

Landtech

Automatisches Lenksystem für Traktoren im Obstbau

Martin Holpp, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen

Auskünfte: Martin Holpp, E-Mail: martin.holpp@art.admin.ch, Fax +41 52 365 11 90, Tel. +41 52 368 31 31

Zusammenfassung

In Obstanlagen müssen pro Saison mit 20 bis 30 maschinengebundenen Arbeitsgängen Pflegemassnahmen wie Mulchen und Pflanzenschutz durchgeführt werden. Im Hinblick auf eine Entlastung des Fahrers und den weitergehenden Möglichkeiten einer teilweisen wie auch vollständigen Automatisierung von Arbeitsgängen kommt automatischen Lenksystemen eine Schlüsselfunktion zu. Für Traktoren im Obstbau standen bisher keine geeigneten Systeme zur Verfügung.

Ziel des ART-Projekts war es, aus marktgängigen Komponenten ein einfach nachrüstbares Lenksystem zu entwickeln. Es sollte schnell von einem auf einen anderen Traktor umgesetzt werden können, eine hohe Funktionssicherheit sowie ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis haben.

Als Entwicklungsplattform wurde ein auf einem Softwareregler basierendes Regelsystem entwickelt. Laser- und Ultraschallsensoren tasten die Pflanzen ab und verwenden diese als Leitlinie. Der Lenkeingriff besteht aus einem Reibradantrieb am Lenkrad; mit einem Ultraschallsensor wird der Lenkwinkel bestimmt. In Praxisversuchen wurde eine zufriedenstellende Lenkgenauigkeit von +/- 10 cm ermittelt.

Das Systemkonzept erfüllt die heutigen Anforderungen an ein automatisches Lenksystem und ist Baustein für weitere Automatisierung. In Kombination mit der Technologie führerloser Transportsysteme ergeben sich neue Möglichkeiten für die Gestaltung traktorgebundener Arbeiten im Obstbau.

Pflanzenbestandes oft die Kapazität fehlt (Noak 2004). Automatische Lenksysteme entlasten den Fahrer und ermöglichen ein entspannteres Arbeiten und einen effizienteren Einsatz der Maschinen und Mittel (Keller 2005).

Lenksysteme auf Basis des Global-Positioning-Systems (GPS) sind eingeschränkt, wenn der Empfang schlecht ist oder die Lenkung sich am tatsächlichen Pflanzenbestand orientieren soll (Holpp 2006). Dies ist beispielsweise in Obstanlagen der Fall, in denen der GPS-Empfang durch Bäume und Hagelschutznetze beeinträchtigt wird. Dann müssen die Pflanzen direkt mit Sensoren abgetastet und der Traktor daran entlang gelenkt werden.

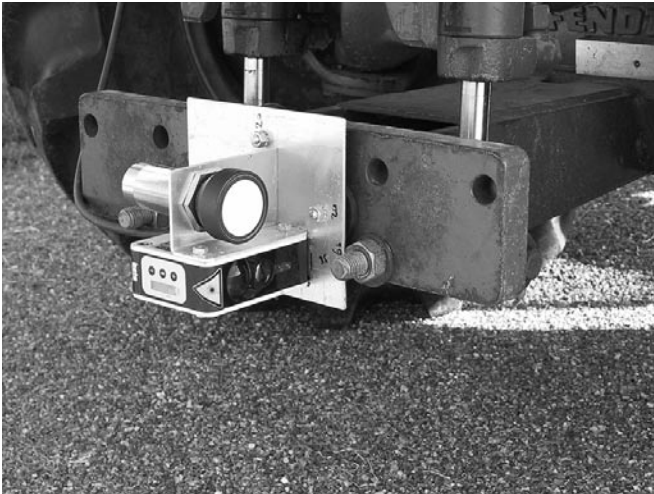
Für einen universellen Einsatz sollte ein automatisches Lenksystem für Anwendungen in Raum-, Reihen- und Flächenkulturen geeignet sein, einfach nachgerüstet und vom einen auf

Abb. 1, links. Apfelanlage, rechts Beerenanlage.

Traktoren müssen oft präzise geradeaus und entlang von Spuren und Reihen gelenkt wer-

den. Dies verlangt hohe Konzentration, womit für die Kontrolle der Anbaugeräte und des





den anderen Traktor umgebaut werden können, sowie ein vernünftiges Kosten-Leistungs-Verhältnis haben.

