

Martin Holpp, Tänikon/Schweiz

Automatisches Lenksystem für Traktoren im Obstbau

Für den Einsatz in Obstanlagen wurde ein automatisches Lenksystem entwickelt. Laser- und Ultraschallsensoren tasten die Pflanzen ab und verwenden diese als Leitlinie. Der Lenkeingriff wird mit einem Reibradantrieb am Lenkrad realisiert; mit einem Ultraschallsensor wird der Lenkwinkel bestimmt. In Praxisversuchen wurde eine Lenkgenauigkeit an der Position des Anbaugerätes von ± 10 cm ermittelt.

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 [1]. Automatische Lenksysteme entlasten den Fahrer und ermöglichen einen entspannteren Arbeitseinsatz und einen effizienteren Einsatz von Maschinen und Mitteln [2]. Lenksysteme auf Basis des Global-Positioning-Systems (GPS) sind eingeschränkt, wenn der Empfang schlecht ist oder die Lenkung sich am tatsächlichen Pflanzenbestand orientieren soll [3]. Dies ist beispielsweise in Obstanlagen der Fall, in denen der GPS-

Praxis getestet. Über eine zusätzliche Fernbedienung lassen 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 Blattwerk ist zwar uneinheitlich, die Stämme eignen sich aber gut als Leitlinie zur Orientierung (Bild 1, links). Die bräunlichen Stämme haben zum Teil einen Durchmesser von nur 2,5 cm und stehen je nach Fruchtart in Abständen von etwa 0,5 bis 2 m. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 7,2 km/h oder 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. 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 (Bild 1, 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 Ultraschallsensor mit einer Reichweite von 60 bis 400 mm ausgetauscht (Bild 1, Mitte).

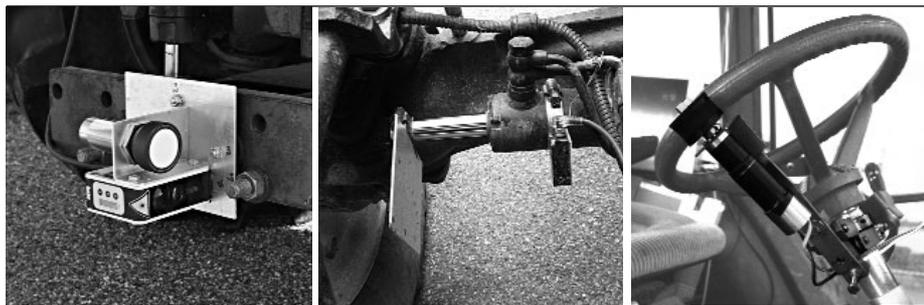


Bild 1: Links Distanzsensoren (oben Ultraschall, unten Laser), Mitte Lenkwinkelsensor, rechts klappbarer Lenkeingriff mit Reibrad

Fig. 1: Left distance sensors (top ultrasonic, bottom laser), centre steering angle sensor, right steering wheel intervention with frictional wheel drive

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 den anderen Traktor umgebaut werden können. Zudem sollte ein vernünftiges Kosten-Leistungs-Verhältnis bestehen.

Methoden

Im ersten Entwicklungsschritt wurde ein Regelsystem für Arbeiten im Obstbau konzipiert und auf einem Versuchstraktor aufgebaut. Dann wurden die Komponenten optimiert und in einem Obstbautraktor in der

Dipl.-Ing. (FH) Martin Holpp ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsgruppe Agrartechnische Systeme an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen; e-mail: martin.holpp@art.admin.ch

Schlüsselwörter

Obstbau, Traktor, automatisches Lenksystem, Laser, Ultraschall

Keywords

Fruit growing, tractor, automatic steering system, laser, ultrasound

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 (Bild 1, rechts).

Fernbedienung

Über eine kabelgebundene Fernbedienung kann mit einem Potentiometer manuell gelenkt und die Traktorposition mit einem Offset korrigiert werden. 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. Die Sensoren und Aktoren sind über Analog-Digital-Digital-Analog-(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 mit den Teilreglern für Lenkwinkel und Distanz ist in Bild 2 dargestellt.

