

Yves Reckleben und Patrick Ole Noack

RTK-Netzwerke zur flächendeckenden hochgenauen Positionsbestimmung in der Landwirtschaft

GPS-basierte Lenksysteme können durch den Einsatz von Korrektursignalen eine hohe Genauigkeit bei der Positionsbestimmung auf dem Feld erreichen. Die größte Leistungsfähigkeit im Vergleich zu anderen Korrektursignalen weist Real Time Kinematic (RTK) auf, das zunehmend in der Landwirtschaft verwendet wird. Im Rahmen eines Pilotprojektes wurde ein regionales RTK-Netzwerk eingerichtet, bei dem mehrere in großem Abstand errichtete Referenzstationen miteinander vernetzt wurden. Die hochgenaue Positionsbestimmung minimiert Überlappungen von Fahrspuren und trägt dazu bei, dass die Arbeitseffizienz gesteigert und sowohl der Betriebsmittelaufwand als auch der Verschleiß reduziert wird.

Schlüsselwörter

RTK-Korrekturdatennetzwerke, (D)GPS, Automatische Lenksysteme

Keywords

RTK correction data networks, (D)GPS, automatic steering systems

Abstract

Reckleben, Yves and Noack, Patrick Ole

RTK correction data networks for comprehensive, high-precision position determination in agriculture

Landtechnik 67 (2012), no. 3, pp. 162–165, 2 figures, 3 tables, 8 references

GPS-based guidance systems can be achieved by the use of correction signals a high degree of accuracy in determining the position on the field. The greatest performance in comparison with other correction signals has Real Time Kinematic (RTK), which is increasingly used in agriculture. In a pilot project, a regional network RTK was set up in which several established a large gap reference stations were networked together. The highly accurate positioning minimizes overlapping of lanes and helps to increase work efficiency and reduces both the equipment cost and the abrasive wear.

■ Alle Parallelfahrssysteme und GPS-basierten Dokumentations- und Bewirtschaftungssysteme, wie z.B. Precision Farming, benötigen eine genaue Positionsbestimmung auf dem Feld mittels GPS [1]. Die Genauigkeit des GPS-Systems kann durch die Qualität des Empfängers (L1- und L2-Band) und durch verschiedene Korrektursignalsysteme wie DGPS weiter verbessert werden. Die wichtigsten in der Praxis verbreiteten Korrektursignale (**Tabelle 1**) sind der Küstenfunk „Beacon“, die satellitenbasierten Systeme „Egnos“, „Omnistar“ und „Starfire“ sowie die hochgenauen RTK-Signale (Real Time Kinematic) von einer Referenzstation nahe am Feld oder einem RTK-Netzwerk über Mobilfunk.

Einsatz von Korrektursignalen

Für die meisten Anwendungen mit automatischen Lenksystemen sind hohe Genauigkeiten beim Korrektursignal anzustreben, um die Systeme und ihre Leistungsfähigkeit voll auszunutzen. Automatische Lenksysteme erfordern ein hochgenaues GPS-Korrektursignal (**Tabelle 1**) mit einer Spur-zu-Spur-Genauigkeit von weniger als 10 cm. Nur so kann die Technik voll ausgenutzt werden.

Der Unterschied zwischen Assistenzsystemen und automatischen Lenksystemen besteht im Wesentlichen darin, dass Assistenzsysteme fast überall nachgerüstet werden können. Allerdings sind Assistenzsysteme nach eigenen Erfahrungen etwas ungenauer als automatische Lenksysteme. Das ist vor allem auf die Regelgeschwindigkeit des Systems zurückzuführen, aber auch auf die Korrektur von Geländeeigenschaften wie die Hangneigung oder eine daraus resultierende Drift um die Lenkachse – vor allem in hügeligem Gelände.

