

# Hohe Genauigkeit wird bezahlbar

## RTK-Lenkensysteme im Überblick

Von Martin HOLPP, ART Tänikon (CH)

*Präzises Fahren erhöht die Arbeitsqualität, entlastet die Fahrer, reduziert Stress und ist betriebswirtschaftlich interessant. Systeme mit einer hohen Genauigkeit von etwa  $\pm 5$  cm waren bisher ziemlich teuer. Neue Anbieter bringen mit sinkenden Preisen und ausgereiften technischen Lösungen Bewegung in den Markt.*



Abb. 1: GPS-gelenkte Anwendungen. Links Einzelkorntsaat, rechts gezielte Zwischenreihenapplikation von Glyphosaten im Getreidebau.

### Positionierung per Satellit

Die meisten Lenksysteme verwenden zur Erkennung der Spur das Globale Positionierungssystem, kurz GPS. Mit einer Antenne und einem Empfänger auf dem Traktor werden die Signale der GPS-Satelliten empfangen. Aus diesen wird zuerst die aktuelle Position des Fahrzeugs berechnet und anschließend die Fahrspur des Traktors bestimmt.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten

des Parallelfahrens. In Europa sind hauptsächlich gerade Fahrten von Punkt A nach Punkt B und das Konturfahren entlang geschwungener Vorgänger-Spuren verbreitet (siehe Abb. 2).

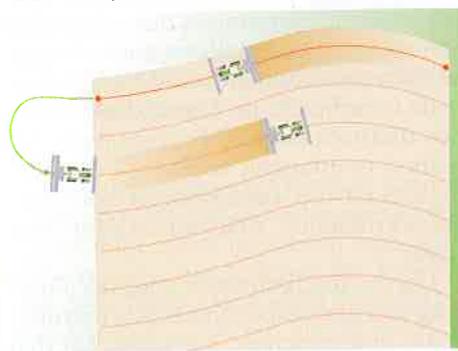
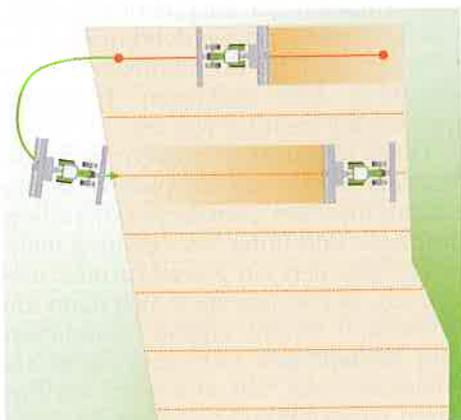
### Wie genau muss es sein?

Die generelle Positionsabweichung der GPS-Signale liegt aufgrund technischer und atmosphärischer Gegebenheiten bei zirka  $\pm 3$  bis 5 m. Zur An-

steuerung von Lenkungen ist dies zu ungenau. Mit Korrektursignalen von den Satelliten oder von erdgebundenen Funkstationen wird die Genauigkeit erhöht (siehe Abb. 3). Je genauer und stabiler die Position sein soll, desto aufwändiger wird die benötigte Empfangs- und Korrekturtechnik.

Bei Lenksystemen wird zur besseren Einordnung auch zwischen absoluter und Spur-zu-Spur-Genauigkeit unterschieden. Die absolute Genauigkeit gibt an, mit welcher Genauigkeit eine Position nach einigen Tagen oder auch Jahren wiedergefunden wird. Beim kostenlosen Korrektursignal Egnos beträgt diese beispielsweise etwa zwei Meter. Für die meisten landwirtschaftlichen Anwendungen ist allerdings die relative Genauigkeit innerhalb der nächsten Minuten, die Spur-zu-Spur-Genauigkeit, relevant. Sie wird erreicht, wenn innerhalb von 15 Minuten wieder an der Vorgängerspür entlang gefahren wird und beträgt bei Egnos 20 bis 30 cm. Im Gemüsebau mit langsamen Fahrgeschwindigkeiten wird diese Zeitspanne aber oft überschritten. Hier ist dann die ab-

Abb. 2: Fahrvarianten: links gerade A-B-Fahrt, unten Konturfahrt



solute Genauigkeit des Systems relevant.

Egnos wird bei einfachen Systemen verwendet, die sich mit dieser Genauigkeit für große Arbeitsbreiten bei der Grunddüngung und organischen Düngung mit überlappenden Streubildern eignen. Für die Bodenbearbeitung (Scheibeneggen, Grubber, Saatbeetkombinationen) mit großen Arbeitsbreiten und genauem Anschlussfahren kommt die nächste Stufe mit kostenpflichtigen Satellitenkorrekturdiensten und einer Spur-zu-Spur-Genauigkeit von +/-10 cm in Frage.

