

# GPS gestützte automatische Lenksysteme

*Durch genaues Anschlussfahren werden bei allen Feldarbeitsgängen Überlappungen und Fehlstellen verringert. Mit GPS gestützten automatischen Lenksystemen werden landwirtschaftliche Fahrzeuge parallel zu einer Referenzfahrspur geführt. Mit solchen Systemen können Arbeiten auch unter schlechten Sichtbedingungen mit optimaler Arbeitsbreite durchgeführt werden. Sie erlauben es dem Fahrer außerdem, sich in der Reihe voll der Überprüfung der Arbeitsqualität der Anbaugeräte zu widmen. Durch den Einsatz automatischer Lenksysteme entstehen im Marktfruchtbau, insbesondere im Bereich der Sonderkulturen, bei erhöhter Schlagkraft erhebliche Kosteneinsparungen.*

Patrick Ole Noack ist in den Bereichen Entwicklung, Forschung und Vertrieb als Mitarbeiter der Firma geo-konzept GmbH in 85111 Adelschlag, Gut Wittenfeld, tätig; e-mail: [pnoack@geo-konzept.de](mailto:pnoack@geo-konzept.de). Die geo-konzept GmbH entwickelt und vertreibt GPS und GIS Systeme für den landwirtschaftlichen Einsatz und ist autorisierter Fachhändler der Firma Trimble.

## Schlüsselwörter

GPS, automatische Lenksysteme, Marktangebot

## Keywords

GPS, automatic steering systems, market survey

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04510 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Seit dem Jahr 2002 sind GPS gestützte automatische Lenksysteme in Europa kommerziell verfügbar. Im Gegensatz zu mechanischen Lenksystemen (Reihentaster beim Maishäcksler) oder lasergestützten Lenksystemen (Laserpilot) können diese Systeme universell auf allen Fahrzeugen eingesetzt werden, die über eine hydraulische oder elektronische Lenkung verfügen.

Bereits in den 90er Jahren wurden auf GPS Technologie basierend autonome Fahrzeuge entwickelt. In Deutschland hat sich in diesem Bereich insbesondere die Firma GeoTec hervorgetan, die für ihr Konzept eines autonomen Traktors auf der Agritechnica 1999 mit der Goldmedaille ausgezeichnet wurde [1]. An der Universität Hohenheim [4] wird zurzeit an der Entwicklung eines Lenksystems für einen autonomen Feldhäcksler gearbeitet, dessen Steuerung ebenfalls zu wesentlichen Teilen auf GPS Komponenten basiert. Schließlich findet GPS Eingang in die Entwicklung von autonomen Feldrobotern, wie sie 2001 von John Deere und auf den diesjährigen DLG Feldtagen von der Firma agricon vorgestellt wurden.

Automatische Lenksysteme können im Gegensatz zu den oben genannten Konzepten den Fahrer nicht ersetzen, da sie weder Einfluss auf die Vorfahrtsgeschwindigkeit nehmen, noch in der Lage sind, Wendevorgänge automatisch vorzunehmen. GPS gestützte automatische Lenksysteme stellen eine Weiterentwicklung von manuellen Parallelführungssystemen dar, die ebenfalls mittels GPS Positionierung den Abstand zur Sollfahrspur visuell anzeigen oder akustisch wiedergeben. Der Abstand zur Fahrspur wird an einem Lichtbalken mit Leuchtdioden oder auf einem LCD Bildschirm grafisch dargestellt. Aufgrund der begrenzten Reaktionsfähigkeit des Fahrers können bei manuellen Parallelführungssystemen jedoch die technisch möglichen Genauigkeiten von GPS nicht voll ausgeschöpft werden. So ist das anschlussgenaue Säen sowie die mechanische Bodenbearbeitung in Reihenfrüchten nur mit automatischen Lenksystemen ausreichend genau zu bewerkstelligen.

## Funktionsweise

GPS Empfänger bestimmen ihre Position durch die Laufzeitmessung von Signalen,

die von Satelliten ausgestrahlt werden [3]. Aus den Laufzeiten werden Entfernungen berechnet und aus den Entfernungen zu mehreren Satelliten kann die Position auf der Erdoberfläche bestimmt werden. GPS Empfänger, deren Position und somit deren Abstand zu den Satelliten bekannt ist, können die Laufzeitfehler dieser Signale bestimmen (Basis- oder Referenzstation). Werden die Laufzeitfehler an mobile GPS Empfänger übertragen und von diesen verarbeitet, kann die Positionsgenauigkeit erheblich erhöht werden (DGPS3).