Die schnellere Eingriffsgeschwindigkeit der automatischen Lenksysteme kombiniert mit einem RTK-Korrektursignal er-

Tab. 1

Übersicht der im Markt verfügbaren Korrektursignale [2]

Table 1: Overview of the market correction signals available

Korrekturdienst Correction signals	Korrektur L1-Band L1-frequency	Korrektur L2-Band L2-frequency	Genauigkeit Spur zu Spur Accuracy of track to track	Genauigkeit Jahr zu Jahr Accuracy year to year
Beacon („Küstenfunk“) ¹⁾	X		15 bis 30 cm	50 bis 75 cm
EGNOS ¹⁾	X		10 bis 30 cm	1 bis 2 m
Starfire 1 ¹⁾	X		15 bis 30 cm	50 cm
Omnistar VBS ¹⁾	X		15 bis 30 cm	50 cm
Starfire 2 ²⁾	X	X	5 bis 10 cm	20 cm
Omnistar HP/XP ²⁾	X	X	5 bis 10 cm	20 cm
RTK	X	X	2,0 cm	2,0 cm

¹⁾ DGPS. ²⁾ Satellitengestützte Korrektur/satellite-based correction.

möglichst auch einen Einsatz in Reihenkulturen oder das automatisierte Anlegen von Parzellen im Versuchswesen. Besonders die Arbeit mit aufgesattelten oder angehängten Geräten am Hang erfordert eine weitere GPS-Empfangeinheit auf dem Gerät. So kann die Position des Gerätes erfasst und durch den Schlepper ausgeglichen bzw. durch eine aktive Lenkung des Gerätes korrigiert werden.

Verschiedene Untersuchungen in der Praxis zeigen [3-5], dass aufgrund von kupiertem Gelände, schlechten Sichtbedingungen oder großen Arbeitsbreiten eine Überlappung in Kauf genommen wird. Diese Überlappung beträgt zwischen 3 und 7 %. Das bedeutet für ein 16 m breites Fahrgassensystem bei einer Überlappung von 7 % eine Mehrfachbearbeitung von

1,12 m pro Fahrgasse oder bei 32 m breiten Fahrgassen von 2,24 m, auf denen zu viel Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden.

Der wichtigste Arbeitsgang ist die Aussaat. Hierbei werden die Fahrgassen für die weitere Bearbeitung angelegt. Die Genauigkeitsanforderung beträgt ± 2 cm, also RTK-Qualität. Die RTK-Qualität wird auch benötigt um Fahrgassen oder Leitspuren zu speichern und diese in künftigen Jahren wieder an die gleiche Stelle zu legen. Für die Arbeiten in den Fahrgassen, die der Aussaat folgen, können auch klassische DGPS-Empfänger zur Dokumentation der Ausbringungsmenge oder zur Positionsbestimmung auf dem Feld genutzt werden (**Tabelle 2**).

Tab. 2

Systemeigenschaften und Eignung für verschiedene Anwendungsbereiche

Table 2: System characteristics and suitability for different applications

Maßnahme Management procedure	Anspruch an die Genauigkeit Demand to the accuracy		Manuelle Parallelführung Manual steering system		Lenkassistentensystem Steering assistance system			Automatisches Lenksystem Automatic steering system		
	relativ relative	absolut absolute	DGPS	Sat. Korr. satellite-based correction	DGPS	Sat. Korr. satellite-based correction	RTK	DGPS	Sat. Korr. satellite-based correction	RTK
Bodenbearbeitung Cultivation	10-30 cm	gering/low	++	++	++	++	++	++	++	++
Pflanzenschutz im Voraufbau Plant protection without tracks	10-30 cm	gering/low	++	++	++	++	++	++	++	++
Aussaat/Sowing	5-10 cm	30 cm	-	-	-	+	+	-	+	++
Controlled Traffic „Regelfahrspurverfahren“	2 cm	2 cm	-	-	-	+	+	-	+	++
Strip Tillage „Streifenlockerung“	2 cm	2 cm	-	-	-	-	+	-	+	++
Aussaat von Sonder- und Reihenkulturen Sowing of special cultivated crops	2 cm	2 cm	-	-	-	-	+	-	+	++
Pflege von Reihenkulturen Care of row crops	2 cm	2 cm	-	-	-	-	-	-	-	++
Anlage von Parzellenversuchen Arrangement of small plots	2 cm	2 cm	-	-	-	-	-	-	-	++

