

Entwicklung eines automatischen Lenksystems für Traktoren im Obstbau

Martin Holpp, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Zusammenfassung

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

Ziel des Projektes war es, aus marktgängigen Komponenten ein einfach nachrüstbares Lenksystem zu entwickeln. Es sollte schnell von einem auf den 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; ein 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 zur weitergehenden Automatisierung. Unter der ISO-Norm 11783, dem sogenannten ISOBUS der Landwirtschaft, kann es einfach implementiert werden. Zusätzlich ergeben sich in Kombination mit der Technologie führerloser Transportsysteme neue Möglichkeiten für die fahrerlose Gestaltung traktorgebundener Arbeiten im Obstbau.

1 Ausgangssituation

Traktoren müssen oft präzise geradeaus und entlang von Spuren und Reihen gelenkt werden. Dies verlangt hohe Konzentration, womit für die Kontrolle der Anbaugeräte und des 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)

Mit Lenksystemen auf GPS-Basis gibt es Einschränkungen, 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 Empfang durch die Bäume und Hagelschutznetze beeinträchtigt wird. Dann müssen die Pflanzen direkt mit Sensoren abgetastet und der Traktor daran entlang gelenkt werden.



Abbildung 1: links Apfelanlage, rechts Beerenanlage

Für einen universellen Einsatz sollte ein automatisches Lenksystem für Anwendungen in Raum-, Reihen- und Flächenkulturen geeignet sein, einfach nachgerüstet und vom einen auf den anderen Traktor umgebaut werden können, sowie ein vernünftiges Kosten-Leistungs-Verhältnis haben.

2 Methoden

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 per Drehknopf manuell lenken (Steering by wire) und die Traktorposition korrigieren. Das Regelsystem besteht aus den Komponenten Distanzsensoren, Lenkwinkelsensor, Lenkantrieb, Fernbedienung und Software-regler.

2.1 Distanzsensoren

Obstbäume sind in geraden Reihen gepflanzt. Das Blattwerk ist zwar uneinheitlich, die Stämme eignen sich aber gut als Leitlinie zur Orientierung. (Abbildung 1, links) Die bräunlichen Stämme haben zum Teil einen Durchmesser von nur 2.5 cm und stehen je nach Fruchtart in Abständen von ca. 0.5 – 2 m. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 7.2 km/h bzw. 2 m/s bleiben 0.0125 s zur Erkennung eines Baumes. Zur Detektion wird ein Lasersensor S80 von DataSensor mit einer Reichweite bis 4m 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. (Abbildung 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. (Abbildung 2, links)

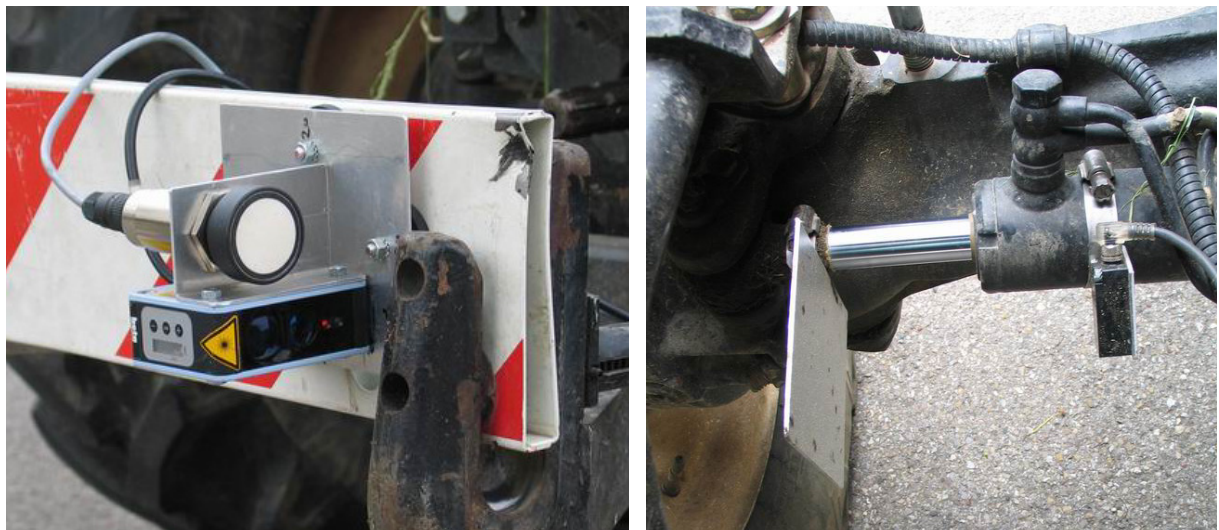


Abbildung 2: links Distanzsensoren (oben Ultraschall, unten Laser), rechts Lenkwinkelsensor