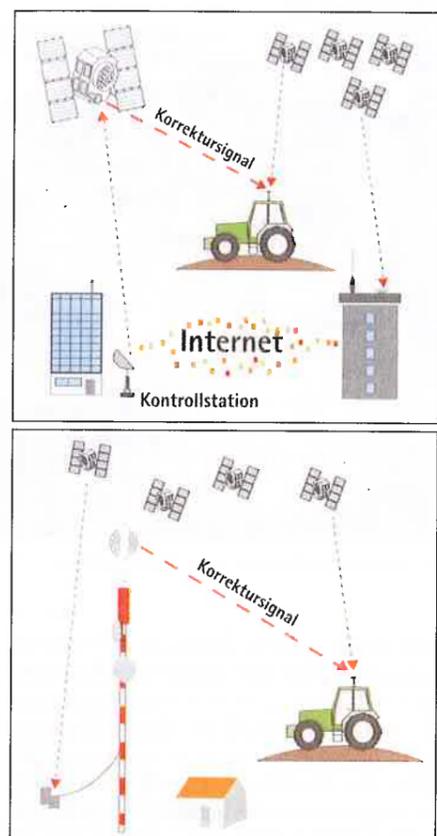


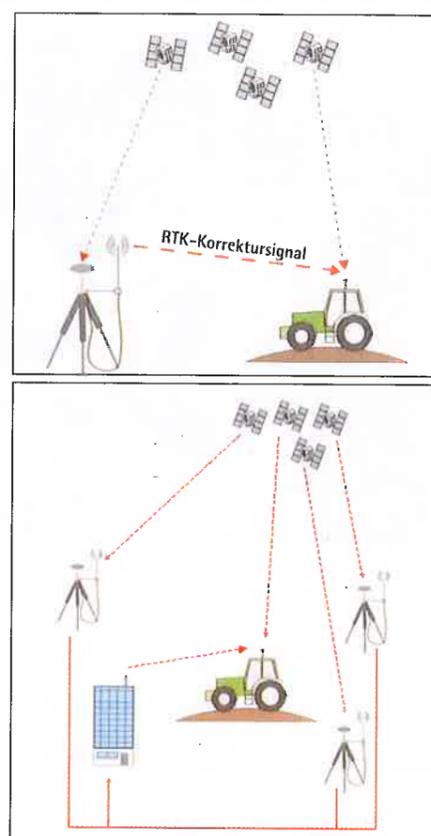
Abb. 3: GPS-Korrekturvarianten, von links nach rechts: via Satellit, via Basisstation am Feld, via fest installierter Basisstation, virtuelles Referenzsystem VRS mit Korrekturdatenübertragung über Mobilfunk. Quelle: KTBL-Heft 67

Zum präzisen Säen, Pflanzen und Hacken muss es noch genauer sein. Hier beginnt der Bereich der Real Time Kinematik (RTK)-Systeme, die sowohl eine Spur-zu-Spur- als auch absolute Genauigkeit von +/-2,5 cm liefern. Mit dieser Genauigkeitsstufe ist die kontrollierte Befahrung von Flächen realisierbar. Die als Controlled Traffic Farming bezeichnete konsequente Trennung von Fahr- und Wachstumsraum mit permanenten Fahrgassen wird derzeit vor allem von australischen, dänischen und niederländischen Gemüsebaubetrieben praktiziert.

### Genauigkeit ist nicht alles

GPS-Lenkssysteme werden oft über die erreichbare Genauigkeit definiert. Dies ist nur ein Aspekt. Wichtig ist auch die Verfügbarkeit und Funktionssicherheit. Sie lässt sich in die Bereiche Satelliten und Korrektursignal unterteilen.

Für die Satelliten gilt: Je mehr, desto besser. Für eine Positionsbestimmung braucht es abhängig von der Systemgenauigkeit mindestens vier bis sechs Satelliten, freie Sicht nach Süden ist optimal. Gebäude, Waldränder und Baum-



Signalen für hohe Genauigkeiten um +/-10 cm dauert es je nach Empfänger von einer bis mehrere Minuten, bis die gewünschte Genauigkeit wieder zur Verfügung steht. Kurze Abschattungszeiten im Sekundenbereich werden durch die Software oder mit einem Kompass rechnerisch überbrückt. Bei einem längeren Ausfall des Korrektursignals kann hingegen nur mit einer verminderten Genauigkeit weitergearbeitet werden. Mit RTK steht das Signal nach Abschattungen oder Signalausfällen meist innerhalb weniger Sekunden wieder zur Verfügung. Bei Arbeiten, die eine hohe Genauigkeit erfordern, ist diese hohe Verfügbarkeit sehr wichtig.