Regelsystem für Arbeiten im Obstbau

Im ersten Entwicklungsschritt wurde ein Regelsystem für Arbeiten im Obstbau konzipiert und auf einem Versuchstraktor aufgebaut. Im zweiten Schritt wurden die Komponenten optimiert und in einem Obstbautraktor in der Praxis getestet. Über eine zusätzliche Fernbedienung lässt sich der Traktor per Drehknopf manuell lenken (Steering by wire) und die Position korrigieren. Das Regelsystem besteht aus den Komponenten Distanzsensoren, Lenkwinkelsensor, Lenkantrieb, Fernbedienung und Software-Regler.

Distanzsensoren

Obstbäume sind in geraden Reihen gepflanzt. Das Blatt-

werk ist zwar uneinheitlich, die Stämme eignen sich aber gut als Leitlinie zur Orientierung (Abb. 1, links). Die bräunlichen Stämme haben zum Teil einen Durchmesser von nur 2,5 cm und stehen je nach Fruchtart in Abständen von zirka 0,5-2 m. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 7,2 km/h beziehungsweise 2 m/s bleiben 0,0125 s zur Erkennung eines Baumes. Zur Detektion wird ein Lasersensor S80 von DataSensor mit einer Reichweite bis 4 m und einer Abtastrate von 500 Hz verwendet. Pro Baum gibt es so mehrere Messwerte, die gemittelt werden.

In Beerenanlagen können keine Stämme abgetastet werden, die Blätter sind aber einheitlich und eignen sich als Leitlinie (Abb. 1, rechts). Da grüne Blätter zu wenig rotes Licht vom Lasersensor reflektieren, wird ein Baumer-Ultraschall-Sensor UNDK50 mit

einer Reichweite bis 2,5 m eingesetzt.

Beide Sensoren sind mit starken Magneten an der Traktorfront montiert und können alternierend benutzt werden (Abb. 2, links).

Lenkwinkelsensor

Es wurden verschiedene Sensoren zur Bestimmung des Lenkwinkels getestet. Ein mit dem Achsschenkel der Lenkachse mechanisch verbundenes Drehpotentiometer war in der Funktion nicht zuverlässig. Alternativ konnte über den Hub des Hydraulikzylinders der Lenkung der Lenkwinkel bestimmt werden. Mit einem Sensor am Zylinder wird die Distanz zu einem Reflektorblech am Kolbenende gemessen und in den Lenkwinkel umgerechnet. Der zuerst verwendete Lasersensor war empfindlich gegenüber Sonneneinstrahlung und wurde gegen einen Baumer UNDK20 Ultra-

Abb. 2, links. Distanzsensoren (oben Ultraschall, unten Laser), rechts Lenkwinkelsensor.

Abb. 3. Lenkantrieb, links Arbeitsstellung, rechts ausgeschaltet.



schallsensor mit einer Reichweite von 60–400 mm ausgetauscht (Abb. 2, rechts).

Lenkantrieb

Ziel war es, den Lenkantrieb möglichst einfach und einheitlich zu gestalten und nicht direkt mit Steuerventilen in die Lenkhydraulik einzugreifen.

Dies wurde mit einer Motor-Getriebe-Reibrad-Kombination direkt auf das Lenkrad realisiert. Der Antrieb ist an einer klappbaren Federstahlschwinge

montiert und kann bei Nichtgebrauch weggeschwenkt werden (Abb. 3).

Fernbedienung

Über eine kabelgebundene Fernbedienung kann mit einem Potentiometer manuell gelenkt (steering by wire) und die Traktorposition mit einem Offset korrigiert werden (Abb. 4, links). Diese Funktionalität wird hauptsächlich genutzt, wenn die Lenkung von ausserhalb des Traktors zum Beispiel von der angehängten Hebebühne aus bedient wird.

