

# Qualitätsbestimmung von Produkten anhand ihres Oberflächenmikroprofils

*Glanz und Rauheit werden häufig als subjektive Qualitätsmerkmale bei frischem Obst und Gemüse angesprochen. Eine objektive Bewertung dieser Oberflächeneigenschaften ist jedoch für unebene Flächen nicht technisch definiert und daher schwierig. Um die Oberfläche von empfindlichen gartenbaulichen Produkten zu analysieren, können berührungslose mikrotopografische Abtastverfahren eingesetzt werden. Möglichkeiten und Grenzen eines optischen Abtastverfahrens werden am Beispiel der quantitativen Bestimmung von Qualitätsveränderungen an ausgewählten gartenbaulichen Produkten vorgestellt.*

Dr. Bernd Herold und Dipl.-Ing. Ingo Truppel sind Mitarbeiter, Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wiss. Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zasko); Herr Michael Weiner ist Student an der Humboldt-Universität zu Berlin und arbeitet für seine Diplomarbeit am Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; e-mail: bherold@atb-potsdam.de

## Schlüsselwörter

Mikrotopografie, Oberflächenqualität, Frucht, Glanz, Rauheit

## Keywords

Microtopography, surface quality, fruit, gloss, roughness

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04330 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Qualität von Obst und Gemüse wird dem Verbraucher zunächst durch das äußere Erscheinungsbild vermittelt. Die Beeinflussung des äußeren Aussehens der Produktoberfläche wird einerseits als züchterisches Ziel verfolgt, findet aber auch in hohem Maße durch Nachernteverfahren statt. Um diese Qualitätsmerkmale und ihre Veränderungen quantifizieren und auf dieser Basis die Prozesse der Nachernte bewerten zu können, kommen mikrotopografische Messungen in Betracht. Traditionell werden für die Bestimmung von Oberflächenmikroprofilen mechanische Tastschnittverfahren verwendet. Solche Methoden sind Routine bei industriellen Anwendungen beispielsweise für ebene Oberflächen in der Metallverarbeitung (DIN EN ISO 11562 und 4287). Wegen der Empfindlichkeit gartenbaulicher Produkte sind berührungslose Abtastverfahren nach einem optischem Messprinzip zu bevorzugen.

## Berührungsloses Abtastverfahren nach chromatisch kodiertem Messprinzip

In diesem Beitrag wird ein Messprinzip vorgestellt, das auf der wellenlängenabhängigen Kodierung des zu vermessenden Abstandes beruht (Bild 1)[1]. Der Sensor besteht aus einem Messkopf und einer Verarbeitungseinheit mit einer Halogenlampe als Weißlichtquelle. Das Licht der Halogenlampe wird über eine Glasfaser zum

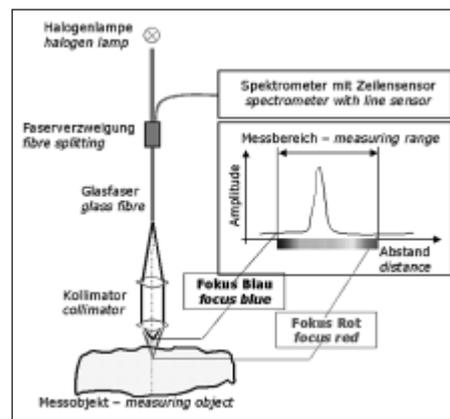


Bild 1: Prinzip der wellenlängenabhängigen Abstandsmessung

Fig. 1: Principle of wavelength dependent distance measurements

Messkopf geführt, dort aus der Faser gekoppelt und mit einer geeigneten Linse koaxial auf die Oberfläche fokussiert, zu welcher der Abstand gemessen werden soll. Wegen der chromatischen Aberration dieser Linse variiert die Fokusslänge mit der Wellenlänge. Das von der Oberfläche im Fokusbereich des Sensors reflektierte Licht wird im Messkopf wieder in die Glasfaser eingekoppelt, läuft zur Verarbeitungseinheit zurück und wird dort zu einem Spektrogramm ausgekoppelt. Das Spektrum dieses Lichts zeigt einen ausgeprägten Peak, aus dessen spektraler Position der Abstand zur Oberfläche bestimmt wird.

