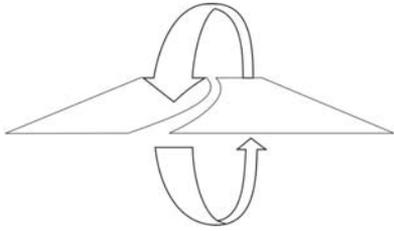


geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

GPS und Parallelführung

Eine Einführung für Einsteiger

geo-konzept GmbH
gut wittenfeld
d-85111 adelschlag
telefon: +49 (8424) 8989-0
telefax: +49 (8424) 8989-80
email: geo@geo-konzept.de
www.geo-konzept.de



Was ist GPS?

GPS ist ein System aus 24 Satelliten, mit dem eine Position auf der Erde bestimmt werden kann. GPS Satelliten senden Signale zur Erde. In diesen Signalen sind verschiedene Informationen enthalten. GPS Empfänger, welche die Signale über eine Antenne empfangen, können diese Informationen auswerten.

Die wichtigsten Informationen sind einerseits die sogenannten *Almanachs* (oder *Ephemeriden*) und andererseits die genaue Uhrzeit, zu der das Signal vom Satelliten ausgesendet wurde. Die *Ephemeriden* enthalten Informationen über die Umlaufbahnen der Satelliten. Mit Hilfe der *Ephemeriden* kann ein GPS Empfänger sehr genau berechnen, wo am Himmel sich ein Satellit befunden hat, als er das Signal gesendet hat.

Ephemeriden werden auch in der Astronomie und in der Astrologie verwendet. Aus ihnen kann abgelesen werden, wann und wo am Himmel welcher Stern zu sehen ist.

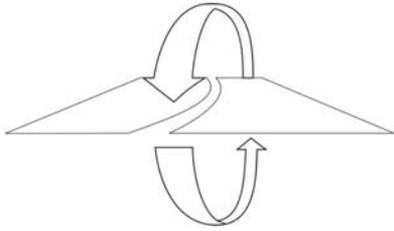
Die Satelliten sind mit Atomuhren ausgestattet. Das Signal des ersten Satelliten nützt der GPS Empfänger um die genaue Uhrzeit zu bestimmen. Die Zeitangaben der GPS Empfänger sind sehr genau, denn sie sind mit hochwertigen Quarzuhren bestückt.

Die Signale der anderen Satelliten werden bereits für die Positionsberechnung verwendet. Da dem GPS Empfänger die genaue Uhrzeit bekannt ist, kann er berechnen, wie viel Zeit vergangen ist, seit die Signale der anderen Satelliten ausgesendet wurden. Diesen Vorgang bezeichnet man als Laufzeitmessung.

GPS Signale bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit. Wenn man weiß, wie lange ein Signal für die Strecke von einem Satellit zum GPS Empfänger gebraucht hat, kann daraus bestimmt werden, wie weit der Satellit vom GPS Empfänger entfernt ist.

Dem GPS Empfänger ist also bekannt, wo sich die Satelliten befinden und wie weit sie entfernt sind. Aus diesen Informationen kann er über ein Verfahren namens *Trilateration* berechnen, wo er sich befindet. So wie wenn man eine Kugel mit drei Schnüren an der Decke befestigt: die Position der Kugel ist durch die Länge der Schnüre bestimmt.

GPS Satelliten senden Ihre Signale auf zwei Frequenzen im sogenannten L-Band (L1 und L2) im Bereich von 1,5 GHz.



Wie genau ist GPS?

Die Genauigkeit, mit der GPS Empfänger ihre Position bestimmen können, ist begrenzt. Das hat verschiedene technische Gründe. So machen z.B. selbst Atomuhren bei der Zeitbestimmung Fehler.

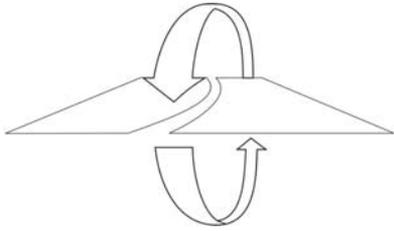
Den größten Einfluss haben jedoch die Bedingungen in der Atmosphäre. Dabei spielt das Wetter, also die Erscheinungen im unteren Teil der Atmosphäre (*Troposphäre*), eine geringe Rolle. Vielmehr sind die Zustände in der äußeren Atmosphäre (*Ionosphäre*) entscheidend. Dieser Bereich der Atmosphäre filtert die elektronische Strahlung, die uns von anderen Planeten und aus dem Weltraum erreicht und bricht die Signale der Satelliten wie Licht, das aus der Luft in Wasser eintritt. Wie stark die Signale abgelenkt oder gebrochen werden hängt davon ab, wie stark die elektronische Strahlung aus dem Weltraum auf die Ionosphäre einwirkt.