2.2 Lenkwinkelsensor

Es wurden verschiedene Sensoren zur Bestimmung des Lenkwinkels getestet. Ein mit dem Achschenkel 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 Ultraschallsensor mit einer Reichweite von 60-400 mm ausgetauscht. (Abbildung 2, rechts)



Abbildung 3: Lenkantrieb, links Arbeitsstellung, rechts ausgeschaltet

2.3 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. (Abbildung 3)



Abbildung 4: links Fernbedienung, rechts Tablet PC mit Schnittstellen-Box

2.4 Fernbedienung

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

2.5 Systemsteuerung

Die Systemsteuerung wurde mit der Regelsoftware DASYlab auf einem Industrie-Tablet-PC realisiert. Die Sensoren und Aktoren sind über ADDA-Interfaces eingebunden. (Abbildung 4, rechts) In Kombination von DasyLab mit dem Touchscreen konnten einfach komfortable benutzerspezifische Bedienoberflächen für Programmierung und Anwender implementiert werden. (Abbildung 5)

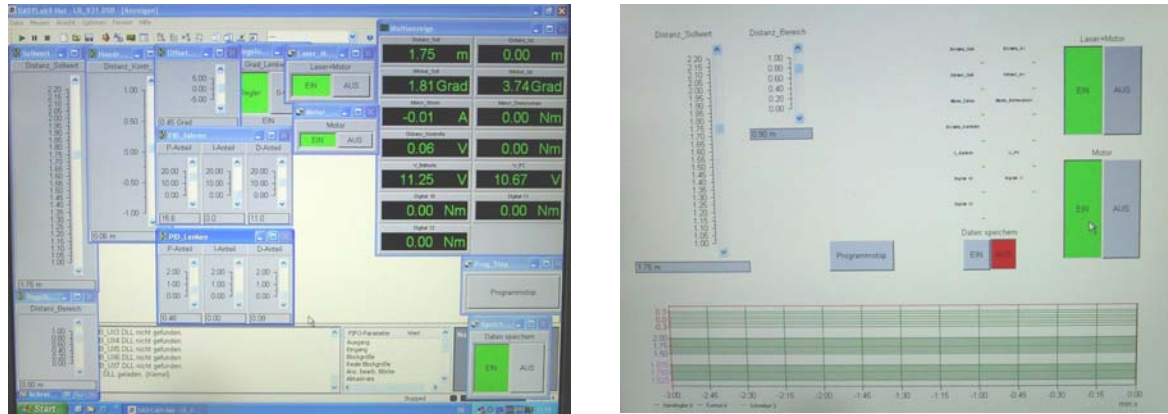


Abbildung 5: Bedienoberflächen DasyLab, links Programmiermodus, rechts Benutzermodus

Das Blockschaltbild des Regelsystems ist in Abbildung 6 dargestellt. Es besteht aus zwei Teilen: Dem Regler für den Lenkwinkel und dem Regler für die Distanz.

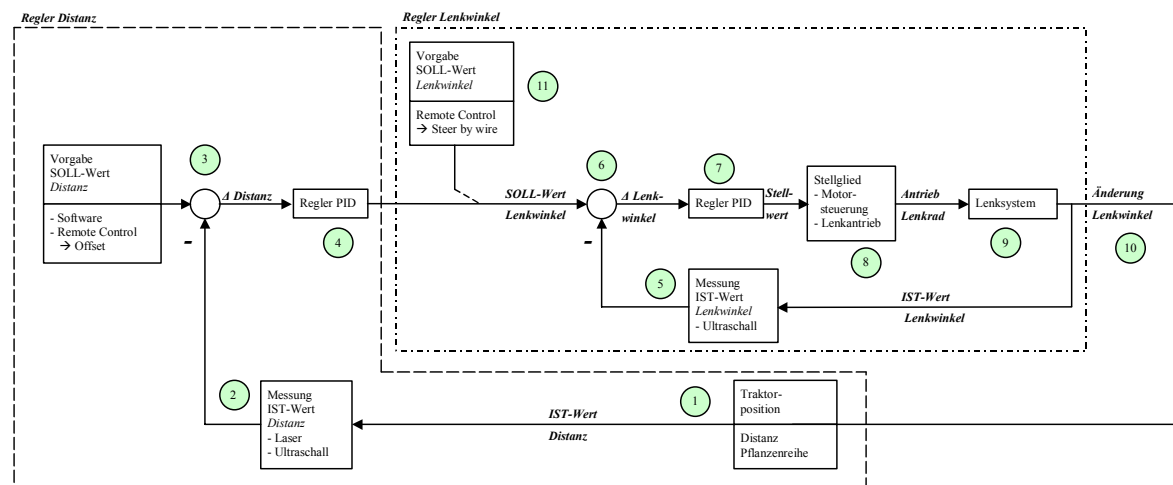


Abbildung 6: Blockschaltbild für Systemsteuerung

Im automatischen Lenkbetrieb wird der Abstand des Traktors 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-Differenz 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 Lenkantrieb 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).