### RTK-Korrektursysteme

RTK-Systeme verwenden für die Korrektur fixe Referenzpunkte, die sich wenige Kilometer entfernt vom Traktor befinden. Auf den Referenzpunkten steht ein GPS-Empfänger, genannt Basisstation. Dessen Korrekturinformationen werden über Funk an den Traktor übermittelt und ergeben nach einer Verrechnung mit den Positionsdaten des GPS-Empfängers auf dem Traktordach die korrigierte Position. Es gibt verschiedene Varianten der RTK-Korrektur:

- Die kundeneigene Basisstation wird vor Beginn der Arbeit auf dem Feld aufgestellt. Nach dem Aufstellen steht das System in wenigen Minuten zur Verfügung. Die Datenübertragung zwischen Basis und Traktor erfolgt mit Funkgeräten. Die Funkreichweite ist auf einen Schlag in der Regel ausreichend. Empfangsprobleme kann es allerdings bei kupierten Schlägen und Abschattungen durch Baumränder geben, wenn die Sichtverbindung nicht mehr sichergestellt ist.

- Wenn die Basisstation auf einem hohen Punkt wie zum Beispiel einem Silo auf dem Hof montiert wird, gibt es mehrere Vorteile. Das ständige Auf- und Abbauen der Basisstation entfällt, die Reichweite der Sichtverbindung erhöht sich und das Korrektursignal kann einfacher von mehreren Traktoren gleichzeitig genutzt werden.

Diese Möglichkeit nutzen die Lenksystemanbieter, die beispielsweise Basisstationen bei Landtechnikhändlern aufbauen und unter Verwendung mehrerer Stationen ein Korrekturnetz realisieren. Der Kunde spart sich dann die Investition in eine eigene Basisstation und bezieht das Korrektursignal als Dienstleistung. Mit mehreren verfügbaren Basisstationen wird der Aktions-

radius größer, was insbesondere bei weiter verteilten Betriebsflächen oder für Lohnunternehmen relevant ist.

- Die sogenannten Virtuellen Referenzsysteme (VRS), die hauptsächlich von der Vermessung genutzt werden, bestehen aus RTK-Basisstationen im Abstand von 20 bis 30 Kilometern und bil-



Abb. 4: Nachlaufsteuerungen: Links Trimble TrueTracker, rechts Dammformer mit GPS-gesteuerter Querpositionierung über hydraulischem Verstellrahmen im Dreipunkt.

### Wenn es schwankt und drifft

Den Einfluss von Hangneigung und schwankenden Bewegungen während der Fahrt kompensieren Neigungssensoren. Sie halten den Traktor stabil und vermeiden eine Drift hangabwärts beziehungsweise Schlangenlinienfahrt.

Wenn der Traktor in hügeligem Ge-



den ein landesweites oder regionales Netz. Der Traktor hat eine permanente Mobilfunk-Datenverbindung zum Rechenzentrum des Betreibers. Auf Basis der Grobposition des Traktors wird aus den Daten der umliegenden Basisstationen das Korrektursignal berechnet und an das Fahrzeug gesendet. Der große Vorteil ist, dass auf jeder Fläche mit Mobilfunkempfang auch das Korrektursignal zur Verfügung steht. Durch den Einsatz hochwertiger Antennen ist der Empfang auf einer Landmaschine im Vergleich zu einem Mobiltelefon besser. Der Zugang zu VRS ist abhängig vom Land mehr oder weniger einfach. Während in der Schweiz die Landesvermessung Swisstopo spezifische Angebote für die Landwirtschaft lanciert, sind in Deutschland Korrekturnetze wie „Axio-Net“ oder „Trimble VRS Now“ eine interessante Möglichkeit für landwirtschaftliche Anwender.

Welche RTK-Lösung für den einzelnen Betrieb geeignet ist, hängt von der Situation vor Ort ab. Wenn das regionale Angebot an Korrektursignalen sowie die Empfangsstabilität mit Funkgeräten oder Mobilfunk auf den Schlägen stimmen, braucht man nicht unbedingt eine eigene Basisstation. In schwierigerem weil hügeligem oder baumbestandenen Gelände kann es bei langen Schlägen eventuell auch vorkommen, dass keine Lösung befriedigend funktioniert. Alternative Spurführungssysteme wie Spuranreißer oder Schaummarkierer können deshalb nach wie vor notwendig sein.



Abb. 5: Parallelfahrssysteme ohne GPS: links Ultraschall-Taster von Reichardt-Steuerungstechnik zur Erkennung von Fahrgassen, rechts Claas-CAM-Pilot zur Lenkung des Hackgeräts zwischen den Reihen.