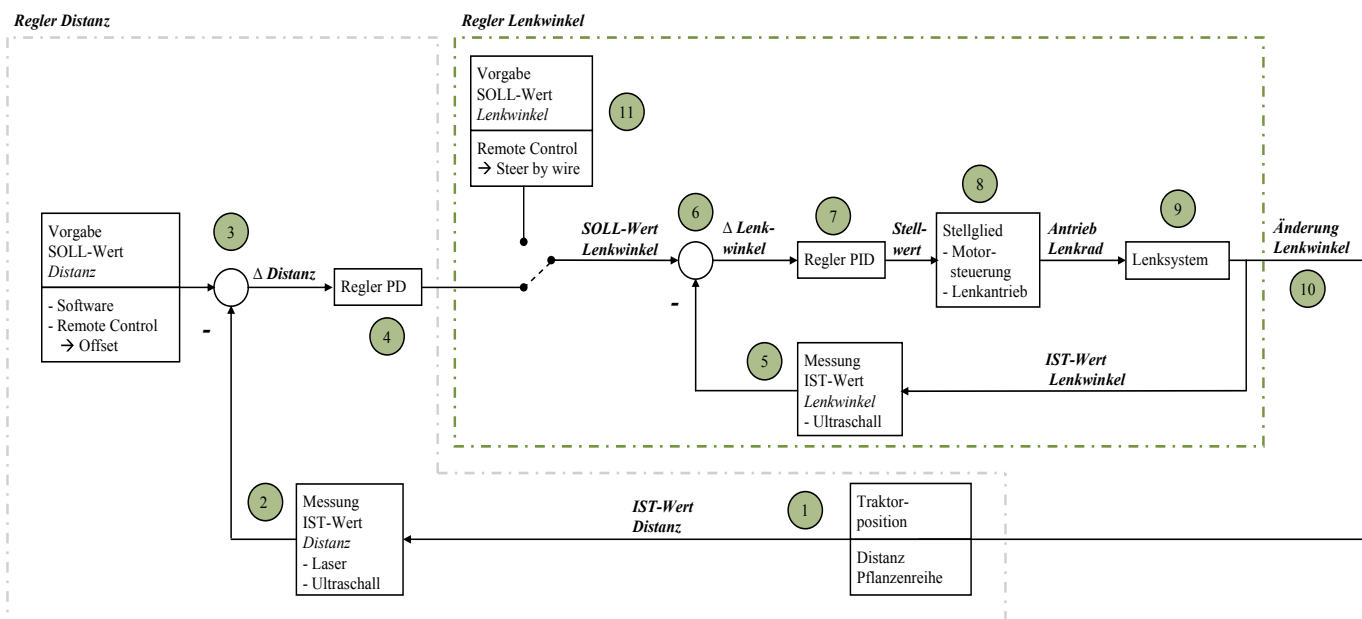
Systemsteuerung

Die Systemsteuerung wurde mit der Regelsoftware DASYlab auf einem Industrie-Tablet-PC realisiert (Abb. 4, rechts). Die Sensoren und Aktoren sind über ADDA-Interfaces eingebunden. In Kombination von DasyLab mit dem Touchscreen konnten einfach komfortable benutzerspezifische Bedienoberflächen für Programmierung und Anwender implementiert werden.

Das Blockschaltbild des Regelsystems ist in Abbildung. darge-

Abb. 4. links. Fernbedienung, rechts PC mit Schnittstellen-Box.





stellt. Es besteht aus zwei Teilen: Dem Regler für den Lenkwinkel und dem Regler für die Distanz.

Im automatischen Lenkbetrieb wird der Abstand des Trak-

tors von der Pflanzenreihe (1) mit dem Distanzsensoren (Laser oder Ultraschall; (2) bestimmt. Der Abstands-Istwert wird mit dem Abstands-Sollwert verglichen (3), ein PD-Regler (4) errechnet aus der Abstands-Diffe-

renz den Lenkwinkel-Sollwert. Dieser wird mit dem Lenkwinkel-Istwert (5) verglichen (6), ein weiterer PID-Regler (7) berechnet aus der Lenkwinkel-Differenz den Stellwert für die Motorsteuerung (8). Der Len-

Abb. 5. Blockschaltbild für Systemsteuerung.



Abb. 6. Messung der Regelgenauigkeit im Versuch mit Holzstöcken für Lasersensor.

Abb. 7. Kontrolllaser zur Distanzmessung an Anbaugeräteposition im Heck.



baugeräteposition in der Heckhydraulik erfasst.

Mit dem Lasersensor lassen sich Baumstämme mit einem Durchmesser $\geq 2,5$ cm und Baumabständen bis zu 1 m mit einer Geschwindigkeit bis 1,5 m/s sicher erkennen. Blattflächen lassen sich mit dem Ultraschallsensor bis 1,5 m/s abfahren. Die Schwankungsbreite in der Front ist bei einem Frontlenker automatisch höher als am Heck. Für die Praxis ist vor allem die Regelgenauigkeit des Systems im Bereich der Geräte im Heckanbau relevant. Sie liegt im Versuch und unter Praxisbedingungen bei einer Standardabweichung von zirka ± 10 cm (Abb. 8).