3 Ergebnisse

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



Abbildung 7: links Messung der Regelgenauigkeit im Versuch mit Holzstöcken für Lasersensor und Folie für Ultraschallsensor, rechts Kontrolllaser zur Distanzmessung an Anbaugeräteposition im Heck.

Mit dem Lasersensor lassen sich Baumstämme mit einem Durchmesser ≥ 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 im 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 circa ± 10 cm. (Abbildung 8)

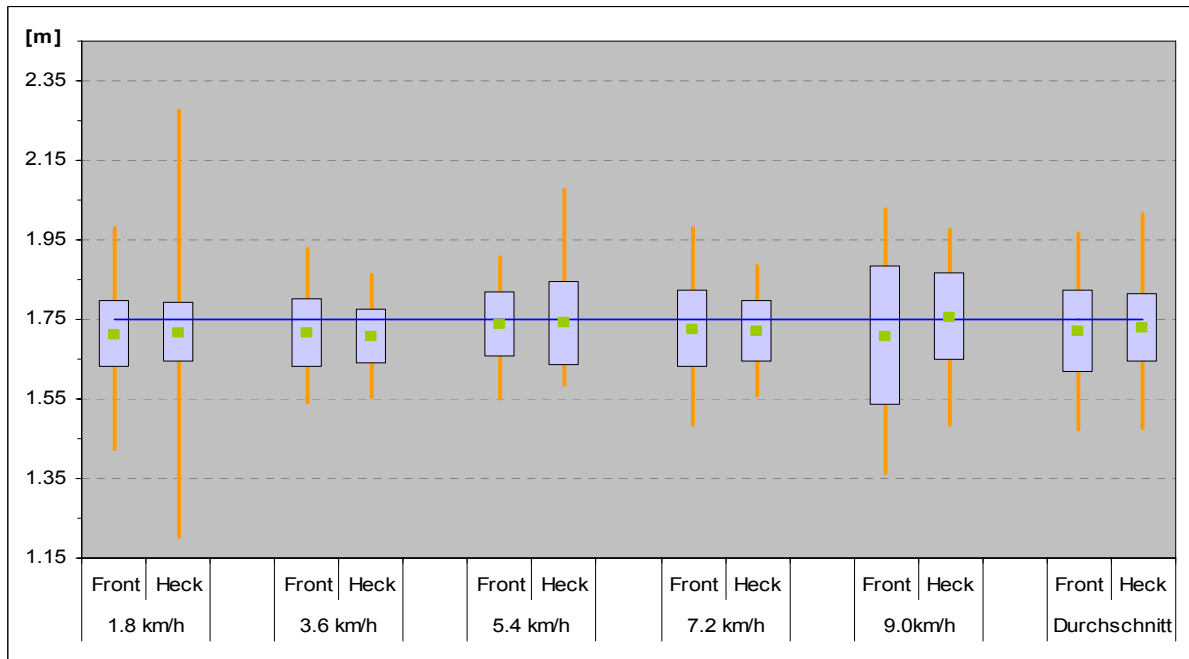


Abbildung 8: Mittlere Lenkgenauigkeit auf der Teststrecke abhängig von der Geschwindigkeit und im Durchschnitt. Legende: horizontale Linie=Sollwert, Punkt=Mittelwert, Kasten=Schwankungsbreite (Mittelwert +/- 1 Standardabweichung), vertikale Linien=Minimal- und Maximalwerte.

4 Schlussfolgerung

Das Systemkonzept erfüllt die heutigen Anforderungen an ein automatisches Lenksystem. Alle Komponenten können schnell von einem auf den 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.

Unter der ISO-Norm 11783, dem sogenannten ISOBUS der Landwirtschaft, kann es einfach in die Praxis implementiert werden. Zusätzlich ergeben sich in Kombination mit der Technologie führerloser Transportsysteme neue Möglichkeiten für die Gestaltung traktorgebundener Arbeiten im Obstbau.

5 Literatur

Holpp, M.: Parallelfahrssysteme für Traktoren – Technik und Wirtschaftlichkeit; ART-Berichte Nr. 695, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Zürich/Ettenhausen: 2006, S. 4

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

Noak, P.O.: GPS gestützte automatische Lenksystem; Landtechnik 5/2004, Landwirtschaftsverlag, Münster: 2004, S. 256-257

6 Danksagung

Unser Dank gilt Herrn Mario Kuster von der Hochschule für Technik Rapperswil, der in seiner Semesterarbeit den Lenkantrieb konstruiert hat, sowie Herrn Beat Kürsteiner vom Projekt- und Elektroniksupport ART, der in der Entwicklung und Umsetzung der Regelung federführend war.