Durch die Brechung und Reflexion der Signale wird ihre Laufzeit verändert und fehlerhafte Laufzeitmessungen führen zu Fehlern bei der Positionsberechnung.

Neben Fehlern bei der Laufzeitmessung spielen auch ganz offensichtliche Faktoren eine wichtige Rolle bei der Positionsberechnung: wie viele Satelliten kann der GPS Empfänger empfangen und wo stehen diese am Himmel? Um auf die Kugel und die Schnüre zurückzukommen: eine mit Schnüren an der Decke befestigte Kugel wird sich weniger bewegen, wenn sie an mehreren Schnüren befestigt ist. Sie wird sich auch weniger bewegen, wenn die Befestigungspunkte der Schnüre an der Decke weiter voneinander entfernt sind. Insofern hat die Anzahl der Satelliten, deren Signale für die Positionsberechnung zur Verfügung stehen, und deren Lage zueinander (*DOP = Dilution of Precision*), einen großen Einfluss auf die Positionsgenauigkeit.

Wenn Signale von Satelliten durch Bäume oder Gebäude abgeschattet werden, wird die Positionsgenauigkeit eines GPS Empfängers also geringer werden. Es kann jedoch auch dazu kommen, dass das Signal eines oder mehrerer Satelliten an Bäumen oder Gebäuden reflektiert wird (*Multipath* oder Mehrwege Effekt). Dadurch werden, wie bei der Brechung des Signals in der Atmosphäre, die Laufzeitmessungen des GPS Empfängers verfälscht.

GPS Empfänger können neben der Position auch die Geschwindigkeit, mit der sich der GPS Empfänger bewegt, sehr genau bestimmen. Hierzu werden die Änderungen der empfangenen Signalfrequenzen über den *Dopplereffekt* bestimmt. Die Höhe eines Tons, also seine Frequenz, ändert sich, je nachdem, wie schnell man sich auf die Geräuschquelle zu- oder von ihr wegbewegt, wie zum Beispiel bei vorbeifahrenden Krankenwagen oder Polizeiautos.



GPS Genauigkeit verbessern

Die Genauigkeit von GPS wird durch sogenannte differentielle Korrekturen erheblich verbessert (DGPS). Differentielle Korrekturdaten werden von einer Basisstation (oder Referenzstation) ermittelt und an einen GPS Empfänger übertragen.

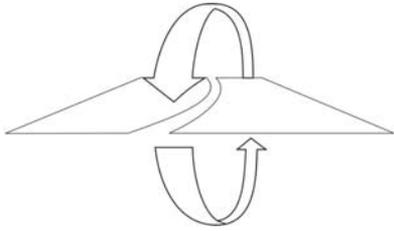
Basisstationen sind GPS Empfänger, die an einer bekannten Position aufgestellt werden. Diese GPS Empfänger kennen also ihre Position und können deshalb den Fehler der Laufzeitmessungen für jeden Satelliten bestimmen. Diesen Fehler nennt man Laufzeitfehler. Der Laufzeitfehler wird für jeden Satelliten von der Basisstation bestimmt.

Die Laufzeitfehler werden anderen GPS Empfängern übermittelt (z.B. über Datenfunk, UKW, Mittelwelle oder Satellit). Wenn dieser GPS Empfänger die Laufzeitfehler bei der Berechnung seiner eigenen Position berücksichtigt, spricht man von differentiell korrigiertem GPS.

Wie sehr die Genauigkeit durch differentielle Korrekturen verbessert wird, hängt davon ab, wie weit GPS Empfänger und Basisstation voneinander entfernt sind.

Die meisten GPS Empfänger verwenden lediglich die Signale einer GPS Frequenz (L1 Band). Wenn beide Frequenzen für die Positionsberechnung verwendet werden, spricht man von sogenannten Zweifrequenz GPS Empfängern. Diese bestimmen ihre Position wesentlich genauer als Einfrequenz GPS Empfänger. Wenn Zweifrequenz GPS Empfänger mit differentiellen Korrekturen arbeiten, wird dies als RTK GPS bezeichnet. Mit RTK GPS kann eine Position hochgenau bestimmt werden (< 1 cm).