Anbausystem wird am Anbaugerät nie dieselbe Genauigkeit wie an der Antennenposition zu erreichen sein.

Zur Korrektur können Maschinen mit einem zusätzlichen Navigationssystem ausgerüstet werden. Die Positionskorrektur erfolgt über steuerbare Scheibenseche oder einen hydraulischen Verstellrahmen im Dreipunkt. Für angehängte Maschinen gibt es Nachlaufsteuerungen, die dafür sorgen, dass das Gerät direkt in der Traktorspur läuft.

### Lokale Positionierung (LPS) – die GPS-Alternative

Wenn die Lenkung nicht an einer GPS-Soll-Fahrspur orientiert sein soll, sondern am tatsächlichen Pflanzenbestand, wie zum Beispiel beim Hacken oder Pflanzen, können die Pflanzen oder Dämme mit Sensoren direkt abgetastet und der Traktor oder das Gerät daran entlang gesteuert werden. Bei Geschwindigkeiten im Bereich von unter hundert Metern pro Stunde sind

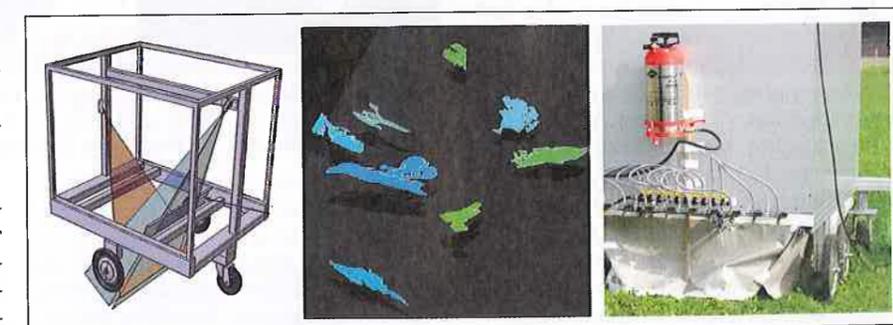


Abb. 6: Smartweeder-Prototyp: links Zeichnung mit Hochgeschwindigkeitslaser-Scanner, Mitte erkannte Pflanzen, rechts Prototyp mit Spritzbalken zum Behandeln der Zielpflanzen.

lände auch spurgenaue fährt, so kann es doch sein, dass das Anbaugerät nicht exakt folgt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Antenne im Regelfall auf dem Traktor und nicht auf dem Gerät montiert ist. Durch die Dynamik im

Sensorlösungen zum Teil besser als GPS. LPS-Systeme sind dann interessant, wenn die Arbeitskraft zum Lenken des Hackgeräts eingespart oder beim Anlegen gerader Reihen auf eine aufwändige Fahrzeugführung mit La-

ser verzichtet werden kann. Die Genauigkeit liegt im Bereich von 2 bis 5 cm.

Es gibt verschiedene Sensoren zur Erkennung vorhandener Leitlinien. Mechanische Taster funktionieren ähnlich wie die in Maisgebissen an Feldhäckseln eingesetzten Taster zur Reihenerkennung. Sie können bei Vorhandensein einer mechanisch belastbaren Leitlinie wie einer Pflanzenreihe (z.B. Beeren und Mais), einem Erddamm oder einer Furche im Boden genutzt werden. Ultraschall-Sensoren tasten berührungslos größere, einheitliche Flächen wie Schwaden, Dämme oder Furchen im Boden ab. Solche Leitlinien werden auch optisch mit zwei- und dreidimensional arbeitenden Digitalkameras erkannt. Die Systeme sind auf einen Einsatz im Gemüsebau zur Steuerung von Hack- oder Abflammgeräten zwischen den Reihen optimiert (siehe Abb. 5). LPS-Systeme kombiniert mit GPS-Lenkensystemen decken zusammen sehr viele Anwendungsfälle der Spurführung ab.

Eine neue Technologie zur dreidimensionalen Erkennung von Pflanzen wird derzeit im Forschungsprojekt Smartweeder in der Schweiz entwickelt. Der Pflanzenbestand wird dabei mit einem Laser abgescannt, die gewünschte Pflanzenart, beispielsweise ein Unkraut, herausgefiltert und die Position der entsprechenden einzelnen Pflanzen berechnet. Anschließend kann gezielt mechanisch gejätet oder gespritzt werden (siehe Abb. 6).

### Von Hand oder automatisch lenken?

Die Systeme werden nach der Art der Umsetzung der Lenkkorrektur in manuelle Parallelfahrhilfen sowie Lenkassistenten- und automatische Systeme unterschieden. Vorneweg: Wer genau fahren möchte, braucht ein System mit integrierter Lenkkorrektur. Für präzises Arbeiten sind nur Lenkassistenten- und automatische Systeme geeignet.

