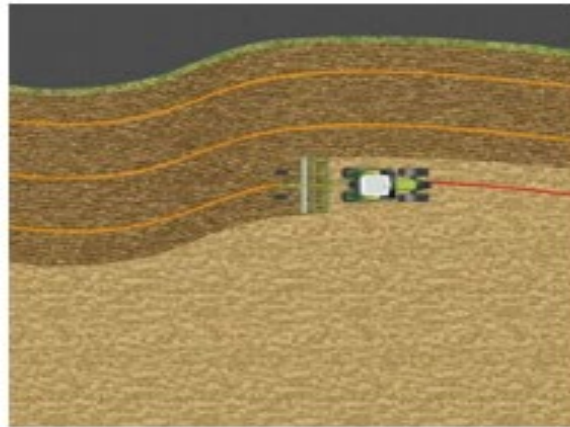


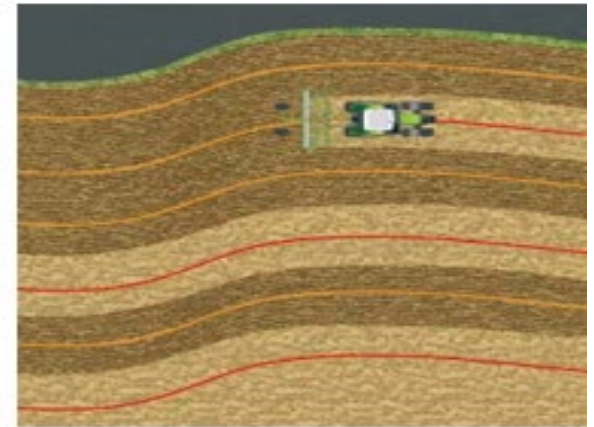
# Führungsarten der Lenksysteme



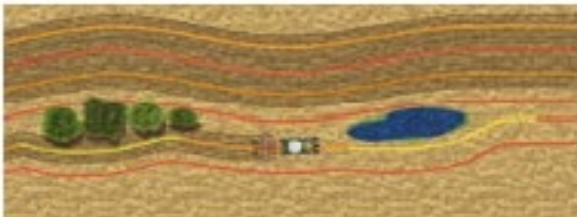
A-B-Modus.



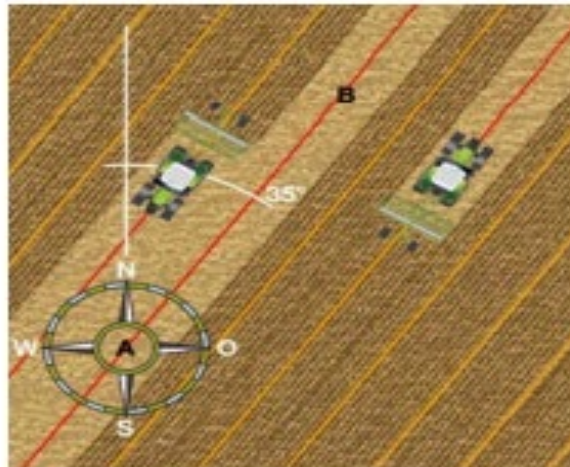
Kontur-Modus.



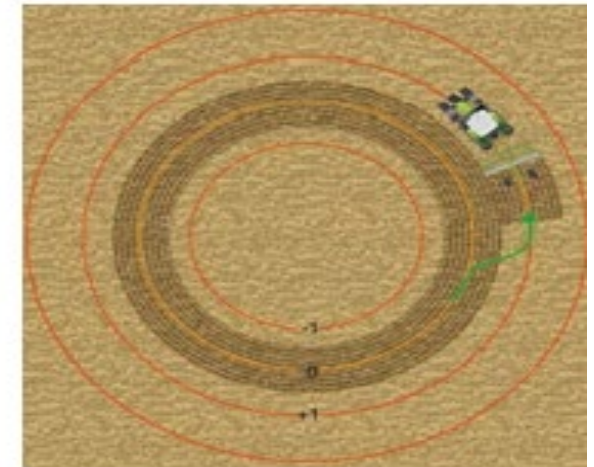
A-B-Kontur-Modus.



