

Manuela Zude, Aviva Peeters, Jörn Selbeck, Jana Käthner, Robin Gebbers, Alon Bengal, Amots Hetzroni, Claes Jaeger-Hansen, Hans-Werner Griepentrog, Florian Pforte, Paolo Rozzi, Alessandro Torricelli, Lorenzo Spinelli, Mustafa Ünlü und Riza Kanber

Methoden für die präzise obstbauliche Produktion

Der Ansatz von *Precision Horticulture* im Obstbau lehnt sich an das aus dem Ackerbau stammende Konzept der Präzisionslandwirtschaft bzw. der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung an. Hierbei sollen präzise an das individuelle Gehölzwachstum angepasste Pflegemaßnahmen die bislang praktizierte einheitliche Behandlung aller Bäume in einer Anlage ablösen. Voraussetzungen hierfür sind u. a. Bodenkarten und Informationen zum Pflanzenwachstum. Das Ziel ist es, den informationsgestützten Obstbau voranzutreiben und durch ein räumlich und zeitlich differenziertes Management eine effizientere und nachhaltigere Bewirtschaftung zu erreichen.

Schlüsselwörter

Automatisierung, 2D-Bildauswertung, Laserscanner, Präzisions-Gartenbau, teilflächenspezifisch, Obstbau

Keywords

Automation, 2D-Image analysis, laser scanner, Precision Horticulture, site-specific, fruit production

Abstract

Zude, Manuela; Peeters, Aviva; Selbeck, Jörn; Käthner, Jana; Gebbers, Robin; Bengal, Alon; Hetzroni, Amots; Jaeger-Hansen, Claes; Griepentrog, Hans-Werner; Pforte, Florian; Rozzi, Paolo; Torricelli, Alessandro; Spinelli, Lorenzo; Ünlü, Mustafa and Kanber, Riza

Advances in precise fruit production

Landtechnik 67 (2012), no. 5, pp. 338–341, 3 figures, 3 references

The concept of Precision Horticulture follows the knowledge achieved in site-specific farming over the last decades. In fruit production, the target is to optimize production processes by means of adapted treatment of individual trees. Prerequisite to precision horticultural management are spatially organized data that might include soil maps and information on plant growth. Such data are used to produce maps guiding growers to appropriately manage zones within fields. Ultimately, the objective is to promote automation of fruit production and to achieve sustainable production through the site-specific management.

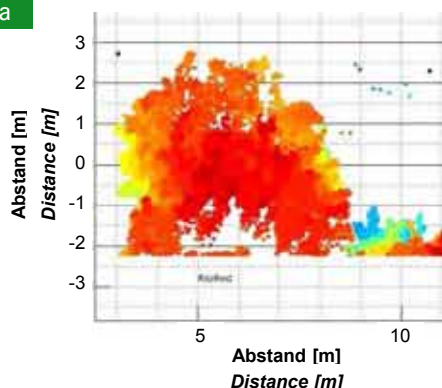
■ Methoden zur Kartierung von Bodeneigenschaften wurden in den letzten 20 Jahren im Rahmen des teilflächenspezifischen Ackerbaus entwickelt und können auch im Obstbau eingesetzt werden. Unterschiede ergeben sich durch die perennierenden Kulturen, die einzelpflanzenspezifische Entwicklung, die höhere Wertschöpfung und die höhere Produktionsintensität.

Die Pflanzendaten müssen in hoher räumlicher Auflösung erfasst werden, um an den untersuchten Standorten Zonen mit ähnlicher Charakteristik (hier: extrem hohe Werte, *hot spots*) zu identifizieren. Die Datenaufzeichnung sollte automatisiert während der Vegetationsperiode erfolgen. Dabei müssen die sensorbasierte Parameternaufzeichnung, das Messintervall und die Messwertübertragung bei der Erfassung der Pflanzendaten berücksichtigt werden.

Die zu erfassenden Pflanzenparameter können das Wachstum der Pflanzenorgane (Blatt, gesamte Krone, Wurzel sowie die generativen Organe: Blüte und Frucht) oder kurzfristige physiologische Funktionen (Blatt-Gaswechsel, Xylem-Saftfluss, Xanthophyll-Zyklus, Chlorophyll-Fluoreszenzkinetik, Frucht-Wasserhaushalt) sein. Abhängig von den gewählten Parametern müssen die Messungen einmalig, wöchentlich, täglich oder im Tagesverlauf aufgezeichnet werden.