Manuelle Parallelfahrhilfen werden nur bei Genauigkeiten von +/-30 cm eingesetzt. Ein Lichtbalken oder Monitor zeigt optisch den Grad der Abweichung an, die der Fahrer selbst korrigiert. Zum Teil wird auch akustisch gearbeitet, unterschiedliche hohe Töne geben die Abweichung an (siehe Abb. 7). Der Fahrer muss sich stark auf die Anzeige konzentrieren, um Fahrspuren zu überspringen und genauer zu fahren. Der Entlastungsgrad ist gering, und es gibt auch keine zusätzliche Zeit, um andere Kontrollaufgaben wahrzunehmen.

Die manuellen Systeme werden häufig als Einstiegssystem verkauft, mit der Option, später einen Lenkeingriff nachzurüsten. Sie werden bei großen Arbeitsbreiten in der Bodenbearbeitung sowie bei der Düngerausbringung auf Acker- und Grünland verwendet. Mit einer Markierungsfunktion ausgestattet, können sie beispielsweise auch genutzt werden, um nach dem Wiederbefüllen des Düngerstreuers wieder an der richtigen Stelle fortfahren zu können.

Lenkassistentensysteme setzen die Positionsabweichung direkt in eine Lenkkorrektur um. Bei den meisten Systeme-



Abb. 7: Manuelle Parallelführungssysteme mit Lichtbalken: links Centerline 220 von Teejet, rechts Outback S Lite von Claas Agrocom.



Abb. 8: Möglichkeiten des Lenkeingriffs am Lenkrad: links „Reichhardt RDU“ zur Montage am Lenkrad, Mitte „John-Deere AutoTrac Universal“ als Austausch-Lenkrad, rechts „Autofarm OnTrac2“ zur Montage auf den Speichen des bestehenden Lenkrads.

men wird mit einem Elektromotor mit Reibrad direkt das Lenkrad angesteuert beziehungsweise bei einer herstellerspezifischen Nachrüstung das Serienlenkrad gegen ein Lenkrad mit integriertem Motorantrieb ausgetauscht (siehe Abb. 8). Das Lenksystem kann so schnell vom einen auf den anderen Traktor umgebaut werden. Eine Ausrüstung mit zusätzlichen, fest eingebauten Lenkkomponenten entfällt. Die Lenkassistentensysteme haben dieselbe Funktion wie die manuellen, entlasten den Fahrer aber spürbar, da er sich nicht

mehr auf eine Anzeige konzentrieren muss. Das Lenken im Vorgewende erfolgt manuell. Da der direkte Lenkeingriff schneller ist als der manuelle, kann die bessere Genauigkeit höherwertiger GPS-Empfänger genutzt werden.

Lenkassistentensysteme haben durch Zeitverzug und Lenkradspiel eine geringere Genauigkeit als automatische Lenksysteme, die über ein zusätzliches hydraulisches Lenkventil oder traktorseitige Vorrüstung direkt in die Lenkhydraulik eingreifen. Das Lenkrad bewegt sich dabei nicht. Sie unterstützen die Lenkung auch im Vorgewen-



de und lenken ab einem bestimmten Einschlagwinkel automatisch in die richtige Spur ein. Das Fahrzeug wird im Feld nach dem Ausweichen eines Hindernisses wieder zurück auf die Fahrspur geführt.

Systeme mit integrierter Lenkkorrektur haben Vor- und Nachteile. Einerseits hat der Fahrer mehr Kapazität für das Wesentliche, da er sich voll und ganz auf die Arbeit der Maschine konzentrieren kann. Andererseits kann es für den Fahrer bei langen Schlägen allenfalls zu Monotonie, Langeweile und

Einschlafneigung kommen. Da bei Hindernissen in der Fahrspur immer manuell ausgewichen werden muss, ist dieser Punkt nicht zu vernachlässigen.

### Anbieter von Lenksystemen

Es gibt eine Vielzahl von Lenksystemanbietern. Die Auswahl an professionellen Systemen und die Möglichkeiten der Zusammenstellung betriebsspezifischer Lösungen wird immer grö-

ßer (siehe Abb. 3). Funktionalitäten wie Dokumentation über das Terminal, Fernzugriff des Servicetechnikers auf die Einstellungen des Lenksystems, Integration der Bedienung in das ISO-BUS-Terminal wie auch die Kombination mit einer Teilbreitensteuerung der Pflanzenschutzspritze zur Verminderung von Überlappungen komplettieren das Angebot.