Abb. 8. Mittlere Lenkgenauigkeit auf der Teststrecke abhängig von der Geschwindigkeit und im Durchschnitt. Legende: horizontale Linie = Sollwert, Punkt = Mittelwert, Kasten = Schwankungsbreite (Mittelwert ± 1 Standardabweichung), vertikale Linien = Minimal- und Maximal-werte.

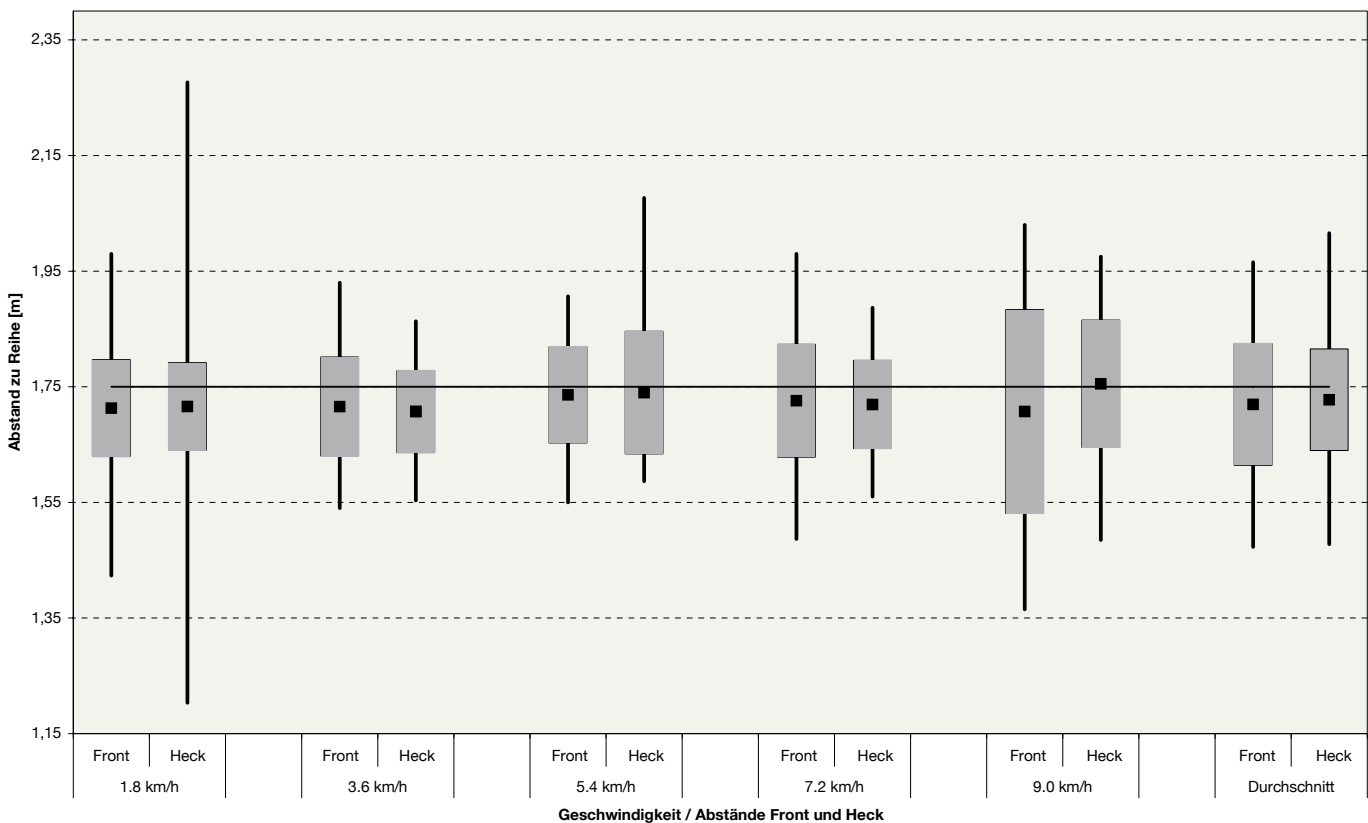
kantrieb dreht das Lenkrad (9), damit ändern sich der Lenkwinkel (10) und der Abstand des Traktors von der Pflanzenreihe (1). Im manuellen Lenkbetrieb ist die Distanzregelung ausgeschaltet und es wird über die Fernbedienung direkt der Lenkwinkel-Sollwert vorgegeben und ausgeregelt (11).