Die Bestimmungsmethode der Pflanzenparameter bedingt somit auch die Durchführung der Datenaufzeichnung, entweder durch Messungen im berührungslosen Verfahren (Nahbereichs- und Fernerkundung) oder durch Analysen mit notwendigem Kontakt mit dem Pflanzenorgan. Abhängig vom Messverfahren und vom Messintervall wird eine geeignete Sensor-Plattform (autonome Plattform, Drohnen, Mast, stationärer Aufbau am Baum usw.) und die Art der Datenübertragung mittels Bordcomputer und/oder drahtlosem Sensornetzwerk zur Anwendersoftware mit integriertem *decision support system* gewählt.

Abb. 1a



Laserpunktwolke eines Grapefruchtbaumes der Sorte 'Rio Red' – in Falschfarben ist der Abstand der Lasertreffer zum Scanner dargestellt

Fig. 1a: Laser scanner point cloud from a grapefruit tree of the cultivar 'Rio Red' – in false colour the distance of laser hits to the scanner is presented

In dem laufenden europäischen Projekt 3D-Mosaic (ERA-Net ICT-AGRI) wird derzeit ein Konzept zur teilflächenspezifischen Bewässerung entwickelt und in zwei Feldtests an typischen Obstarten des subtropischen (Grapefruit) und des gemäßigten Klimas (Pflaume) evaluiert.

Feldversuch

Während der Vegetationsperiode 2011 erfolgten exemplarisch Messungen in einer obstbaulichen Versuchsanlage in subtropischem mediterranem Klima auf dem Gelände der Çukurova Universität in Adana, Türkei. Es standen 21 Reihen mit je 23 Bäumen von *Citrus paradisi* 'Rio Red' zur Verfügung, wobei die Messungen mindestens in 9 Reihen an 207 Bäumen durchgeführt wurden.

Die Bodenvariabilität wurde mithilfe von geoelektrischen Methoden erfasst (hier: 4-Punkt light hp, LGM Lippmann, Deutschland). Dazu wurden vier Elektroden mit einem Elektrodenabstand von 1 m so an der Oberfläche platziert, dass die scheinbare Bodenleitfähigkeit (ECA) direkt am Baum bestimmt

werden konnte. Anschließend wurden die Daten bearbeitet und interpoliert, um eine flächendeckende Darstellung zu erreichen.

Zur Detektion von Baumparametern der einzelnen Bäume wurde ein Laserscanner (alasca XT, ibeo, Deutschland) eingesetzt. Der Laserscanner, der auf einem Traktor montiert war, nahm die Bäume senkrecht zur Fahrtrichtung in Seitenansicht auf (**Abbildung 1a**). Die resultierenden Punktwolken wurden so verarbeitet, dass Laserpunkttreffer auf Baumebene dargestellt werden können.

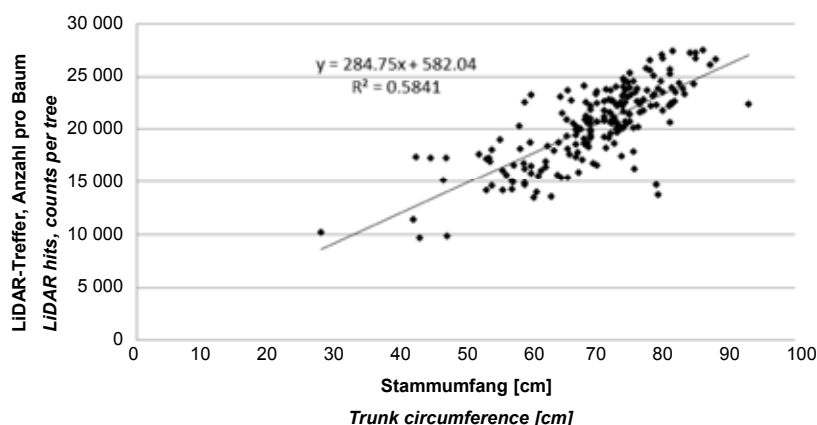
Zur Bestimmung von Fruchtparametern wurden ein optischer Fruchtsensor (DA-Meter, Sintéleia, Italien) und eine 2D-Bildanalyse eingesetzt. Das DA-Meter ist ein Handmessgerät, mit dem auf Basis einer wellenlängenspezifischen Auswertung (545 nm, 640 nm und 750 nm) eine Reifegradbestimmung der Frucht durchgeführt werden kann. Neben der Früchtezählung bei der Ernte wurde eine 2D-Bildanalyse zur Früchtezählung verwendet. Die Aufnahmen erfolgten aus der Froschperspektive mit einer RGB-Kamera. Die Bilder wurden per Hand ausgewertet.