Da GPS Empfänger oft in Fahrzeugen eingesetzt werden, kann bei der Positionsberechnung sowohl die Position als auch die über den Dopplereffekt bestimmte Geschwindigkeit des Fahrzeugs berücksichtigt werden. Solche Geschwindigkeits-Positions-Filter führen zu einer weitergehenden Verbesserung der Positionsgenauigkeit.



DGPS Korrekturdatendienste

Es stehen verschiedene kommerzielle und kostenpflichtige aber auch kostenlose Korrekturdatendienste in Deutschland zur Verfügung.

Küstenfunk/Beacon

Das Küstenfunkkorrektursignal diente ursprünglich zur Korrektur der Positionsbestimmung für die Schifffahrt. Deshalb war dieser kostenlose Dienst, der im Mittelwellenbereich per Funk übertragen wird, bis Anfang 2005 nur in der Nähe der Nord- und Ostseeküste verfügbar. Im Verlaufe des Jahres 2005 wurden allerdings Referenzstationen in ganz Deutschland für die Binnenschifffahrt installiert.

Das Küstenfunkkorrektursignal erlaubt eine sehr genaue Positionierung. Das liegt daran, dass der neueste Stand der Technik installiert wurde. Außerdem sind die Entfernungen zu den Basisstationen im Vergleich zu anderen Korrekturdatendiensten sehr gering. Das Küstenfunkkorrektursignal wird nicht wie andere Korrektursignale (EGNOS, OmniSTAR) durch Bäume und Gebäude abgeschattet.

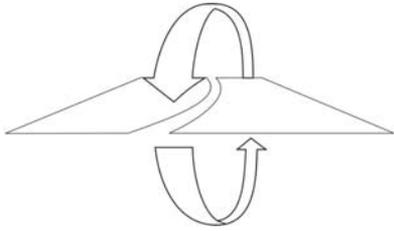
EGNOS

Der kostenlose Korrekturdatendienst EGNOS wird von der *European Space Agency* (ESA) betrieben und soll ab Anfang 2006 voll zur Verfügung stehen. Die Korrekturdaten werden von einem Satelliten übertragen. Bei Abschattung Richtung Süden kann es zum Ausfall des Korrektursignals kommen. Ansonsten ist das Signal sehr störsicher. Über die Genauigkeiten, die mit EGNOS erreicht werden können, liegen aus dem Testbetrieb der letzten Jahre sehr unterschiedliche Ergebnisse vor.

OmniSTAR VRC/VBS

Die OmniSTAR VBS und VRC Dienste sind kostenpflichtig und werden ebenfalls per Satellit übertragen. Diese Korrekturdatendienste stehen seit 10 Jahren weltweit zur Verfügung und sind sehr zuverlässig.

Das Signal ist wie EGNOS anfällig für Abschattungen in Richtung Süden. Die Genauigkeiten, die mit OmniSTAR VBS und VRC erreicht werden, sind genauso gut oder etwas schlechter wie die Genauigkeiten, die man mit Küstenfunk erreicht.



OmniSTAR HP

Der kostenpflichtige OmniSTAR HP Korrekturdatendienst liefert Korrekturdaten für beide GPS Frequenzen (L1 und L2) via Satellit.

Dieses Signal kann von Zweifrequenz GPS Empfängern empfangen und verarbeitet werden. Diese erreichen dann eine Spur-zu-Spur Genauigkeit von 5 bis 10 cm und eine absolute Genauigkeit von 20-30 cm.

Nach dem ersten Einschalten des GPS Empfängers kann es allerdings bis zu einer halben Stunde dauern, bis diese Genauigkeit zur Verfügung steht (Initialisierungszeit). Auch nach Abschattung des Signals in Richtung Süden durch Bäume und Gebäude ist unter Umständen eine Neuinitialisierung erforderlich.

Deshalb sollte dieses Korrektursignal nur dann verwendet werden, wenn im Einsatzgebiet keine Abschattung zu erwarten ist.