Adaptiver A-B-Kontur-Modus.



A+ Winkel Modus



Kreis-Modus.

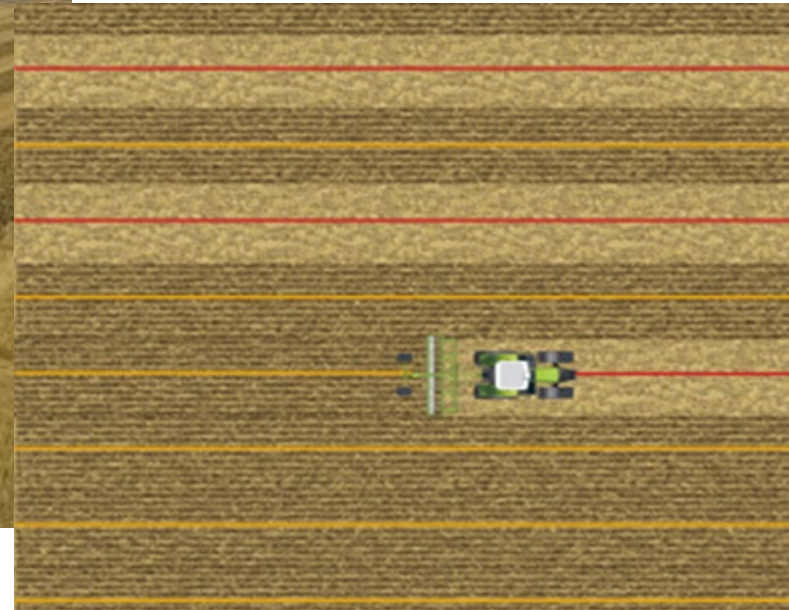
Quelle: Claas

# Führungsart: A–B Modus

- » Standardanwendung bei allen Terminals
- » Höchste Genauigkeit (je nach Korrektursignal)
- » Am häufigsten angewendete Führungsart



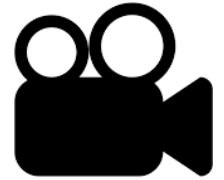
Quelle: BayWa



Quelle: Claas



# Führungsart: A–B Modus Anwendung



- » Fahrspur wird durch das Setzen der Punkte A und B definiert
- » alle weiteren Fahrspuren werden in gleichmäßigem Abstand (entsprechend der eingestellten Arbeitsbreite) zur ersten Fahrspur verlaufen
- » durch Bearbeitung jeder zweiten Spur können enge Wendemanöver vermieden werden
- » Arbeiten mit mehreren Maschinen mit gleicher Arbeitsbreite auf einem Schlag möglich



Quelle: Claas Lenksysteme



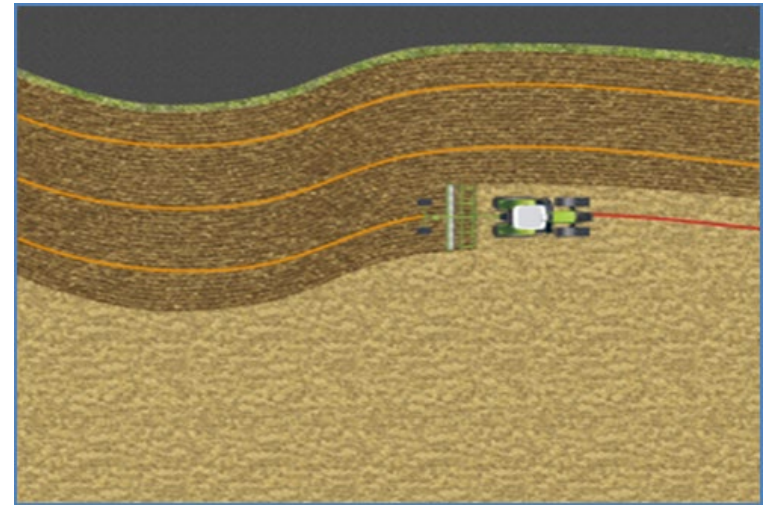
Quelle: Landtechnik Gradwohl

# Führungsart: Kontur Modus

- » Geeignet für Schläge mit Konturen oder Vorgewende
- » Abfahren des Ackers in Beeten möglich
- » Nicht so exakt wie A – B Modus