Ergebnisse

Der Boden ist heterogen und variiert im Oberboden von lehmig-tonig bis sandig-lehmig und sandig-lehmig im Unterboden.

Laserscanner-Messungen erfolgten an 207 Bäumen, wobei zunächst ein herkömmlicher Traktor als Trägerfahrzeug genutzt wurde. Sowohl Laserscanner wie auch Kamerasysteme werden künftig auf einer autonomen Plattform betrieben. Die Messergebnisse zeigen eine hohe Korrelation mit dem Stammumfang (**Abbildung 1b**). An kleineren Bäumen konnten in parallelen Vorversuchen auch Blattzählungen und Blattflächenbestimmungen durchgeführt werden, wobei beispielsweise eine hohe Korrelation zwischen Laser-Treffern und der Blattanzahl ($r = 0,79$) trotz variierender Witterungsverhältnisse vorlag. Der Fruchtertrag stand in der vorliegenden Versuchsanlage in engem Zusammenhang mit der Blattmasse, wodurch die Korrelation der Laserscanner-Messungen mit dem Ertrag zu erklären ist. Das mittels Laserscanner bestimmte Pflanzenwachstum zeigte ähnliche Muster wie die scheinbare Bodenleitfähigkeit.

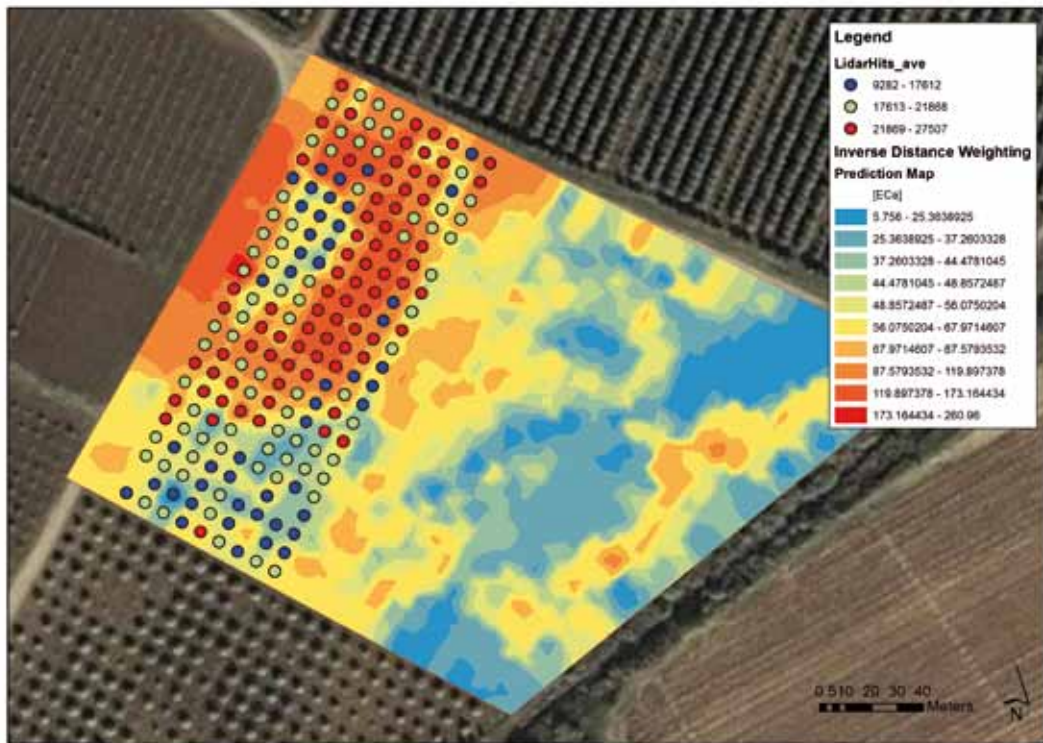
Abb. 1b



Zusammenhang zwischen Laser-Treffern und dem Stammumfang

Fig. 1b: Tree stem circumference data plotted against laser scanner data

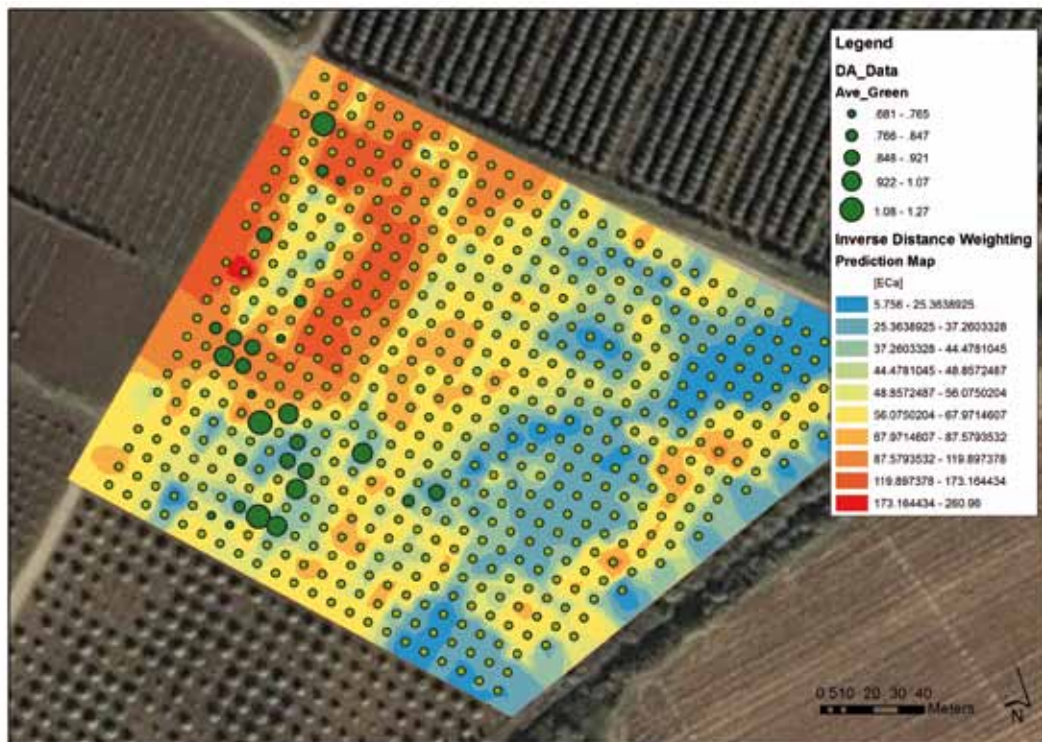