Die wichtigsten Anbieter mit Herstellerangaben zu den RTK-Systemen

sind in der Tabelle auf den Seiten 56 und 57 aufgelistet. Eine detaillierte vergleichende Darstellung der Systeme ist aufgrund des umfangreichen Angebots an dieser Stelle nicht möglich. Weiterführende Informationen zum Thema finden sich beim Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft KTBL ([www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)), diversen Fachzeitschriften und auf unserer Homepage [www.landwirt.com](http://www.landwirt.com).

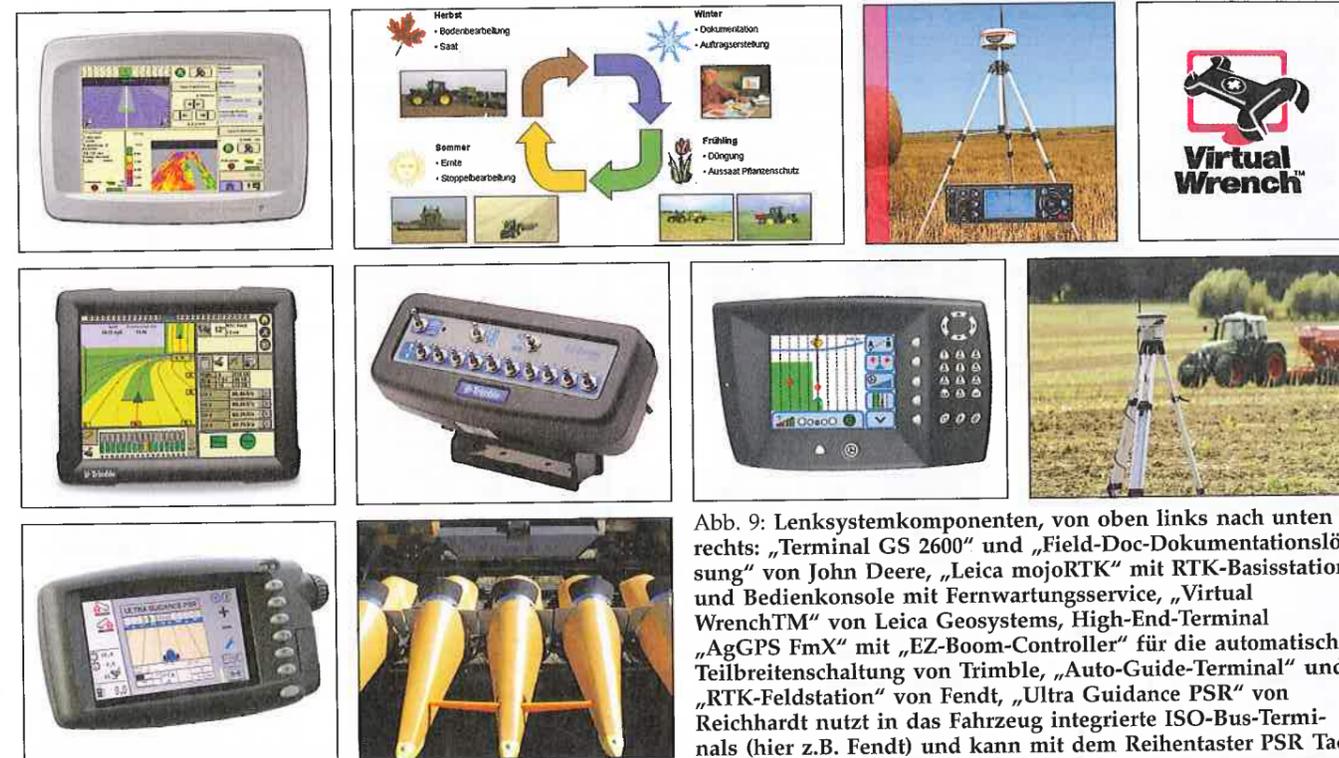


Abb. 9: Lenksystemkomponenten, von oben links nach unten rechts: „Terminal GS 2600“ und „Field-Doc-Dokumentationslösung“ von John Deere, „Leica mojoRTK“ mit RTK-Basisstation und Bedienkonsole mit Fernwartungsservice, „Virtual Wrench™“ von Leica Geosystems, High-End-Terminal „AgGPS FmX“ mit „EZ-Boom-Controller“ für die automatische Teilbreitenschaltung von Trimble, „Auto-Guide-Terminal“ und „RTK-Feldstation“ von Fendt, „Ultra Guidance PSR“ von Reichardt nutzt in das Fahrzeug integrierte ISO-Bus-Terminals (hier z.B. Fendt) und kann mit dem Reihentaster PSR Tac auch in geschlossenen Reihenkulturen wie z.B. Mais verwendet werden.