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 PID-Regler (7) berechnet aus der Lenkwinkel-Differenz den Stellwert für die Motorsteuerung (8). Der Lenkantrieb dreht das Lenkrad (9), damit an-

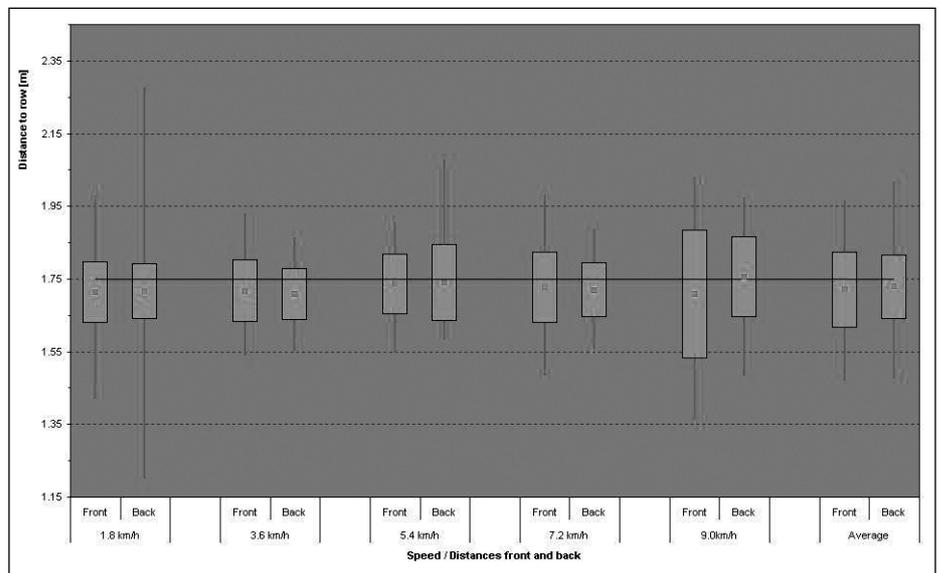


Bild 3: Mittlere Lenkgenauigkeit auf der Teststrecke in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit; Legende: horizontale Linie = Sollwert, Punkt = Mittelwert, Kasten = Schwankungsbreite (Mittelwert \pm 1 Standardabweichung), vertikale Linien = Minimal- und Maximalwerte

Fig. 3: Mean steering accuracy on the test stretch as a function of speed. Key: horizontal line = set value, dot = mean value, box = variation (mean \pm 1 standard deviation), vertical lines = minimum and maximum values

dem 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).

Ergebnisse

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

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 Regel-

genauigkeit des Systems im Bereich der Geräte im Heckanbau relevant. Sie liegt im Versuch und unter Praxisbedingungen bei einer Standardabweichung von zirka ± 10 cm (Bild 3).

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.

In Kombination mit der Technologie führerloser Transportsysteme ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten für die Gestaltung traktorgebundener Arbeiten im Obstbau.

Literatur

- [1] Noak, P.O.: GPS gestützte automatische Lenksysteme. Landtechnik 59 (2004), H. 5, S. 256-257
- [2] Keller, J.: Auto-Guidance-System – Effiziente Flächenbearbeitung, Dieselverbrauchsoptimierung, Steigerung der Wirtschaftlichkeit. Landtechnik für Profis, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2005, S. 78-80
- [3] Holpp, M.: Parallelfahrssysteme für Traktoren – Technik und Wirtschaftlichkeit. ART-Berichte Nr. 695, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen, 2006, S. 4

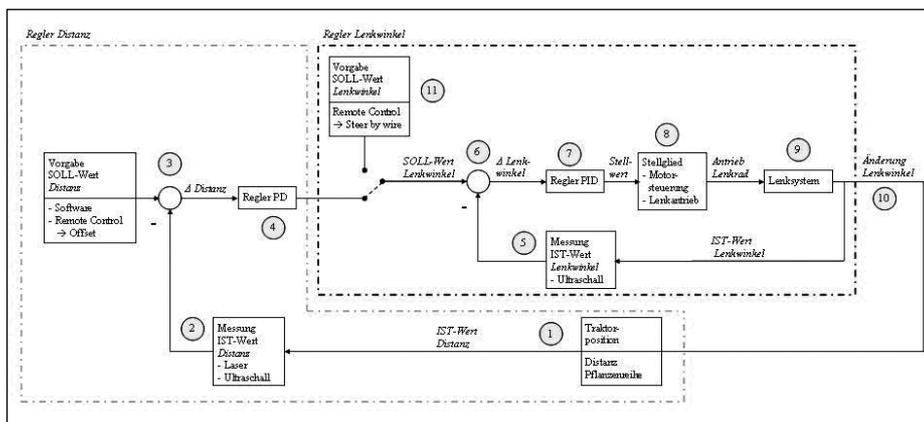


Bild 2: Blockschaltbild für Systemsteuerung

Fig. 2: Block diagram for steering controller