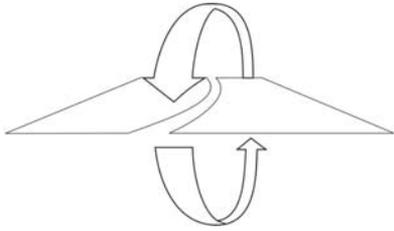
Referenzstation

Um mit einem Zweifrequenz GPS Empfänger die höchstmögliche Genauigkeit von 2 cm zu erreichen, ist eine eigene Referenzstation erforderlich. Eine absolute Genauigkeit von 2 cm ist über Jahre hinweg gewährleistet. Sie können also einen einmal vermessenen Punkt oder eine Fahrspur auch nach einem Jahr mit einer Genauigkeit von 2 cm wiederfinden oder abfahren.

Die Referenzstation besteht aus einem RTK GPS Empfänger mit Stromversorgung und einem Funkmodem (ca. 450 MHz bei 500 mW Sendeleistung). Die Initialisierungszeiten liegen in einem Bereich von 1 bis 2 Minuten.

Die Korrekturdaten können mit diesem Modem ca. 3 bis 10 km weit übertragen werden. Das Korrektursignal wird nicht durch Bäume oder Gebäude abgeschattet.

Die Referenzstation kann entweder fest installiert oder in einem Transportkoffer mitgeführt und am Feldrand aufgestellt werden (Zeitbedarf: ca. 10 Minuten). Falls mehrere RTK GPS Empfänger auf einem Betrieb eingesetzt werden, wird nur eine Referenzstation benötigt.



Warum Parallelführungssysteme?

Manuelle und automatische Parallelführungssysteme verbessern die Arbeitsqualität und steigern außerdem Effizienz und Produktivität:

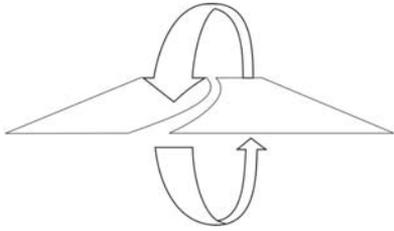
- o Durch Parallelführungssysteme wird der Fahrer entlastet und kann sich deshalb besser auf die Funktion und optimale Einstellung des Arbeitsgerätes konzentrieren. So werden Bedienungsfehler vor allem bei längeren Einsatzzeiten und in der Nacht deutlich reduziert.
- o Mit Parallelführungssystemen werden Überlappungen und Fehlstellen vermindert. Dies gilt vor allem für Arbeitsgänge bei denen keine Fahrspuren vorhanden sind.
Mit hochgenauen automatischen Parallelführungssystemen können einmal gefahrene Fahrspuren (z.B. bei der Saat) auch Monate später mit 2 cm Genauigkeit wieder abgefahren werden (z.B. beim Hacken). Dieses Verfahren wird als ‚Controlled Traffic‘ bezeichnet.
- o Durch den Einsatz von Parallelführungssystemen können die Einsatzzeiten in der Hochsaison ausgeweitet werden, da auch bei schlechten Sichtbedingungen (Dunkelheit, Nebel, Staub) die Feldarbeiten mit gleichbleibender Qualität fortgesetzt werden können.

Beispiel:

Auf dem Betrieb A wird ein Grubber mit 8 Meter Arbeitsbreite für die Grundbodenbearbeitung von 1000 ha/Jahr eingesetzt. Bei einer Geschwindigkeit von 8 km/h und wird mit einer durchschnittlichen Überlappung von 60 cm gearbeitet. Mit einem manuellen Parallelführungssystem kann die Überlappung auf 20 cm reduziert werden. Außerdem kann durch exaktes Anschlussfahren bei der Anlage von Beeten zusätzlich Zeit bei Wendevorgängen eingespart werden. Für diesen Arbeitsgang können pro Jahr ca. 9 Stunden (Lohnkosten, Maschinenkosten), also ein ganzer Arbeitstag, eingespart werden. Schließlich kann die Zeitspanne, in der die Grundbodenbearbeitung erfolgt, durch Nachteinsätze deutlich reduziert werden, und der Betrieb kann unter Umständen zwei bis drei Tage früher mit der Aussaat beginnen.

Einstieglösung: manuelle Parallelführungssysteme

Bei manuellen Parallelführungssystemen wird auf einer Lichtbalkenanzeige und einem LCD Display angezeigt, in welche Richtung gelenkt werden muss, um den gewünschten Abstand zur letzten Fahrspur zu halten. Dabei muss nicht direkt Anschluss gefahren werden, sondern es können auch Fahrspuren übersprungen werden.