Abb. 2



Darstellung der gemittelten Laserscanner-Treffer, aufgeteilt in drei Klassen (blau, grün, rot) referenziert auf die scheinbare elektrische Leitfähigkeit des Bodens (interpolierte ECa-Werte)

Fig. 2: The circles showing the laser scanner hits (average) classified into 3 groups (blue, green and red) based on natural breaks overlaid on electrical conductivity prediction surface

Abb. 3



Daten des Fruchtsensors (DA-Meter) für 27 Bäume: Größe der grünen Kreise korrespondiert mit der Höhe der Sensorwerte. Die Daten sind auf der Karte der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit (interpolierte ECa-Werte) dargestellt

Fig. 3: DA Data for 27 monitored trees overlaid on apparent electrical conductivity (ECa) prediction surface

Die Fruchtsensor-Daten zeigten eine Korrelation mit der löslichen Trockensubstanz ($r = 0,52$) und dem Fruchtsäuregehalt ($r = 0,77$), die an Referenzfrüchten im Labor ermittelt wurden. Die optischen Fruchteigenschaften wurden im Labor analysiert [1]. Für die Fruchtsensoren mit notwendigem Kontakt an der Frucht während der Messung wurde ein drahtloses Sensornetzwerk (CP, Falkensee, Deutschland) aufgebaut, das hinsichtlich der Reichweite vermessen worden war [2].