GPS Satelliten senden Signale auf zwei verschiedenen Frequenzen aus (L1 und L2). Die meisten GPS Empfänger empfangen und verarbeiten nur das Signal einer Frequenz und können dann mit differenziellen Korrekturen eine maximale absolute Genauigkeit von 60 bis 70 cm erreichen (2RMS4). Die maximale Genauigkeit von Zweifrequenz GPS Empfängern liegt in einem Bereich von 0,5 bis 2 cm. Bei Parallelführungsanwendungen ist jedoch nicht die absolute Genauigkeit, sondern die Spur-zu-Spur Genauigkeit relevant. Diese gibt den Fehler bei der Bestimmung des Abstandes zwischen zwei Spuren innerhalb von 15 Minuten an. Die Spur-zu-Spur Genauigkeit von Einfrequenz GPS Empfängern, die für Parallelführung oder automatische Lenksysteme eingesetzt werden, liegt in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen und dem Korrektursignal zwischen 10 und 30 cm. Für Zweifrequenzsysteme mit lokaler Referenzstation (RTK) liegt dieser Wert bei 1 bis 2 cm. Die Positionsbestimmung erfolgt bei automatischen Lenksystemen mit einer Rate von 5 bis 20 Hz. Automatische Lenksysteme verfügen zusätzlich zu GPS auch über Lagebestimmungssysteme, die die Fahrtrichtung sowie Längs- und Querneigung des Fahrzeugs ermitteln. Die Lagebestimmung erfolgt entweder über Beschleunigungssensoren oder über eine Dreiecksanordnung mehrerer GPS Antennen. Aus der über GPS bestimmten Position der Antenne auf dem Fahrzeugdach und der Fahrzeuglängs- und Querneigung wird die Position des Drehpunkts und die Ausrichtung des Fahrzeugs berechnet. Ausrichtung und Neigung des Fahrzeugs werden mit einer Frequenz von 20 bis 100 Hz ermittelt. Zusätzlich wird bei den Radtraktoren über einen Lenkwinkel-

sensor die Stellung der gelenkten Räder bestimmt.

Die Informationen der oben beschriebenen Sensoren laufen in einem Navigationsrechner zusammen. Hier wird aus den Messwerten (Position, Ausrichtung und Lenkeinschlag) und dem Abstand zur Sollfahrspur der Lenkeinschlag errechnet, der für das Erreichen oder Halten der Sollfahrspur erforderlich ist. Bei Traktoren mit vollhydraulischer Lenkung wird der Sollwert vom Navigationsrechner an ein Lenkventil übertragen. Die hydraulische Versorgung des Lenkventils erfolgt durch vorhandene Fahrzeughydraulik.

## Marktübersicht

Die Firma AGCO bietet für Ihre Challenger Serie (MT700 und MT800) ein automatisches Lenksystem unter der Bezeichnung Autoguide an, das ab Ende des Jahres auch ab Werk für Fendt Vario Traktoren geliefert werden kann. Ausserdem können bereits jetzt alle Produkte aus der AgChem Linie mit Autoguide ausgestattet werden. Für alle genannten Traktoren sind Nachrüstätze verfügbar oder in Planung. Die Einführung eines manuellen Parallelführungssystems als Einstiegslösung steht unmittelbar bevor.

Beim Autoguide System sind GPS Empfänger und Navigationsrechner in einer Einheit integriert [2] und gemeinsam mit dem Lagebestimmungssystem in einem Gehäuse untergebracht. Die Kommunikation mit dem Lenkventil erfolgt über das BUS System (Steer-by-Wire). Für die MT Serie besteht eine Strassenzulassung für Fahrzeuge, die mit Autoguide ausgestattet sind. AGCO Autoguide wird zurzeit in zwei Genauigkeitsstufen (30 cm, 10 cm) angeboten. Die Genauigkeit ist abhängig von der abonnierten Korrekturdatenlizenz (OmniSTAR VBS oder HP). In den USA wird das System ebenfalls mit eigener Referenzstation und einer Genauigkeit von 2 cm angeboten. Die Aufzeichnung von Daten kann mittels einer auf einem Pocket PC installierten Software durchgeführt werden.

Die Firma Integriautics bietet ein automatisches Lenksystem namens Autofarm an. Integriautics ist zurzeit noch nicht mit einer Vertriebsniederlassung oder Händlern in Deutschland vertreten, Autofarm wird jedoch bereits auf einzelnen Betrieben in Deutschland eingesetzt. Der Einbau kann prinzipiell in jeden Radtraktor, Selbstfahrer oder Mähdrescher mit vollhydraulischer Lenkung erfolgen. Hierbei erlischt zurzeit jedoch in der Regel noch die Strassenzulassung des Fahrzeugs. Die Besonderheit des Systems besteht darin, dass die Neigung und die Fahrtrichtung über drei auf dem Dach des Fahrzeugs angeordnete GPS Antennen

bestimmt wird und deshalb kein Neigungssensor erforderlich ist. Das Autofarm System kann aufgrund dieser Funktionsweise im Gegensatz zu den anderen automatischen Lenksystemen mit sehr langsamen Vorfahrtsgeschwindigkeiten betrieben werden. Vor der Inbetriebnahme muss sich der Filter für die Lage- und Richtungsbestimmung allerdings für maximal eine halbe Stunde stationär initialisieren. Das Autofarmsystem wird in drei Genauigkeitsstufen angeboten (30 cm, 10 cm, 2cm). Für das Erreichen von 30 oder 10 cm ist eine Korrekturdatenlizenz erforderlich, die Genauigkeit von 2 cm kann nur mit einer eigenen Referenzstation erreicht werden. Die Firma Integriautics bietet keine manuellen Parallelführungssysteme an, eine stufenweise Aufrüstung von manuellen zu automatischen Lenksystemen ist also nicht möglich. Die Möglichkeit zur Aufzeichnung von Arbeitsdaten soll im Verlaufe des Jahres geschaffen werden.

