

Telemetrie zur spektrometrischen Qualitätsbestimmung im Feld

Die Qualitätseigenschaften von Obst und Gemüse sind während ihrer Entwicklung in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen ständigen Veränderungen unterworfen. Um den optimalen Zeitpunkt für die Ernte etwa bei Apfel zu bestimmen, werden Informationen über das Fortschreiten der Fruchtreife benötigt. Spektral-optische Messungen im sichtbaren und nah-infraroten Wellenlängenbereich sind geeignet, um zerstörungsfrei und schnell qualitative Veränderungen an Früchten zu erfassen. Die kommerziell verfügbaren Spektrometer sind jedoch überwiegend für Labormessungen entwickelt, zu teuer und unhandlich für den Einsatz im praktischen Gartenbau. Eine Alternative können portable Spektrometer mit telemetrischer Datenübertragung sein.

Dipl.-Ing. Ingo Truppel, Dipl.-Ing. (FH) Gundolf Siering, Dr. Manuela Zude und Dr. Bernd Herold sind Mitarbeiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zanke); e-mail: bherold@atb-potsdam.de

Schlüsselwörter

Obst, Qualitätsbestimmung, Spektrometer, Telemetrische Messung

Keywords

Fruit, quality determination, spectrometer, telemetric measurement

Die Fruchtqualität des Apfels ist von der Reifeentwicklung während der Ernteperiode sowie von den Nacherntebedingungen (Lagerdauer und -klima) abhängig. Um die Früchte zum optimalen Zeitpunkt zu ernten, ist eine ständige Kontrolle der Reifeentwicklung bis zur Ernte notwendig [1, 2]. Die Reifeentwicklung ist mit einer Degradation des Chlorophylls und Abbau von Stärke zu Zucker verbunden und lässt sich durch Analyse der stofflichen Zusammensetzung des Fruchtgewebes nachweisen. Um die optimale Qualität für die Ernte, die Lagerung und die Vermarktung zu bestimmen, muss es möglich sein, diese qualitativen Veränderungen zerstörungsfrei unter Feldbedingungen zu bestimmen. Als vielversprechende Bestimmungsmethode kommt die spektraloptische Messung im sichtbaren und nah-infraroten Wellenlängenbereich in Betracht [3]. Während der Ernte- und Nachernteperiode an Äpfeln durchgeführte spektrometrische Untersuchungen im Wellenlängenbereich von 400 bis 1000 nm bestätigen diesen Ansatz [4, 5].

Technisches Konzept

Seit einiger Zeit sind preisgünstige Miniatur-Spektrometer verfügbar, die mit Glasfasersonden auch in rauer Umgebung eingesetzt werden können. Ein Projekt am ATB befasst sich mit den Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie im Gartenbau. Dabei soll ein handliches Sensorsystem für die flexible Datenerfassung im Freiland entwickelt werden.

Das System ist modular aufgebaut und aus Standardkomponenten zusammengestellt. Der Anwender soll in die Lage versetzt werden, bei voller Bewegungsfreiheit das Spektrometer mit sich zu führen und durch Berühren einer Frucht mit dem Sensorkopf ihre Eigenschaften zu messen. Während der Betrieb des Spektrometers insgesamt automatisch gesteuert wird, löst der Bediener jede Einzelmessung manuell aus. Die Messdaten werden per drahtloser Telemetrie zu einem stationären Notebook PC übertragen und auf dessen Festplatte gespeichert. Optional soll es möglich sein, über ein zusätzliches Telemetriesystem gesprochene Infor-