Das verwendete mikrotopografische Messsystem Typ NEMESIS (Fa. Precitec Optronik, vormals JURCA) (Bild 2) besteht aus

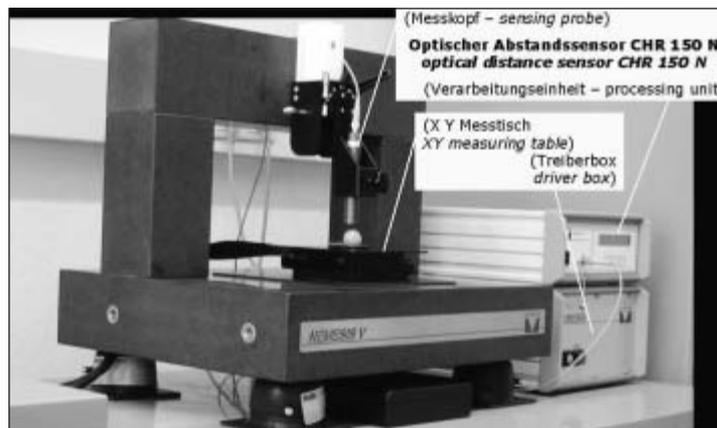


Bild 2: Gesamtansicht des Topografie-systems NEMESIS

Fig. 2: Total view of the topography system NEMESIS

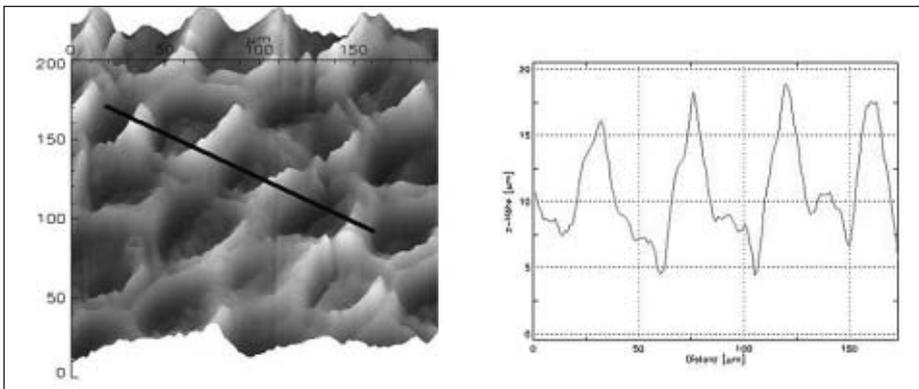


Bild 3: Mikrotopografische Vermessung der Oberfläche einer Tomate; a) 3D-Ansicht der Messfläche (200 µm • 200 µm, laterale Auflösung 1 µm); b) Ansicht des Höhenprofils längs einer Geraden diagonal über die Tomatenoberfläche

Fig. 3: Microtopographic measurement of tomato surface; a) 3D-view of measured surface (200 µm • 200 µm, lateral resolution 1 µm); b) view of the altitude profile along a diagonal line over the tomato surface

einem schwingungsgedämpften Portal Aufbau, auf dem ein Kreuztisch für die Platzierung und das Verschieben des Messobjekts in horizontaler Richtung montiert ist. Das Messsystem erlaubt das Abtasten von Oberflächen mit einer lateralen Auflösung von minimal 1 µm. Der eingesetzte Abstandssensor Typ CHR 150 N mit 300 µm Messbereich (Auflösung 10 nm) in vertikaler Richtung ist am Portal oberhalb des Kreuztisches angeordnet und wird etwa 5 mm über dem Messobjekt justiert. Die Steuerung des Gesamtsystems und die Auswertung der Messdaten erfolgen mittels PC. Für die Vermessung einer Fläche von 0,25 mm • 0,25 mm mit einer lateralen Auflösung von 1 µm wird bei der maximalen Abtaste von 1000 Hz etwa eine Minute benötigt.

### Mikrotopografie an gartenbaulichen Produkten

Gartenbauliche Produkte besitzen spezifische Eigenschaften, welche besondere Anforderungen an die mikrotopografischen Untersuchungen stellen.

Sehr empfindliche Produkte wie beispielsweise Kopfsalat verlieren rasch an Frische. Das bedeutet, dass sich die Oberflächeneigenschaften schnell verändern. Wegen des relativ geringen Reflexionsgrades der Produktoberfläche sind niedrigere Abtaststraten von 100 oder 300 Hz erforderlich, um brauchbare Messwerte zu gewinnen. Unter den oben genannten Bedingungen benötigt man dann für eine Vermessung mehrere Minuten, wodurch reproduzierbare Messungen erschwert werden können.