Quelle: Claas Futterernte



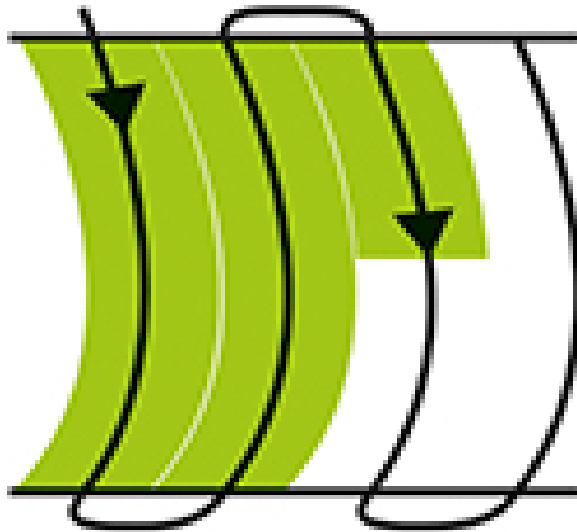
Quelle: Claas



# Führungsart: Kontur Modus Anwendung



- » normalerweise für die Ausarbeitung der Vorgewende oder für das Nachfahren von leicht gekrümmten Schlaggrenzen
- » immer die folgende Fahrspur wird ermittelt und in gleichmäßigem Abstand (entsprechend der eingestellten Arbeitsbreite) zur vorherigen Fahrspur verlaufen



Quelle: Müller Elektronik



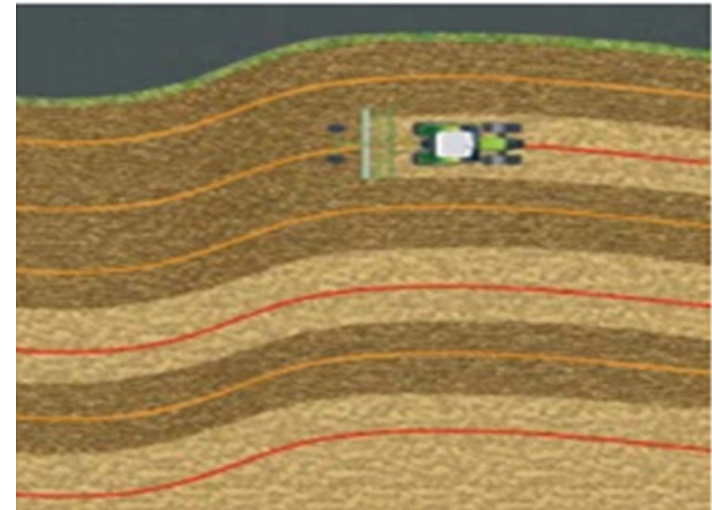
Quelle: Claas Futterernte

# Führungsart: A–B Kontur Modus

- » Standard Anwendung bei allen Terminals
- » Geeignet für Schläge mit Konturen oder Vorgewende
- » Abfahren des Ackers in Beeten möglich



Quelle: Claas (Youtube)



Quelle: Claas

# Führungsart: A–B Kontur Modus Anwendung

- » Referenzlinie wird z.B. an einer leicht gekrümmten Schlagkante aufgezeichnet
- » alle weiteren Fahrspuren werden in gleichmäßigem Abstand (entsprechend der eingestellten Arbeitsbreite) zur ersten Fahrspur verlaufen
- » durch Bearbeitung jeder zweiten Spur können enge Wendemanöver vermieden werden
- » Arbeiten mit mehreren Maschinen mit gleicher Arbeitsbreite auf einem Schlag möglich