### Droplegs

Mit geraden Reihen genauer zwischen den Pflanzenreihen hindurch: Unterblattspritzvorrichtungen (engl. Droplegs) der Firma F. Kuhn Dintikon, Schweiz, sind so flexibel am Spritzbalken montiert, dass sie den Weg zwi-

schen den Pflanzreihen gut finden ohne die Pflanzen zu verletzen. Je ein Paar Zungendüsen am unteren Ende pro Dropleg erlauben Blattunterseiten und untere Stängelabschnitte wirkungsvoll zu besprühen, gleichzeitig

wird die Drift sehr stark minimiert. Droplegs sind bereits in diversen Gemüsekulturen erfolgreich getestet worden und stehen bei den ersten Lohnunternehmen im kommerziellen Einsatz. Sowohl im IP- wie im Bio-Gemüsebau (inklusive Kartoffeln) kann diese Technik durch deutlich bessere Bedeckungsgrade der unteren Blätter zu deutlichen Steigerungen der biologischen Wirkung der eingesetzten Fungizide und Insektizide beitragen. Parallelfahrssysteme sind keine zwingende Voraussetzung, um Droplegs einzusetzen, sie können aber deren Einsatz sehr präzise gestalten und erleichtern, was insbesondere bei großen Balkenbreiten hilfreich sein kann.





Hersteller/Anbieter	RTK-Korrektur			Übertragung RTK-Korrektur				Glonass
	Feldrand	Station Hof	VRS	Funk	Mobil-funk	Weitere	Erweiterung Reichweite	
Autofarm www.kress-landtechnik.de	Ja	Ja	Axio-Net, Swisstopo, regional eigene Korrekturnetze	Ja	Ja	Repeater	Repeater	Nein
Claas www.claas.com www.claas-agrosystems.com	Ja	Reichweite Radius 15 bis 20 km	Hardware offen für viele Netzwerke (Trimble VRS now, Axio-Net, etc.)	Ja	Ja	Repeater	Repeater	-
Fendt Auto Guide www.fendt.com	Ja	möglich	-	Ja	-	-	-	-
Fendt Vario Guide www.fendt.com	Ja	Ja, bis zu 30 km, abhängig vom Gelände	Axio-Net, regionale Korrekturnetze	Ja	Ja	-	Repeater	Ja, und Galileo vorbereitet
John Deere www.deere.com	Ja	ja, Reichweite geländeabhängig	Axio-Net	Ja	Ja	StarFire Mobile RTK über Internet	Repeater	-
Leica Geosystems www.mojortk.com	Ja	möglich (portabel und fix)	Axio-Net, Leica-Smartnet, Sapos, Swisstopo	Ja	Ja	Repeater	Repeater	Ja, möglich
Reichhardt www.reichhardt.org	Ja	Ja	Axio-Net, Sapos, regionale RTK-Netze	Ja	Ja	Von RTK-Basisstation auf Hof via Internet-PC an Rover	-	-
Teejet www.teejet.com	Ja, Reichweite 6 km	Ja, Reichweite 25 km mit Software-Update	CORS-Mobil Modem über Ascos	Ja	Ja	Glide Repeater	Ja, mit Software-Update auf 12 bzw. 25 km	Ja, möglich
Topcon www.topconpa.com	Ja	Ja, Reichweite geländeabhängig	internes GSM, NTRIP Netzwerke	Ja	Ja	-	-	Ja, Galileo vorbereitet
Trimble www.geo-konzept.de	Ja, Reichweite 1,5 bis 5 km	Ja, Reichweite in ebenem Gelände bis 25 km	Eigenes Korrekturdatenetz in D, CZ und A; Axio-Net, Sapos, Swisstopo, Trimble VRS now	Ja	Ja	Repeater	Repeater	Ja, abhängig vom Receiver (FmX Display und AgGPS 442)

LOKALE POSITIONIERUNGSSYSTEME								
Hersteller/Anbieter	Produkt	System-beschreibung	Steuer-eingriff				Genauig-keit	Kosten
				Motor an/in Lenkrad	hydr. in Lenksystem	Verschieberahmen in Dreipunkt		
Claas, www.claas.com www.claas-agrosystems.com	CLAAS Cam Pilot	Stereokamera	ja	ja	-	50 m/h	<3 cm	12.490 €
Reichhardt www.reichhardt.org	Ultra Guidance PSR	Zusätzlich zu optionalem GPS zwei Sensoren: PSR Tac: Mechanischer Taster PSR Sonic: Ultraschall	ja	ja	ja	<100 m/h	<3 cm	10.000 bis 11.000 € für PSR Sonic