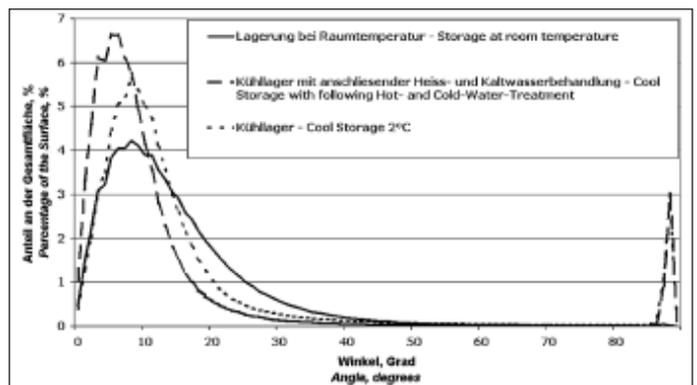
Problematisch sind Messungen an Objekten mit Abmessungen an der Auflösungsgrenze, wenn sich etwa an der Oberfläche eines Blattes feine Härchen mit Durchmessern nahe 1 µm befinden.

Das untersuchte Produkt wird mit Hilfe des Kreuztisches während der Vermessung schrittweise unter dem Abstandssensor und synchron zu dessen Messzyklus bewegt. Das Produkt darf keine zusätzlichen Relativbewegungen oder Schwingungen ausführen. Geringe Eigenbewegungen können zu erheblichen Messfehlern führen und sind durch sorgfältiges Fixieren auf dem Kreuztisch weitgehend einzuschränken.

Messungen erfolgten an Tomaten und Kirschen, deren Oberfläche eine Wachsschicht mit ausgeprägtem Glanz aufweist. Die in Bild 3a gezeigte 3D-Ansicht einer Tomatenoberfläche lässt deutliche Zellstrukturen erkennen. In diesem Beispiel weist das Höhenprofil längs einer über die Oberfläche gelegten Geraden in einem dem Zeldurchmesser entsprechenden Abstand von knapp 50 µm an der Position der Zellwände bis zu 14 µm aufragende vertikale Spitzen auf (Bild 3b).

Bild 4: Verteilungscharakteristik der Facettenwinkel bei unterschiedlich behandelten Süßkirschen

Fig. 4: Facet angle distribution on sweet cherries after different treatments



Tab. 1: Parameter von Tomaten aus unterschiedlichen Lagervarianten

Table 1: Tomato parameters from different storage variants

Lagervariante	offen, belüftet	offen	geschlossen, belüftet	geschlossen
Wasserverlust, %	5,45	3,64	1,88	1,78
sRa, µm,	1,474	1,571	1,216	1,802
λc=28,571 µm*) durchschnittlicher Facettenwinkel, °	20	22	17	23

\*) λc bezeichnet die Grenzwellenlänge Filters zur Trennung langwelliger Anteile [2]

### Bewertung des Oberflächenprofils

Zur Bewertung der Oberflächenrauheit liegen standardisierte Parameter vor, die sich auf 2D-Profile beziehen. Am bekanntesten ist der arithmetische Mittenrauwert Ra, der „gleichbedeutend ist mit der Höhe eines Rechtecks, dessen Länge gleich der Gesamtmessstrecke und das flächengleich mit der Summe der zwischen Rauheitsprofil und mittlerer Linie eingeschlossenen Flächen ist“ [2].

Zur quantitativen Beschreibung der Glanzeigenschaften wird ein Modell nach Lipshitz [3] verwendet, in dem die Orientierung der Flächenelemente (Facetten) der betrachteten Oberfläche ermittelt und in Relation zur mittleren Ebene gesetzt wird. Jedes Flächenelement (Facette) wird zwischen drei benachbarten Abtastpunkten der mikrotopografischen Messung aufgespannt. Sowohl der durchschnittliche Facettenwinkel als auch die Breite der Facettenwinkelverteilung widerspiegeln die zu erwartenden Glanzeigenschaften.

An einzelnen Tomaten aus unterschiedlichen Lagervarianten wurden die mikrotopografischen Parameter ermittelt (Tab. 1). Bei diesem Versuch waren zwischen diesen Parametern und dem Wasserverlust keine eindeutigen Beziehungen erkennbar.

Ein Versuch mit Süßkirschen der Sorte „Kordia“ wurde durchgeführt, um den Einfluss unterschiedlicher Nacherntebehandlungen auf die Mikrotopografie zu ermitteln. Dabei wurden 16 Kirschen unter Raumtemperatur und zweimal je zehn Kirschen kühl gelagert und danach eine Partie davon einer Heiß- und Kaltwasserbehandlung unterworfen. Die drei Varianten unterschieden sich in

ihrer Verteilungscharakteristik der Facettenwinkel (Bild 4). Die breiteste Verteilung wurde für Lagerung bei Raumtemperatur ermittelt. Inwieweit diese Parameter zur Beurteilung des physiologischen Zustandes oder der Verkaufsqualität geeignet sind, konnte noch nicht ausreichend geklärt werden.