John Deere bietet AutoTrac seit 2001 als automatisches Lenksystem ab Werk an. Die Nachrüstung ist für alle John Deere Radtraktoren der Serien 7020, 8000, 8010, 8020 sowie für alle John Deere Raupentraktoren möglich. AutoTrac Systeme bauen auf den Komponenten des manuellen Parallelführungssystems der Firma John Deere auf. Dieses besteht aus einem Zweifrequenz StarFire GPS Empfänger, einem Modul für den Hangneigungsausgleich (TCM), einem GreenStar Monitor und einem GreenStar Rechner. Mit einer StarFire 1 Lizenz (SF1) erreicht das System eine Spur zu Spur Genauigkeit von 30 cm, bei Nutzung einer StarFire 2 Lizenz (SF2) können Genauigkeiten von  $\pm 10$  cm erreicht werden. In den USA wird AutoTrac auch mit einer eigenen Referenzstation angeboten und erreicht dann ei-

ne Genauigkeit von 2 cm. Für die Anwendung in Europa befindet sich dieses System in der Vorbereitung. Wenn das System zusammen mit dem Traktor ab Werk ausgeliefert wird, ist die Strassenzulassung gewährleistet. Der GreenStar Monitor ermöglicht die Aufzeichnung von Arbeitsdaten, die mit der Software JD Office vom John Deere Softwarepartner LandData Eurosoft visualisiert und verwaltet werden können.

Die Firma Trimble bietet seit dem Jahr 2001 automatische Lenksysteme unter der Bezeichnung Trimble AgGPS Autopilot an. Vorhandene manuelle Parallelführungssysteme der Firma Trimble können zu automatischen Lenksystemen aufgerüstet werden. Das System wird sowohl mit Einfrequenz als auch mit Zweifrequenzempfängern in drei Genauigkeitsstufen angeboten (30 cm, 10 cm, 2 cm). Die Lagebestimmung erfolgt mit drei entlang der Fahrzeugachsen ausgerichteten Sensoren, die im Navigationsrechner integriert sind. Diese erfordern eine Mindestgeschwindigkeit von 1,5 km/h, bestimmen die Lage jedoch mit einer Frequenz von 100 Hz, so dass Schwank- und Nickbewegungen des Fahrzeugs sehr schnell ausgeglichen werden können. Trimble bietet seine automatischen Lenksysteme als Nachrüstsolution für alle gängigen Rad- und Gummibandtraktoren an. Die Liste der unterstützten Traktorplattformen wird ständig erweitert. Das Autopilotensystem ist ebenfalls für verschiedene Mähdreschermodelle und Selbstfahrer verfügbar. Feldrechner für Datenaufzeichnung und -management sowie die Ansteuerung von Anbaugeräten sind als Option verfügbar. Eine vorhandene allgemeine Betriebserlaubnis oder Strassenzulassung wird durch den Einbau des Systems nicht berührt.

Tab. 1: Auf dem deutschen Markt angebotene automatische Lenksysteme

Table 1 : Market survey on automatic steering systems

Hersteller	Genauigkeit <sup>3</sup> [cm]	Preis <sup>1</sup> [ ]	Modelle	Laufende Kosten/Jahr <sup>1</sup> [ ]
Trimble	30	13700 - 15700	Nur Nachrüstung <sup>2</sup> : Alle JD, CNH,	0-795
AgGPS Autopilot	10	19600 - 21600	ausgewählte AGCO Modelle,	1995
	2	ab 41000 <sup>4</sup>	prinzipiell alle Radtraktoren	0
John Deere	30	16000-20000	Ab Werk : ab 6420, 7020er,8020er,	0-500
AutoTrac	10	16000-20000	9020er, STS MD, Nachrüstung <sup>2</sup>	1100
			auf Anfrage	
AGCO	30	14500-17500	Ab Werk : Challenger MT700/800,	0 - 795
Autoguide	10	20250-21500	AgChem Terragator, Fendt Vario	1995
	2	36000-46000 <sup>4</sup>	Modelle ab Ende 2004, Nachrüstung <sup>2</sup>	0
			auf Anfrage	
Integriautics	30	ab 11000	Nur Nachrüstung 2, Prinzipiell alle	0-750
Autofarm	10	ab 11000	Radschlepper und Selbstfahrer mit	1400
	2	ab 35000 <sup>4</sup>	hydraulischer Lenkung	0

<sup>1</sup> Alle Preisangaben netto zzgl. MwSt. <sup>2</sup> bei Nachrüstung ohne Einbau  
<sup>3</sup> Spur-zu-Spur Genauigkeit innerhalb von 15 Minuten, 2 Sigma Vertrauensintervall  
<sup>4</sup> Preis enthält eine Referenzstation, bei der Ausrüstung weiterer Schlepper kann die vorhandene Referenzstation genutzt werden Angaben ohne Gewähr