Diese Systeme sind einfach von Fahrzeug zu Fahrzeug übertragbar. Sie bestehen aus einer auf dem Dach montierten Antenne (Magnetfuß) und einem in der Kabine mit einem Saugnapf zu befestigenden Lichtbalken.

Die Genauigkeit beträgt bei manueller Parallelführung ca. 15-30 cm Spur zu Spur. Im Gegensatz zu Schaummarkierern oder mechanischen Spuranzeigern hilft die GPS-Parallelführung auch beim „Anstechen“ (erste Fahrt im Schlag, wenn diese nicht parallel zu einer natürlichen Begrenzung verläuft; z.B. diagonal zur Saattrichtung bei Stoppelsturz nach der Ernte), da nach Festlegung der Richtung auch bei der ersten Fahrt bereits eine Führung erfolgen kann.

Manuelle Parallelführungssysteme werden typischerweise für die Ausbringung von Düngemitteln (organisch, anorganisch, Kalk) und Pflanzenschutzmitteln im Voraufbau sowie für die Grundbodenbearbeitung bei großen Arbeitsbreiten und/oder schlechten Sichtbedingungen (Staub, Nebel, Dunkelheit) eingesetzt. In der Regel reicht die Genauigkeit für die Saat nicht aus.

Wenn der Schlag vor Bearbeitung des Innenbereiches einmal mit dem Parallelführungssystem umfahren wurde, erlauben manuelle Parallelführungssysteme auch eine Vorgewendesignalisierung. Hierbei wird die Annäherung an das Vorgewende akustisch signalisiert oder am Lichtbalken angezeigt.

Die GPS- und Lichtbalkenkomponenten sind zu automatischen Parallelführungssystemen aufrüstbar (s.u.).

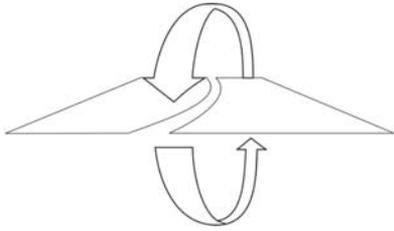
Manuelle Parallelführungssysteme im Überblick:

EZ Guide 150 Komplettsystem

- GPS-Empfänger (EGNOS, externe Korrektur) im Lichtbalken integriert
- Antenne mit Magnetfuß (Montageplatte für Kunststoffdächer liegt bei)
- Grafisches LCD Display zur einfachen Konfiguration (Auswahl der Betriebsparameter wie z.B. Arbeitsbreite, Spurform, ...)
- Ergonomische Führung über farbige LED-Zeile (Lichtbalken), die bei allen Lichtbedingungen sicher und ermüdungsfrei ablesbar ist.

EZ Guide 252 oder AgGPS 332 Komplettsystem

- AgGPS 252 GPS-Empfänger (EGNOS, OmniSTAR VBS, HP, externe Korrektur) oder AgGPS 332 GPS-Empfänger (wie AgGPS 252, jedoch auch Küstenfunk)
- EZ-Guide 50 Plus Lichtbalken (s.u.)



EZ-Guide 50 Lichtbalken

- bei vorhandenem GPS-Empfänger hoher Qualität
- bei Nutzung anderer Korrektursignale als EGNOS (OmniSTAR, Beacon)
- Funktion und andere Eigenschaften wie bei EZ-Guide 150

Lenkassistentensystem EZ-Steer

Das manuelle Parallelführungssystem EZ Guide Plus lässt sich mit einem Navigationsrechner und einem Elektromotor mit Reibrad ganz leicht zu einem Lenkassistentensystem aufrüsten. Für die Installation wird lediglich ein Schraubenschlüssel benötigt. Der Einbau und der Umbau auf andere Fahrzeuge dauert etwa eine halbe Stunde.

Als Komplettsystem wird EZ-Steer in zwei Genauigkeiten angeboten. Mit dem EZ Guide Plus 150 System erreicht man Spur-zu-Spur Genauigkeiten von 20 bis 30 cm. Wenn das System mit einem AgGPS 252 oder AgGPS 332 eingesetzt wird, kann die Genauigkeit auf 5 bis 10 cm gesteigert werden.