- ungeeignet, + gut geeignet, ++ sehr gut geeignet/- not acceptable, + good, ++ very good acceptable

Vorteile von RTK-Systemen

Die hochgenauen RTK-Signale sind bislang von einer Referenzstation nahe dem Feld oder auf dem Betriebshof abhängig. Der Radius für die hohe Genauigkeit einer RTK-Station beträgt im ebenen Gelände 10–15 km, im hügeligen Ostholstein oder in der Nähe der Küsten etwa 5–8 km, da in diesen Regionen die Sendeleistung der Stationen von der Bundesnetzagentur künstlich reduziert wird. Das bedeutet in der Praxis bislang, dass Lohnunternehmer oder Betriebe mit mehreren Betriebsteilen, die den Aktionsradius für die hohe Genauigkeit überschreiten, nur mit großem Aufwand hochgenaue Korrektursignale empfangen können: Mobile Stationen mit kleinerem Aktionsradius sind zeitaufwendig zu installieren und teuer.

Beim Einsatz von Parallelfahrssystemen ohne hohe Genauigkeit muss ein höherer Betriebsmittelaufwand für Saatgut, Düngemittel und Pflanzenschutz in Kauf genommen werden, wie **Tabelle 3** mit den Ergebnissen eigener Messungen verdeutlicht. Die zu viel bearbeitete Fläche wird in dem untersuchten Fall um mehr als 40 ha, bei einem 1000 ha Betrieb also um 4 %, reduziert. Jede Bewirtschaftungsmaßnahme, wie z. B. die 1. bis 4. Stickstoff-Düngung und die 5 bis 7 Überfahrten für den Pflanzenschutz, profitiert von den exakten Fahrgassen. Der Mittelaufwand wird in gleicher Größe pro Überfahrt reduziert.

Neben der Reduktion des Betriebsmittelaufwands wird auch die Dokumentation von Bewirtschaftungsmaßnahmen erleichtert. Gerade beim Pflanzenschutz kann die Einhaltung und Dokumentation der Abstandsauflagen gesichert und die Beeinträchtigung der Nichtzielflächen um ein Vielfaches reduziert werden. Jede Maßnahme kann exakt mit Fahrspuren und Spritzmenge dokumentiert werden.

Der Bedarf an einer hochgenauen Positionsbestimmung in RTK-Qualität (± 2 cm) auf dem Feld ist sehr hoch. Alle landwirtschaftlichen Betriebe sind nach den Anforderungen von Cross Compliance [6] zu einer lückenlosen Dokumentation aller Arbeitsgänge verpflichtet. Besonders die Einhaltung von Mindestabständen zu Gewässern oder Biotopen ist bei Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen von großer Bedeutung.

Abb. 1



RTK-Netzwerk – schematisiert, 1 verbinden, 2 korrigieren, 3 messen
Fig. 1: RTK network - schematic, 1 connect, 2 correct, 3 measure

Systemvergleich RTK-Netzwerk und RTK-Station

Unser Projekt soll dazu dienen, die aufwendige, kostenintensive RTK-Technik auch für kleinere Betriebe zugänglich zu machen. In Schleswig-Holstein wurde im Rahmen des Projektes ein landesweites RTK-Netzwerk errichtet und auf seine Praktikabilität überprüft. Das RTK-Netzwerk ist zunächst den Projektpartnern und einigen ausgewählten Lohnunternehmen und Praxisbetrieben zugänglich. Zukünftig sollen weitere Lohnunternehmer und Landwirtschaftsbetriebe die Möglichkeit erhalten, ihre vorhandene Technik besser zu nutzen. Hochgenaue RTK-Netzwerke sind bislang nur im Vermessungs- und Militärbereich verbreitet [7], für landwirtschaftliche Anwendungen sind sie noch mit zu hohen Kosten verbunden.