Empfehlung Gemüsebau	Hydraulischer Lenkeingriff	Kosten		
		Investition Lenksystem	Investition Korrektur	lfd. Kosten Korrektur
Funkübertragung des Korrektursignals	Zugriff auf viele Traktoren mit Vorrüstung möglich, Nachrüstung möglich	21.000 € mit Funkmodem/Ntrip	Bei Funklösung für Basisstation zusätzlich 10.000 €	Mobilfunkkarte für Datenübertragung ca. 35 €/Monat
RTK bzw. Kombination mit CAM PILOT	Ab Werk integriert für CLAAS XERION, LEXION und AXION. Nachrüstung für viele Fahrzeuge mit hydraulischer Lenkung möglich	14.500-21.500 € inkl. Funklösung ohne eigene Basisstation	mobile Station 5.980 €	ggf. Gebühr durch Claas-Vertriebspartner oder Netzwerkbetreiber
für Saat und Pflanzarbeiten auf jeden Fall RTK	Ab Werk integriert für 700er, 800er und 900er-Baureihe. Einfacher Transfer der Komponenten von einem Traktor auf den anderen	rund 30.000 €	rund 15.000 €	-
RTK oder Ntrip (VRS)	Volle Integration des Bedienterminals, der Hydraulik- und Empfangskomponenten ab Werk für die neue 800er-Baureihe;	Schleppervorbereitung Lenkung, 10,4-Zoll-Terminal, Proportionalventil, Kabelbaum ~6.000 € RTK oder Ntrip (VRS) Ausstattung ~15.650 €	bei Ntrip (VRS) keine weiteren Investitionskosten. Mobile Basisstation für RTK ~12.700 €	bei Ntrip (VRS) abhängig vom Anbieter, bei RTK keine weiteren laufenden Kosten
SF2/RTK	Ab Werk integriert bzw. hydr. Nachrüstung für JD (nicht Fremdfabrikate)/ Nachrüstung Lenkassistentensystem ATU für Fremdfabrikate	~20.000 €	Bei Starfire Mobile RTK ~5.000 €	StarFire Mobile RTK 2.200 €/Jahr
RTK mit iNEX Screen (Mapping-Funktionen + zusätzliche Steuerungsfeatures)	Zugriff auf Vorrüstungen von John Deere, AGCO-Marken und CNH; Hydraulik-Nachrüstung auf Vorrüstung sowie komplette Nachrüstung	DGPS Lenksystem (mojoGLIDE) 6.990 € Leica QuickSteer Lenkmotor 1.990 €	RTK mit Basisstation (mojoRTK) 12.980 € RTK mit Network 10.470 €	-
Kombination mit Ultraschallsensoren	Einbau in nahezu jedes Fahrzeug mit hydraulischer Lenkung, Plug&Go für werkseitige ISO-Vorrüstungen und Adapter für OEM-Lösungen	ab 13.000 €	RTK-Basisstation für GSM-Lösung zusätzlich 8.500 €	Bei eigener RTK-Basisstation keine, bei Nutzung fremder Station allenfalls Mietkosten. Mobilfunkkarte für Datenübertragung ca. 25 €/Monat
Voyager: 3D-Livebild, Mapping, Videogeräteüberwachung, RTK-Funkkorrektur u. autom. Lenkung UniSteer	direkt über CAN-Bus bei vorbereiteten Fahrzeugen, Hydraulikkit mit Proportionalventil zur Nachrüstung, UniSteer mit direktem Eingriff am Lenkrad	ab 18.000 € mit CAN-Kabel; ab 20.000 € mit Eingriff in Lenkhydraulik	13.000 € RX-600RTK Empfänger und Basis-Referenzstation	SIM-Karte für Datenübertragung ca. 25 €/Monat
RTK oder NTRIP	Zugriff auf Vorrüstungen von John Deere, AGCO-Marken und CNH	ab 19.000 €, RTK mit elektrischem Lenkrad ohne eigene Basisstation ab 15.000 €, RTK mit CAN-Kabel ohne eigene Basisstation	mobile Station GPS + GLONASS Funklösung ca. 9.500 €	bei Ntrip abhängig vom Anbieter, bei mobiler RTK keine weiteren laufenden Kosten
Trimble AgGPS RTK Autopilot; optional Steuerung, Anbaugerät über TrueTracker oder True Guide	Zugriff auf Vorrüstungen John Deere, New Holland, Case & Fendt; Nachrüstung für alle Fahrzeuge mit hydraulischer Lenkung möglich	20.000-27.000 €	RTK mobil 13.500 €, RTK Fest 14.500 €	Netzwerk-korrektur 1.500 €/a