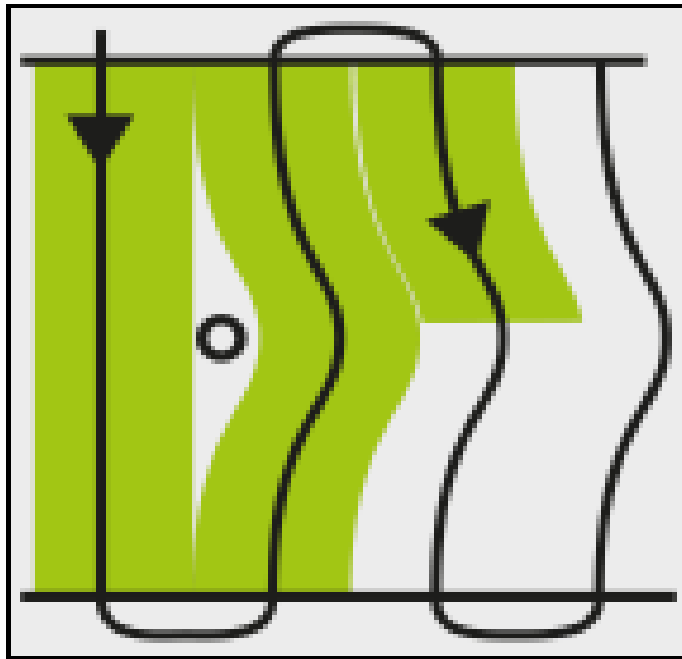
Quelle: Motor-Talk



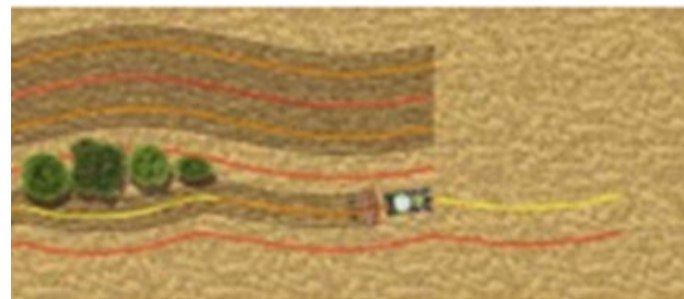
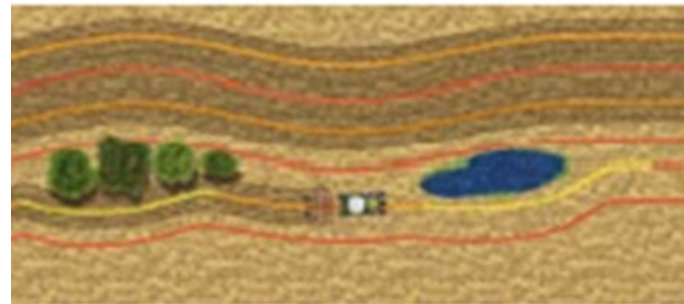
# Führungsart: Adaptiver A–B Kontur Modus



- » Unterschied zu A–B Kontur Modus:
- › Hindernisse im Schlag mit aufzeichnen
  - › Referenzlinie verlängern, bei unförmigen Schlag