Präzision des Lenksystems

Die Regelgenauigkeit des Lenksystems wurde im Versuch und unter Praxisbedingungen ermittelt (Abb. 6 und 7). Mit der Regelsoftware wurden die Werte des Distanzsensors in der Front und des Kontroll-Lasersensors auf Höhe der An-

Schlussfolgerung

Das Systemkonzept erfüllt die heutigen Anforderungen an ein automatisches Lenksystem. Alle Komponenten können schnell von einem auf einen anderen Traktor versetzt werden, nur die Halterungen sind fest mit dem



Fahrzeug verbunden. Durch die flexible Konzeption des Reglers können einfach weitere Sensoren wie GPS, mechanische Taster oder Kamera-Systeme implementiert und die Anwendungsgebiete auf weitere Kulturen ausgedehnt werden.

Bei einer Weiterentwicklung müssten vor allem die Regelalgorithmen optimiert werden, um alternative mechanische Massnahmen zur Unkrautbekämpfung im Obstbau präzise unterstützen zu können.

In Kombination mit der Technologie führerloser Transportsysteme ergeben sich zusätzliche

neue Möglichkeiten für die Gestaltung traktorgebundener Arbeiten im Obstbau.

Literatur

■ Holpp M., 2006. Parallelfahrssysteme für Traktoren – Technik und Wirtschaftlichkeit; ART-Berichte Nr. 659, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen, S. 4.

■ Keller J., 2005. Auto-Guidance-System – Effiziente Flächenbearbeitung, Dieselverbrauchsoptimierung, Steigerung der Wirtschaftlichkeit; Landtechnik für Profis 2005, VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 78-80.

■ Noak P.O., 2004. GPS gestützte automatische Lenksystem; Land-

technik 5, Landwirtschaftsverlag, Münster, S. 256-257.

RÉSUMÉ

Développement d'un système de guidage automatique pour les tracteurs dans les cultures fruitières

Dans les cultures fruitières, vingt à trente opérations d'entretien doivent être effectuées chaque saison à l'aide de machines. Elles concernent par exemple le mulching ou la protection phytosanitaire. En vue de décharger le conducteur et d'automatiser totalement ou partiellement les différentes opérations, les systèmes de guidage automatique jouent un rôle-clé. Jusqu'à présent, il n'existait aucun système adapté pour les tracteurs dans les cultures fruitières.

Le projet ART avait pour but de développer un système de guidage facile à monter a posteriori, basé sur des composants disponibles sur le marché. Le système devrait pouvoir être transféré rapidement d'un tracteur à l'autre, garantir un fonctionnement sûr et offrir un bon rapport coûts-performance.

Le développement s'est fait à partir d'un système basé sur un logiciel de réglage. Des capteurs à laser et à ultrasons détectent les plantes et s'en servent comme ligne de conduite. La correction de la trajectoire s'effectue à l'aide d'une roue de friction qui agit directement sur le volant; l'angle de braquage est calculé à l'aide d'un détecteur à ultrasons. Les essais pratiques montrent que la précision de guidage est satisfaisante, soit +/- 10 cm.

Le concept du système remplit les exigences actuelles relatives à un système de guidage automatique et peut servir à l'automatisation d'autres mécanismes. En combinaison avec la technologie des systèmes de transport sans conducteur, cette technique ouvre de nouvelles perspectives pour l'organisation des travaux qui doivent être réalisés avec des tracteurs dans les cultures fruitières.

SUMMARY

Developing an automatic guidance system for tractors in fruit farming

In orchards, cultivation measures such as mulching and plant protection require 20 to 30 machine-related operations per season. Automatic guidance systems are of key importance in terms of making life easier for the driver and providing further options for both partial and complete automation of operations. To date no suitable systems have been available for tractors used in fruit farming.

The aim of the ART project was to develop an easily retrofittable steering system from commercially available components. The system was meant to be quickly transferable from one tractor to another, as well as having a high level of functional safety and a good price-performance ratio.

A control system based on a software controller was created as a development platform. Laser and ultrasound sensors scan the plants and use them as a guidance line. The steering consists of a friction-wheel drive on the steering wheel; the steering angle is determined with an ultrasound sensor. A satisfactory steering accuracy of +/- 10 cm was measured in field trials.

The system concept meets present day requirements of an automatic guidance system, and constitutes a building block for further automation. Together with driverless transport systems technology, it provides new opportunities for structuring tractor-based tasks in orchards.

Key words: automatic guidance system, tractor, fruit farming, laser, ultrasound