Dank des T2 Lagereferenzsystems gleicht EZ-Steer auch die Längs- und Querneigung des Schleppers aus. EZ-Steer lenkt also auch am Hang und auf unebenem Untergrund genau entlang der Spur.

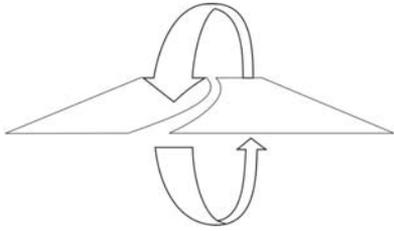
Automatische Parallelführungssysteme: Trimble AgGPS Autopilot

Automatische Parallelführungssysteme sind als Nachrüstlösung für zahlreiche marktgängige Traktortypen verfügbar. Bei diesem System wird ein Lenkventil per T-Stück an ein vorhandenes Lenksystem angeschlossen. Eine EU-Teilbetriebserlaubnis verhindert das Erlöschen der ABE durch diesen Umbau.

Automatische Parallelführungssysteme bestehen aus vier Komponenten:

- o GPS Empfänger
- o Lichtbalken mit Tastatur als Anzeigeelement
- o Navigationsrechner
- o Kabelbaum und Hydraulikeinbausatz

Nur der Kabelbaum und der Hydraulikeinbausatz werden fest in den Schlepper eingebaut, alle anderen Komponenten können bei Bedarf in kurzer Zeit auf einen anderen Fahrzeug, das ebenfalls für den Einsatz mit einem Autopiloten vorgerüstet ist, umgesetzt werden.



Alle manuellen Parallelführungssysteme können auf Autopilotssysteme aufgerüstet werden.

Die automatische Lenkung des Autopilotsystems kann parallel zu geraden und kurvigen Referenzspuren lenken. Außerdem kann parallel zu Vorgewenden und Kreisregnerspuren gefahren werden.

Der AgGPS Autopilot unterstützt im Gegensatz zu anderen Lösungen auch den Wendevorgang am Vorgewende. Sobald der Schlepper in einem Winkel von kleiner als 90° zur Arbeitsrichtung steht, lenkt der Autopilot automatisch schnellstmöglich die neue Arbeitsspur an. Es ist keine Ausrichtung des Fahrzeugs auf der Sollspur erforderlich, um den Autopilot zu aktivieren.

Alle Autopilotssysteme lassen sich mit dem AgGPS 170 Bordrechner zu einem vollständigen Flächenmanagementsystem aufrüsten, das beispielsweise die Umsetzung von „controlled traffic“ (d.h. exakte Wiederholung von Fahrspuren über die Fruchtfolge bzw. einzelne Bearbeitungsvorgänge) ermöglicht.

Im Navigationsrechner ist ein 3-dimensional arbeitendes Lagereferenzsystem integriert, welches die Neigung des Fahrzeugs um Hoch-, Längs- und Querachse bestimmt und damit auch bei Hangeinsatz unter allen Bedingungen die maximale Genauigkeit sicherstellt.

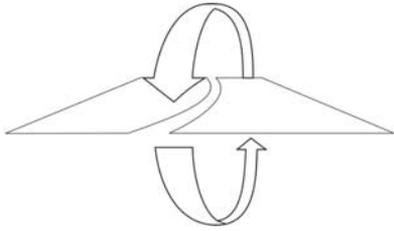
Automatische Parallelführungssysteme werden in drei Genauigkeitsstufen angeboten:

- o DGPS Autopilot
- o OmniSTAR HP Autopilot
- o RTK Autopilot

Der **DGPS Autopilot** (20-30 cm Spur-zu-Spur, ca. 1 m absolute Genauigkeit) verwendet einen DGPS Empfänger. Als Korrektursignal sind EGNOS, OmniSTAR VBS und Küstenfunk verfügbar. Der Einsatz ohne Korrektursignal ist möglich, wird aber wegen der geringen Genauigkeitszuverlässigkeit NICHT empfohlen.

Mit dem **OmniSTAR HP Autopilot** können Spur-zu-Spur Genauigkeiten von 5-10 cm Spur-zu-Spur und absolute Genauigkeiten von 20 cm erreicht werden. Systembedingt beträgt die Initialisierungszeit ca. 30 min. bevor die volle Genauigkeit zur Verfügung steht. Der OmniSTAR HP Dienst erfordert eine kostenpflichtige Lizenz.