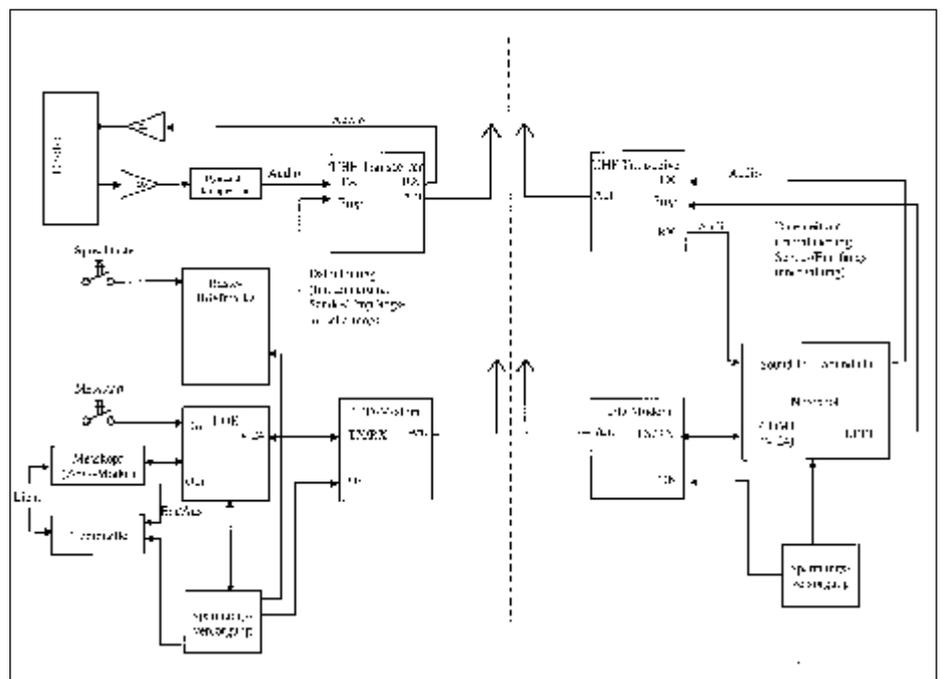


Bild 1: Schematischer Aufbau des telemetrischen Spektrometersystems

Fig. 1: System design of complete spectrometer

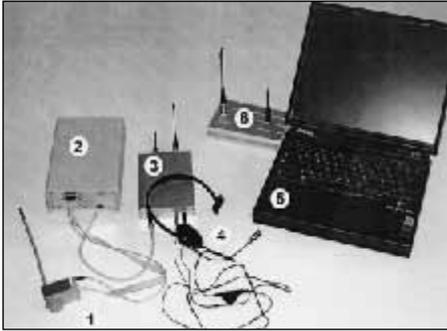


Bild 2: Baugruppen des telemetrischen Spektrometersystems: 1 – Spektrometermodul (Zeiss MMS1), 2 – Steuereinheit (inkl. Akkumulator), 3 – Daten- und Audio Transceiver, 4 – Headset, 5 – Notebook PC, 6 – Daten- und Audio Transceiver

Fig. 2: Components wireless spectrometer system: 1 – spectrometer module (Zeiss MMS1), 2 – controlling electronics (incl. accumulator), 3 – data and audio transceiver, 4 – headset, 5 – notebook PC, 6 – data and audio transceiver

mationen vom Anwender zum Notebook PC zu senden.

In Bild 1 ist der komplette Aufbau des telemetrischen Messsystems schematisch dargestellt. Das tragbare Teilsystem kann mit Hilfe von leistungsfähigen NiMH Akkumulatoren über acht Stunden betrieben werden. Als Spektrolsensor wird ein monolithisches Miniatur-Spektrometermodul MMS1-NIR enhanced (ZEISS Jena) verwendet, an das über Glasfaserbündel und optische Standardverbinder unterschiedliche spezifisch an die Früchte angepasste Sensorköpfe gesteckt werden können. Lichtquelle – normale oder Halogen-Glühlampen sind einsetzbar – und Spektrometer werden durch eine LOE Steuereinheit (tec5 Oberursel) elektronisch gesteuert. Von der Steuereinheit werden die Messdaten an ein HF LPD (Low Power Device) Modem (OPC Köln) übergeben, das sie im 2,4 GHz ISM Band versendet (Tab. 1).

Die Datenübertragung erfolgt mit dem sogenannten Frequency-Hopping-Spread-Spectrum Verfahren, um hohe Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Im Freiland kann eine Entfernung von etwa 100 m überbrückt werden.