Das Netzwerk ist folgendermaßen aufgebaut (**Abbildung 1**): Jede der mindestens fünf RTK-Stationen ist mit dem Netzwerkserverserver verbunden, der die Korrekturdaten berechnet. Die Übertragung der Korrekturdaten erfolgt via Ntrip-Modem über das

Tab. 3

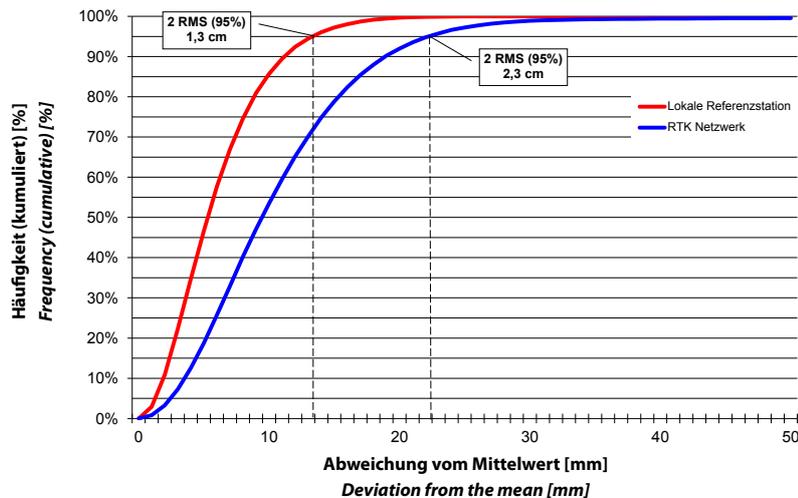
Nutzen von Parallelfahrssystemen bei der Anlage von Fahrgassen – Reduktion der Überlappung (24 m Arbeitsbreite, 1000 ha Nettofläche, Überlappung 4,2 %)

Table 3: Benefit of parallel tracking systems at the tram lines - reducing the overlap (24 m wide, 1000 acres net area, 4.2 % overlap)

	Ohne Lenkhilfe <i>Without parallel tracking</i>	Manuelle Lenkhilfe <i>Manual steering system</i>	Automatisches Lenksystem <i>Automatic steering system</i>	Automatisches Lenksystem mit RTK <i>Automatic steering system with RTK</i>
Überlappung <i>Overlap [%]</i>	4,20	0,92	0,20	0,08
Überlappung <i>Overlap [m]¹⁾</i>	1,00	0,22	0,048	0,02
Ges. Fläche durch Überlappung <i>Total area due to overlap [ha]</i>	1042	1009,2	1002	1001

¹⁾ Messergebnisse aus eigenen vergleichenden Untersuchungen in 2005 und 2010 / results of comparative studies in 2005 and 2010.

Abb. 2



Korrektursignalvergleich über 24 h: RTK-Netz (blau) und RTK-Station (rot)

Fig. 2: Correction signal compared over 24 h with RTK Network (blue) and RTK Stationary (red)

Mobilfunk-Netz. Der Netzwerkservers erkennt den Nutzer und übermittelt ihm die aktuellen Korrekturdaten im Mittel über alle Stationen. Dabei wird die Entfernung zum Fahrzeug berücksichtigt. Die Daten der nächstgelegenen RTK-Station gehen mit einem größeren Gewicht in die Korrekturdatenberechnung ein als die von weiter entfernten Stationen [8].

