2 = 0,85$ ; Abb. 2a), dem sensorischen Gesamturteil ( $r^2 = 0,69$  und  $0,51$ ) und dem Nahrungsfasergehalt ( $r^2 = 0,34$  und  $0,69$ ). Der Phosphorgehalt korrelierte auch stark mit der Vitalqualität ( $r^2 = 0,73$  in der ersten Serie,  $r^2 = 0,85$  in der zweiten). Die Gehalte von K, N, Ca und Mg im Fruchtfleisch standen hingegen nur in geringer Beziehung zu den vorher genannten Qualitätskenngrößen.

© Fotos: F. Weibel



### Bildschaffende Methoden aufschlussreich

In beiden Serien konnte Ursula Balzer-Graf vom Forschungsinstitut für Vitalqualität die kodierten Proben auf Grund der Kristallisations-, Steig- und

Der Phosphorgehalt der Früchte scheint eine wichtige Rolle für die Qualitätsbildung gespielt zu haben. Offen bleibt die

Rundfilterbilder zu 100 Prozent korrekt der biologischen oder der integrierten Anbauweise zuzuordnen. Noch bedeutender



Foto: J. Stücker

**Abb. 5:** Fruchtfleischfestigkeit, Zucker- und Säuregehalt von Äpfeln werden ermittelt.

aber scheint uns, dass mit den bildschaffenden Methoden sowohl die Rangierung der Vitalqualität in guter Übereinstimmung mit der technischen Qualität und der Sensorik lag (Abb. 2c) als auch eine hohe Übereinstimmung der zwei Probezeitpunkte (mit selbstverständlich unterschiedlicher Kodierung) erzielt werden konnte (Balzer-Graf und Weibel, in Vorbereitung). Der hauptsächliche Zusatzgewinn der bildschaffenden Methoden war in dieser Untersuchung, dass eine deutlichere Differenzierung beziehungsweise Rangfolgebestimmung der Qualität der einzelnen Proben möglich war als mit den Standardmethoden (vgl. Abb. 2a, b, c).

Um zu weiter gehenden Aussagen über den ergänzenden Informationsgewinn durch die bildschaffenden Methoden für die Fragestellung dieser oder ähnlicher Untersuchungen zu gelangen, bedarf es einer eingehenden Auswertung der Apfelproben der Jahre 1998 und 1999.

1998 und 1999 wurden die Untersuchungen ausgedehnt auf bodenmikrobiologische Parameter sowie die Quantifizierung und Taxonomie von endo- und epiphytischen Pilzen in und auf den Früchten

(Weibel, Fliessbach, Zahnd und Tamm, in Vorbereitung). □

Dr. Franco P. Weibel, Dr. Regula Bickel, Susanne Leuthold, Thomas Alföldi, Dr. Urs Niggli (FiBL); Dr. Ursula Balzer-Graf (*fiv*), Ackerstrasse, CH-5070 Frick

**Danke!**

Unser spezieller Dank geht an das Naturaplan-Team von Coop Schweiz (Felix Wehrle, Renato Isella und Kathrin Rapp) für die wesentliche finanzielle Unterstützung dieser Untersuchungen; an Dieter Treutter und seine Labor-Belegschaft an der TU München für die Analysen der phenolischen Inhaltsstoffe; an Silvio Raggini und seine Kollegen im Coop-Labor Pratteln für die Mineralstoff- und Vitamin-C-Bestimmungen; an M. Haldimann im Bundesamt für Gesundheit für die Selenanalysen.

Ein großes Dankeschön auch an alle beteiligten Obstbaubetriebe (W. Andres, W. Engeli, G. German, T. Kleiber, M. Kleiber, V. Rölli, P. Rutishauser, Th. Schwarz, E. Vogt und P. van der Wahl) sowie an Andi Häseli vom FiBL für die Betriebsauswahl und die Unterstützung bei den Probenahmen.

**Literatur:**

Balzer-Graf, U. und F. Balzer, 1991: Steigbild und Kupferchloridkristallisation – Spiegel der Vital-

aktivität von Lebensmitteln. In: A. Meier-Ploeger und H. Vogtmann (Hrsg.): Lebensmittelqualität: Ganzheitliche Methoden und Konzepte. Ökologische Konzepte 66, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, S. 163–210

Deell, J. R., und R. K. Prange, 1993: Postharvest Physiological Disorders, Diseases and Mineral Concentrations of Organically and Conventionally Grown McIntosh and Cortland Apples. Canadian Journal of Plant Science 73: 223–230

Haldimann, M., T. Y. Venner und B. Zimmerli, 1996: Determination of Selenium in the Serum of Healthy Swiss Adults and Correlation to Dietary Intake. J. Trace Elements Med. Biol. 10: 31–45

Min, D. B. und H. O. Lee, 1996: Overview of Lipid Oxidation and Antioxidant Mechanisms in Foods. 1996 IFT Annual Meeting: Book of Abstracts. USA, Institute of Food Technologists

Plochberger, K. und A. Velimirov, 1992: Are Food Preference Tests with Laboratory Rats a Proper Method for Evaluating Nutritional Quality? Biological Agriculture and Horticulture 8: 221–233

Pummer, S., 1994: Bestimmungsgründe der Nachfrage nach Produkten des ökologischen Landbaus in Bayern. Marketing der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Band 12. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel

Samaras, L., 1978: Nacherntverhalten unterschiedlich gedüngter Gemüsearten mit besonderer Berücksichtigung physiologischer und mikrobiologischer Parameter. Dissertation, Universität Gießen. Schriftenreihe Lebendige Erde, Darmstadt

Schmitz, D. M., and P. D. G. Noga, 1997: International Workshop on Antioxidants in Higher Plants. Ravensburg, April 13–15<sup>th</sup>. Inst. für Obst-, Gemüse- und Weinbau der Universität Hohenheim, Ravensburg

Treutter, D., 1998: Contents of Phenolic Compounds in Different Apple Varieties. Internal report of Lehrstuhl für Obstbau, TUM Weihenstephan

Weibel, F. P., R. Bickel, S. Leuthold und T. Alföldi, 1998: Are Organically Grown Apples Tastier and Healthier? A Comparative Field Study using Conventional and Alternative Methods to Measure Fruit Quality. Proceedings of the XXV. Int. Horticultural Congress; Bruxelles, Belgium, 2–7<sup>th</sup> August 1998. Part 7: Quality of Horticultural Products, M. Herregods (ed.), Acta Horticulturae 157, 417–427

Werner, M. R., 1996: Soil Quality Characteristics during Conversion to Organic Orchard Management. Applied Soil Ecology 5: 151–167