Quelle: Müller Elektronik



Quelle: Claas

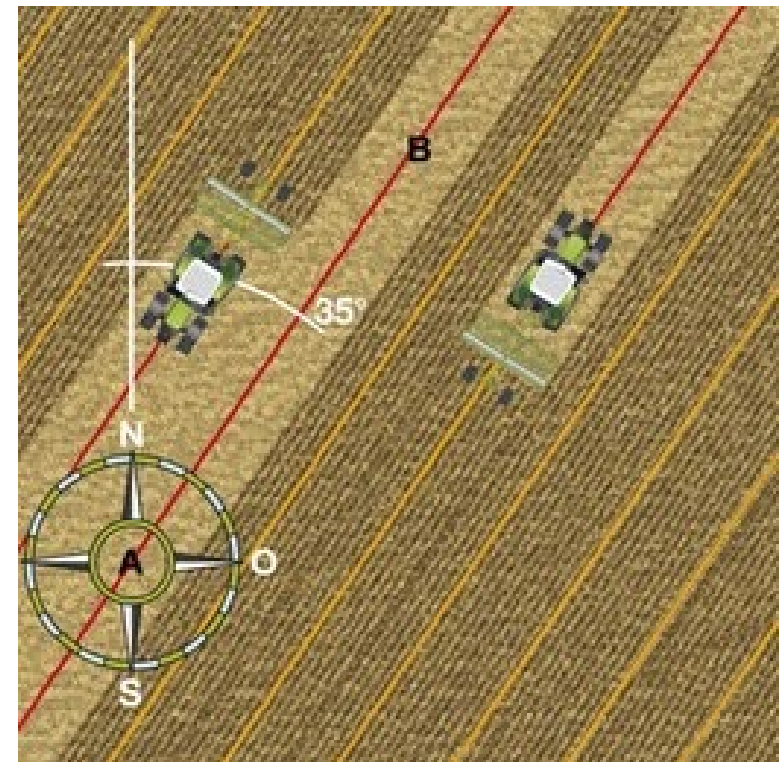


# Führungsart: A+ Winkel Modus

- » Gleiche Möglichkeiten wie im A – B Modus
- » Zum Punkt A wird, anstatt zum Punkt B, ein Winkel gegenüber Norden eingegeben
- » Geeignet um schräg zur „Normalspur“ zu arbeiten, z.B. 1. Stoppelsturz



Quelle: Ackerbaubetrieb Rauth



Quelle: Claas

# Führungsart: A+ Winkel Modus Anwendung

- » Fahrspur wird durch das Setzen des Punkt A + entsprechenden Winkel zu Norden ermittelt
- » alle weiteren Fahrspuren werden in gleichmäßigem Abstand (entsprechend der eingestellten Arbeitsbreite) zur ersten Fahrspur verlaufen
- » durch Bearbeitung jeder zweiten Spur können enge Wendemanöver vermieden werden
- » Arbeiten mit mehreren Maschinen mit gleicher Arbeitsbreite auf einem Schlag möglich



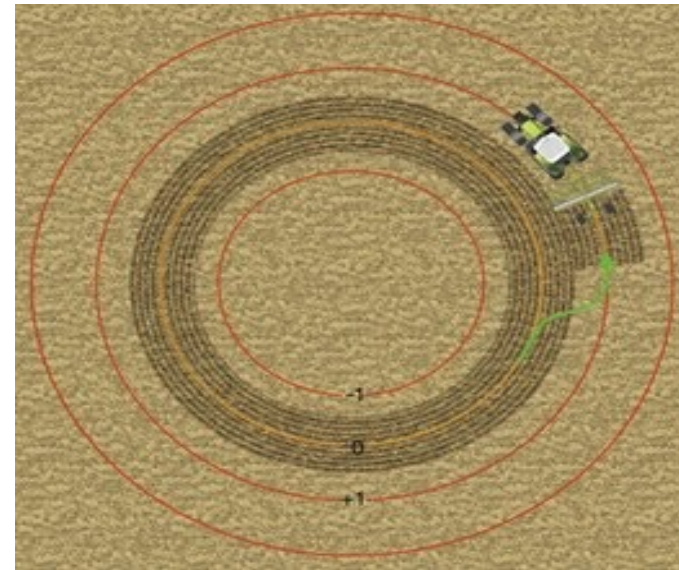
Quelle: Amazone

# Führungsart: Kreis Modus

- » erste Kreisspur aufzeichnen und zu beiden Seiten hin arbeiten
- » alle weiteren Durchgänge werden in gleichmäßigem Abstand (entsprechend der eingestellten Arbeitsbreite) zur ersten Spur verlaufen
- » um Felder zu bearbeiten, die mit einer Kreisberegnungsanlage ausgestattet sind