Mithilfe von statistischen Analysen konnten Zusammenhänge zwischen der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens und dem vegetativen Wachstum, dem Ertrag (**Abbildung 2**) sowie den Fruchtsensor-Daten (**Abbildung 3**) gezeigt werden. Eine Hot-spot-Analyse wurde herangezogen, um unterschiedliche Management-Zonen zu charakterisieren. Vorversuche in einer heimischen Anlage weisen bereits auf erhöhte Korrelationen zwischen Boden- und Pflanzendaten bei Verwendung von Bodenleitfähigkeitswerten in tieferen Bodenschichten hin [3].

Schlussfolgerungen und Ausblick

Auch im Obstbau wurden somit Korrelationen zwischen Bodenleitfähigkeitswerten und Pflanzenparametern gefunden. Im Feldversuch zeigten sich vorrangig Zusammenhänge zum vegetativen Wachstum, zum Ertrag und zur Fruchtqualität, wobei diese Daten sensorgestützt aufgezeichnet werden konnten. Mit herkömmlichen Laboranalysen und Bonitur wäre der Arbeitsaufwand für die räumlich aufgelöste Datenerfassung zu groß gewesen.

Im zweiten Projektjahr wird das Konzept an einem mitteleuropäischen Standort mit Steinobst erprobt, wobei die Arbeitsschwerpunkte in der sensorgestützten Parameter-Erfassung, der Tiefenerfassung von Bodendaten und deren Korrelation mit

Daten zum Wasserzustand der Bäume liegen werden. Parallel erfolgt die Erprobung von angepassten statistischen Methoden zur Bestimmung der Management-Zonen.

Literatur

- [1] Torricelli, A.; Spinelli, L.; Kaethner, J.; Selbeck, J.; Franceschini, A.; Rozzi, P.; Zude, M. (2012): Non-destructive optical assessment of photon path lengths in fruit during ripening: implications on design of continuous-wave sensors. CIGR-AgEng International Conference of Agricultural Engineering, Proceedings, pp. 84–88
- [2] Vougioukas, S.; Anastasiu, H.; Regen, Ch.; Zude, M. (2012). Comparison of radio path loss models for wireless sensor networks in orchard environments. CIGR-AgEng International Conference of Agricultural Engineering, pp. 79-83
- [3] Käthner, J.; Rozzi, P.; Zude, M. (2012): Correlation analyses of high resolution 3D soil electrical conductivity and the development of fruit trees. CIGR-AgEng International Conference of Agricultural Engineering, Proceedings, pp. 69–72

Autoren

Projektpartner des ersten Feldversuchs in Projekt „3D-Mosaic“ kommen von 11 Institutionen aus sieben Ländern: **Manuela Zude**, **Jana Käthner**, **Jörn Selbeck**, **Robin Gebbers** (ATB, Deutschland); **Aviva Peeters**, **Alon Bengal**, **Amots Hetzroni** (ARO, Israel); **Claes Jaeger-Hansen**, **Hans-Werner Griepentrog** (Universität Hohenheim, Deutschland), **Florian Pforte** (Universität Kassel, Deutschland); **Stavros Vougioukas** (Aristoteles Universität Thessaloniki, Griechenland); **Riza Kanber**, **Mustafa Ünlü** (Universität Cukurova, Türkei); **Paolo Rozzi** (Sintéleia, Italien), **Alessandro Torricelli**, **Lorenzo Spinelli** (Politecnico di Milano, Italien)

Die Koordinatorin, **Manuela Zude**, arbeitet am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim, und lehrt an der Beuth Hochschule für Technik Berlin, E-Mail: mzude@atb-potsdam.de

Danksagung/Hinweise

Diese Arbeit wird unterstützt durch das ICT-AGRI Projekt “3D-Mosaic – Advanced Monitoring of Tree Crops for Optimized Management – How to Cope with Variability in Soil and Plant Properties?”. Im Rahmen des ERA-NET im 7. Europäischen Rahmenprogramm für Forschung wird dieses Projekt finanziert. Der nationale Zuwendungsgeber ist die BLE.