Tab. 1: Technische Daten des OEM Modem OPC1515

Table 1: Technical data of OEM modem OPC1515

Frequenzbereich	2,405 bis 2,477 GHz (ISM Band: Industrial, Scientific and Medical)
Com Port	RS232, (8/N E/O 1)
Baud Rate	9,6 bis 230,4 kbps
Stromversorgung	5V, ~ 200 mA
Abmessungen	60 mm x 45 mm x 15 mm
Antennenanschluss	SMA
Zulassung	in Europa siehe I-ETS 300440

Die Kommunikation mit dem PC ist über mehrere Tasten sowie als zusätzliche Option über ein bidirektionales Audio Interface mit einem Headset wie bei Mobiltelefon vorgesehen. Die Aufzeichnung von gesprochenen Kommentaren erfolgt in Form von *.wav Dateien zusammen mit den Messdaten auf dem PC. Die Kopfhörer sind als Ausgang für akustische Antworten (zum Beispiel „Signal gut“, „Fehler“, ...) verwendbar. Aufgezeichnete Kommentare können beim Aufrufen der gespeicherten spektral-optischen Messdaten abgespielt werden.

Software

Zur Verarbeitung der spektraloptischen Messdaten wird eine am ATB entwickelte Software genutzt. Die Spektralwerte der gemessenen Frucht werden in Beziehung zu Referenzwerten von Schwarz- und Weiß-Standards berechnet:

$$M = (R-B)/(W-B)$$

R ... Werte des Rohspektrums vom Messobjekt

B ... Werte des Rohspektrums vom Schwarz-Standard

W ... Werte des Rohspektrums vom Weiß-Standard

M ... Kalibrierte Spektralwerte vom Messobjekt

Bild 3 zeigt qualitativ die typische spektrale Empfindlichkeitskurve des Systems von Spektrometer und Halogen-Glühlampe. Die Empfindlichkeit ist abhängig von der Wellenlänge und an den Grenzen des Spektralbereichs von 300 bis 1100 nm sehr gering.

Die Integrationszeit des Spektrometers ist ein Steuerparameter, der automatisch eingestellt wird. Sowohl zu hohe Signalwerte (Signalbegrenzung) als auch zu hohes Rauschen nahe der Grenzen des Spektralbereichs müssen vermieden werden. Die entwickelte Spektrometer-Software realisiert automatisch bis zu drei Messungen mit unterschiedlichen Integrationszeiten. Der Spektralbereich des Spektrometers wird dazu in bis zu drei Abschnitte mit unterschiedlichen Signalamplituden unterteilt, von denen

nen jeder mit angepasster Integrationszeit gemessen wird. Abschließend werden diese drei Abschnitte wieder zu einem kontinuierlichen Spektrum zusammengefügt.

Die Software legt ASCII Tabellen mit den spektraloptischen Messdaten an, die leicht mit Tabellenkalkulationsprogrammen wie beispielsweise MS EXCEL weiterverarbeitet werden können. Darüberhinaus werden CIE Lab Farbwerte berechnet und ebenfalls in diese Tabellen eingetragen.

Nach Einschalten der Spektrometer-Baugruppen und Starten des Programms am Notebook PC ist das System einsatzbereit. Der Bediener sollte zunächst eine Kalibration gegen Schwarz- und Weiß-Standard durchführen. (Diese Kalibration kann später beliebig wiederholt werden). Danach kann er mit Hilfe der Taste „Messen“ Messungen durchführen.

Wenn die gemessenen Daten untypisch erscheinen, erzeugt die Software ein Warnsignal (akustisch oder andere). Dann muss der Bediener entscheiden, ob der Datensatz gespeichert oder die Messung wiederholt werden soll. Vor Betätigen der Taste „Speichern“ können gegebenenfalls gesprochene Kommentare bei Drücken der Taste „Record“ aufgezeichnet werden.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Streif, J.: Optimum harvest date for different apple cultivars in the 'Bodensee' area. Proc. COST 94 Meeting, Lofthus, Norway, (1996), pp.15-20, ISBN 92-827-5427-8
- [2] Quast, P.: Fruchtentwicklung und Fruchtreife, II. Ernte und Einlagerung späterer Apfelsorten. Obstbau 16 (1991), H. 9, S.431-435
- [3] • Williams P. und K. Norris: Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industry. Amer. Assoc. of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota, USA, 1987
- [4] Herold B. et al.: Zerstörungsfreie Bestimmung des Entwicklungsstadiums von Obst. Landtechnik 55 (2000), H. 3, S. 224-225
- [5] Zude-Sasse, M. et al.: Nichtdestruktive spektraloptische Analyse der Fruchtreife. Landtechnik 56 (2001), H. 4, S. 284-285

Bild 3: Qualitative spektrale Empfindlichkeitskurve

Fig. 3: Qualitative sensitivity characteristics