Quelle: Landwirtschaft-Sachsen

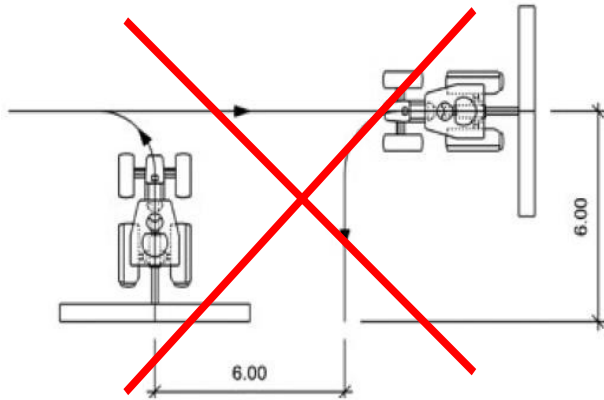


Quelle: Claas

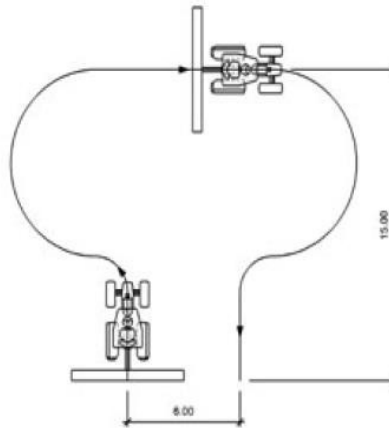


# Wendestrategien durch Spurführung

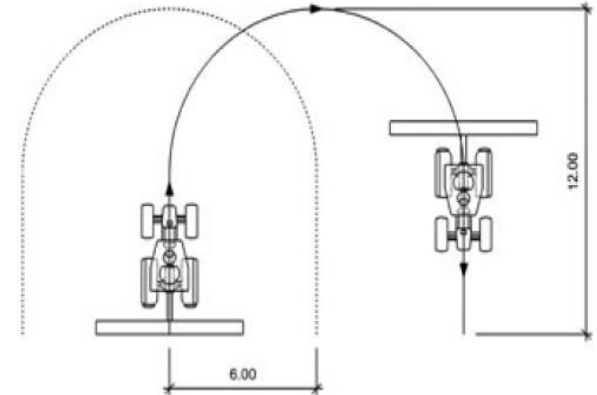
## Schwalbenschwanzform



## Omegaform



## Beetmodus



Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich

Wendestrategie hat großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit!

# Omegaform mit vollautomatischen Wendevorgang



- » kürzerer Wendevorgang und exaktes Einspuren
  - › erhöhte Flächenleistungen
- » Wenden in einem Zug – ohne Vorwärts- / Rückwärtsfahren
  - › schont den Boden
  - › Verringerung der Pflanzenschäden
  - › Fahrer wird zusätzlich entlastet



Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich

# Beetmodus mit vollautomatischen Wendevorgang



Quelle: Claas



# weiterer Nutzen der Spurführung

Fahren bei schlechter Sicht und bei Nacht



Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich

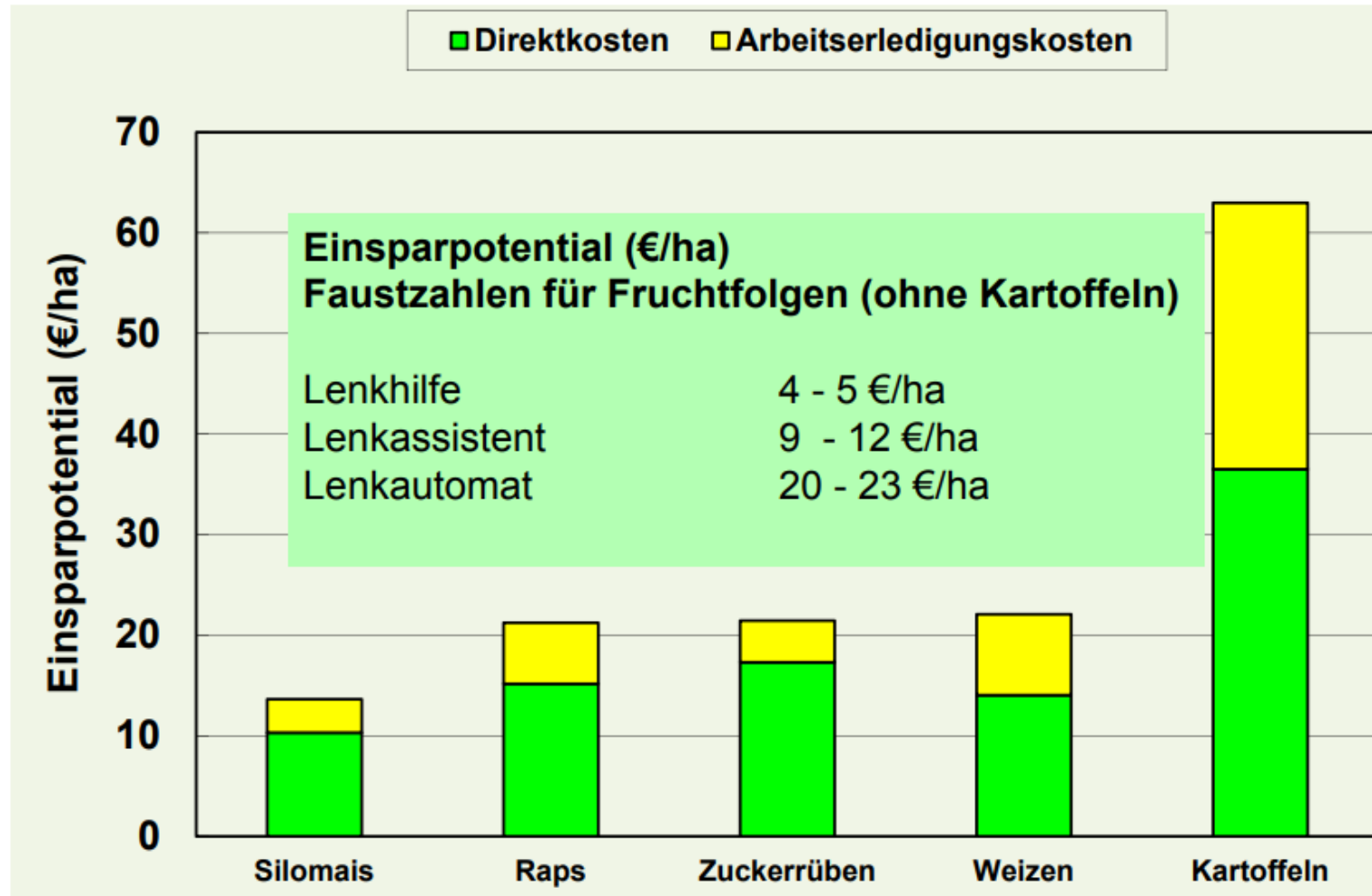
# Nutzen der Spurführung???



Quelle: WEMAG

# Einsparpotentiale Lenksysteme

Datenquelle: KTBL; 5 ha-Schläge; AB: 3m / 18m



Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Stand 2013)



# Ziele und Nutzen der Lenksysteme

## » **Betriebskosten optimieren**

- » Reduzierter Betriebsmitteleinsatz
- » Bessere Maschinenauslastung
- » Höhere Flächenleistung
- » Einsatz weniger geübter Fahrer
- » Gleichzeitige Flächenberechnung / Dokumentation möglich

## » **Arbeitsqualität erhöhen**

- » Volle Auslastung der Arbeitsbreite (keine Überlappung/Fehlstellen)
- » Gesicherte Optimalspur
- » Konzentration des Fahrers auf die Maschineneinstellung
- » Exaktes Fahren bei schlechter Sicht
- » Neue Fahrstrategien möglich ( Beete anlegen, keine engen Wendemanöver)