Das System kann selbstverständlich auch (bei reduzierter Genauigkeit) mit EGNOS oder OmniSTAR VBS betrieben werden. Der Einsatz des OmniSTAR HP



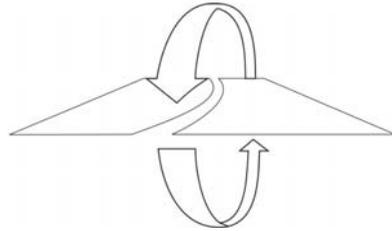
Autopiloten wird bei stärkerem Vorkommen von Bäumen und Waldrändern nicht empfohlen, da bei den hierdurch auftretenden Abschattungen jeweils mit längerer Reinitialisierung zu rechnen ist.

Das System kann in Abhängigkeit von der Anwendung zu unterschiedlichen Jahreszeiten je nach Bedarf mit unterschiedlichen Korrektursignalen betrieben werden: für die Saat im Frühjahr/Herbst kann eine OmniSTAR HP Lizenz abonniert werden und während des restlichen Jahres kann mit dem kostenlosen EGNOS Korrektursignal gearbeitet werden.

Der **RTK Autopilot** erreicht eine Spur-zu-Spur Genauigkeit von 2 cm (2 cm absolute Genauigkeit, Initialisierungszeiten 1-2 min.).

Es sind keine kostenpflichtigen Lizenzen erforderlich. Für das erste System auf dem Betrieb ist allerdings eine Referenzstation (bestehend aus GPS-Empfänger, Antenne und Funkgerät mit Kabeln und Transportkoffer) erforderlich. Über Funkmodems (Reichweite 3-10 km je nach Gelände, durch kostengünstige Relais erweiterbar bis max. 30 km) werden die Korrekturdaten an (beliebig viele) Nutzer im Signalbereich übertragen.

Das System kann bei reduzierter Genauigkeit auch mit EGNOS oder mit OmniSTAR HP betrieben werden. Für „controlled-traffic“ Anwendungen empfehlen wir aufgrund der hohen Genauigkeit, Wiederholbarkeit und der kurzen Initialisierungszeiten eine eigene Referenzstation. Bei gleichzeitigem Einsatz mehrerer Fahrzeuge auf einem Betrieb sollte eine Kostenabwägung gegenüber OmniSTAR HP mit fahrzeugbezogenen Lizenzkosten durchgeführt werden. Schließlich bietet RTK die höchste Funktionalität und Flexibilität.



Tabellarische Übersicht der Systemeigenschaften

	EZGuide 50	EZGuide 150	EZ Steer	Autopilot DGPS	Autopilot HP	Autopilot RTK	AgGPS 170 mit AP
manuelle Parallelführung	alle Muster	alle Muster	alle Muster	Gerade / Kurven	Gerade / Kurven	Gerade / Kurven	alle Muster
automatische Parallelführung	aufrüstbar	aufrüstbar	aufrüstbar	ja	ja	ja	ja
GPS-Empfänger	frei wählbar	integriert	integriert oder wählbar	frei wählbar	AgGPS 252	AgGPS 252	-
Genauigkeit (Spur-zu-Spur, cm)	*	20-30	5-10/15-30	20-30	5-10	2	-
EGNOS	ja *	ja	ja	ja	ja	ja	-
OmniSTAR VBS	ja *	ja (extern)	AgGPS 252/332	ja *	ja	ja	-
OmniSTAR HP	ja *	nein	AgGPS 252/332	nein	ja	ja	-
Beacon/Küstenfunk	ja *	ja (extern)	AgGPS 332	ja *	ja (extern)	ja (extern)	-
RTK	nein	nein	nein	ja *	ja **	ja	-
3-D Lagekompensation	nein	nein	ja	ja	ja	ja	-
"controlled traffic"	nein	nein	nein	nein	ja ***	Ja ***	ja
Bodenbearbeitung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Saat	ja *	nein	ja*	nein	ja	ja	ja
Reihenfrüchte	ja ****	ja ****	ja****	nein	nein	ja	ja

* abhängig vom eingesetzten GPS-Empfänger

** Softwareaktualisierung und Funkgerät sowie ggf. Referenzstation erforderlich

*** in Verbindung mit AgGPS 170, wenn mehr als 10 Schläge abgespeichert werden sollen

**** wesentliche Erleichterung beim "Reihen zählen", z.B. bei Düngung und Pflanzenschutz