Das Hauptziel des Projektes ist es, eine Netzwerklösung einzurichten, die – unabhängig vom Hersteller des Schleppers oder des bereits installierten Lenksystems – von vielen Interessenten genutzt werden kann. Im Rahmen des Projektes wird eine Software entwickelt, die eine minutengenaue Abrechnung der Nutzung ermöglicht. Die Kosten sind im Vergleich zu einer jährlichen Nutzungspauschale geringer. **Abbildung 2** zeigt einen Vergleich zwischen einer festen RTK-Station und einem RTK-Netzwerk: Die 111 m entfernte RTK-Station liefert eine sehr hohe Genauigkeit (< 2 cm) und das RTK-Netz liegt mit 2,3 cm absoluter Genauigkeit über 24 Stunden innerhalb der für die Landwirtschaft erforderlichen Genauigkeit. Auch hiermit können Dauerfahrgassen gespeichert werden. An diesem Standort wurde mit dem RTK-Netzwerk eine vergleichbare Genauigkeit wie mit der bereits installierten RTK-Station realisiert. Eigene Untersuchungen zeigen, dass für den Nutzer die Flexibilität zunimmt, unabhängig davon wo und wie weit die RTK-Stationen entfernt sind: Für Schleswig-Holstein ergäben sich mit dem Ziel der flächendeckenden Verfügbarkeit des RTK-Signals rechnerisch 43 RTK-Stationen (Radius der Signalabdeckung 15 km um den Installationsort, Überlappung mit den Nachbarstationen 40 %), während das eigene Projekt mit 4 Stationen auskommt. Das ergibt auf die Anzahl der notwendigen Stationen bezogen ein theoretisches Einsparpotenzial von 390.000 Euro (Stationspreis 10.000 € netto). Das Einsparpotenzial liegt in der Praxis noch höher, da eine herstellerunabhängige Lösung entwickelt wurde, die für jeden Lenksystemhersteller das erforderliche Korrekturdatenformat bereitstellt.

Schlussfolgerungen

Durch die Reduktion der Überlappung von Fahrgassen bei der Feldbewirtschaftung werden eine Überdüngung oder erhöhte Pflanzenschutzmittel-Konzentrationen im Nahrungsmittel vermieden. Um zu einer zukunftsorientierten, nachhaltigen Landwirtschaft beizutragen, hilft das beschriebene Projekt, die teure, aber hochgenaue Technik jedem Landwirt und Lohnunternehmer – zunächst in Schleswig-Holstein – zur Verfügung zu stellen. In weiteren Versuchen sind nun Tests mit verschiedenen Lenksystemherstellern und Fahrzeugtypen in der Erprobung. Ziel des Projektes ist ein auf Herz und Nieren erprobtes und für alle Anwender erschwingliches Netz, das unabhängig vom Standort zur Verfügung steht.

Literatur

- [1] Noack, P.O., Niemann, H. (2007): Genau oder weit senden? Vor- und Nachteile ortsfester und mobiler RTK-Stationen für hochgenaue Lenksysteme. Neue Landwirtschaft 4, S. 54–55
- [2] geo-konzept (2011): Leitfaden für GPS und Parallelfahren, Adelschlag
- [3] Bombien, M. (2005): Parallelfahrssysteme im Vergleich. Schrift 32 der Professor-Udo-Riemann-Stiftung, RKL-Rendsburg, S. 1203–1224
- [4] Weltzien, C.; Noack, P.O.; Persson, K. (2003): GPS receiver accuracy test – dynamic and static for best comparison of results. In: Proceedings of the 4th European Conference on Precision Agriculture, Berlin, 2003, Wageningen Academic Publishers, eds.: J Stafford and A. Werner, pp. 717–722
- [5] Reckleben, Y. (2011): Immer Anschluss halten, DLZ Agrarmagazin, 11/2011, S. 2-5
- [6] Cross Compliance (2009): Verordnung (EG) Nr. 73/2009, <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Foerderung/Direktzahlungen/Cross-Compliance.html>, 20.5.2012
- [7] SAPOS (2012): Satelliten Positionierungsdienst der deutschen Landesvermessung <http://www.sapos.de/>, 20.5.2012
- [8] Muhr, T.; Noack, P.O. (2006): Mobile Data Repeaters Enhancing the Availability of RTK Correction Data in the Field. Automation Technology for Off-Road Equipment, Proceedings of the 1–2 September 2006 International Conference 1, pp. 65–69

Autoren

Prof. Dr. agr. Yves Reckleben leitet das Fachgebiet Landtechnik im Fachbereich Agrarwirtschaft an der Fachhochschule Kiel, Grüner Kamp 11, 24783 Osterröfeld, E-Mail: yves.reckleben@fh-kiel.de

Dr. agr. Patrick Ole Noack ist Mitarbeiter bei geo-konzept GmbH, Gut Wittenfeld, 85111 Adelschlag