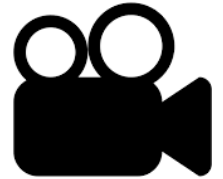
# Kosten für Parallelfahrssysteme

| Lenksystem    | Referenzsignal    | Genauigkeit (cm) | Preis (€)    |
|---------------|-------------------|------------------|--------------|
| Lenkhilfe     | Satellit          | $\pm 30$         | 800-2.500    |
| Lenkassistent | Satellit oder RTK | $\pm 20$         | 4.000-15.000 |
| Lenkautomat   | RTK               | $\pm 2,5$        | 8.500-40.000 |

Quelle: KTBL-Heft 96 „Parallelfahrssysteme“ (Stand 2013; Eigene Darstellung)

- » Kosten für die Antenne mit Empfänger, Navigationsrechner, bei Lenkautomaten für die Kopplung mit der Lenkung
- » Direkter Kostenvergleich meist nicht möglich (feste und variable Kombinationen der Komponenten)
- » Große Preisspannen neben der Genauigkeit durch:
  - › Displaygröße
  - › Funktionalität

# Kosten und Nutzen von Parallelfahrssysteme



- » Systeme werden kostengünstiger
- » Mit dem geringstmöglichen Aufwand das volle Ertragspotential eines Standortes nutzen → absolut gleichmäßige Arbeitsqualität über die Fläche
- » Parallelfahrssysteme erhöhen die Einsatzzeiträume
- » **Kosten werden in Zukunft vernachlässigt, da Arbeitsentlastung im Vordergrund steht !!!**
  - › Arbeiten auch bei schlechten Sichtbedingungen möglich (nachts, Nebel, Staub)
  - › Komfortansprüche sind nicht immer monetär zu beurteilen
  - › Wer verzichtet heutzutage auf eine Klimaanlage !!?
  - › Sozialer Nutzen



# Einfaches Bsp. Bodenbearbeitung – 6m Grubber

- » 10% Überlappung = 60cm Doppelbearbeitung
- » Reduktion der Überlappung durch RTK von 60cm auf 2.5cm
- » Genutzte Arbeitsbreite erhöht sich von 5,4m auf 5.98m
- » Für 1ha ist eine Verkürzung des Weges von 1852m Weg auf 1674m möglich (Diff. 178m)
- » Einsparung 9.6%
- » Bei variablen Arbeitserledigungskosten von 40.60 €/ha
- » **Einsparung von 3.90 €/ha**

*Nutzen ist immer abhängig vom Einsatzspektrum  
(Intensität der Anwendung)!*

Quelle: KTBL

# Was ist bei der Anschaffung eines Lenksystems zu beachten?

- » Für welche Arbeiten möchte ich das Lenksystem wirklich aktuell aber auch in Zukunft nutzen?
- » Wo setze ich das System ein? Verfügbarkeit der jeweiligen Korrektursignale abklären?
- » Welcher Anbieter des Korrektursignals? (sonst eigene Basisstation)
- » Angebote einholen und prüfen! Nicht nur der Preis ist entscheidend!!!
  - › wie steht es mit der „Aufrüstbarkeit“ der Systeme aus?
- » Nutzen ist immer abhängig vom Einsatzspektrum und der Betriebsstruktur
- » Je höher die Arbeitsbreite und je genauer das Signal, desto höher die Einsparung
- » Ist eine gemeinsame Nutzung mit anderem Betrieb möglich?
- » Ist ein zuverlässiger Service gegeben?
- » Das Lenken der Maschine beansprucht 60% der Aufmerksamkeit

## 4. Wovon ist die Genauigkeit auf dem Acker abhängig? – Präzises Lenksystem allein reicht nicht aus!

- » [GNSS-Signalfehler](#)
- » [Korrektursysteme](#)
- » Umgebungsbedingte Störungen
- » Parallelfahrssystem
- » Benutzer



Quelle: Elektroniknet

# Umgebungsbedingte Störungen

» GPS-Genauigkeit bedeutet nicht, dass diese Genauigkeit auch erzielt wird, da zahlreiche äußere Faktoren die Signallage beeinflussen

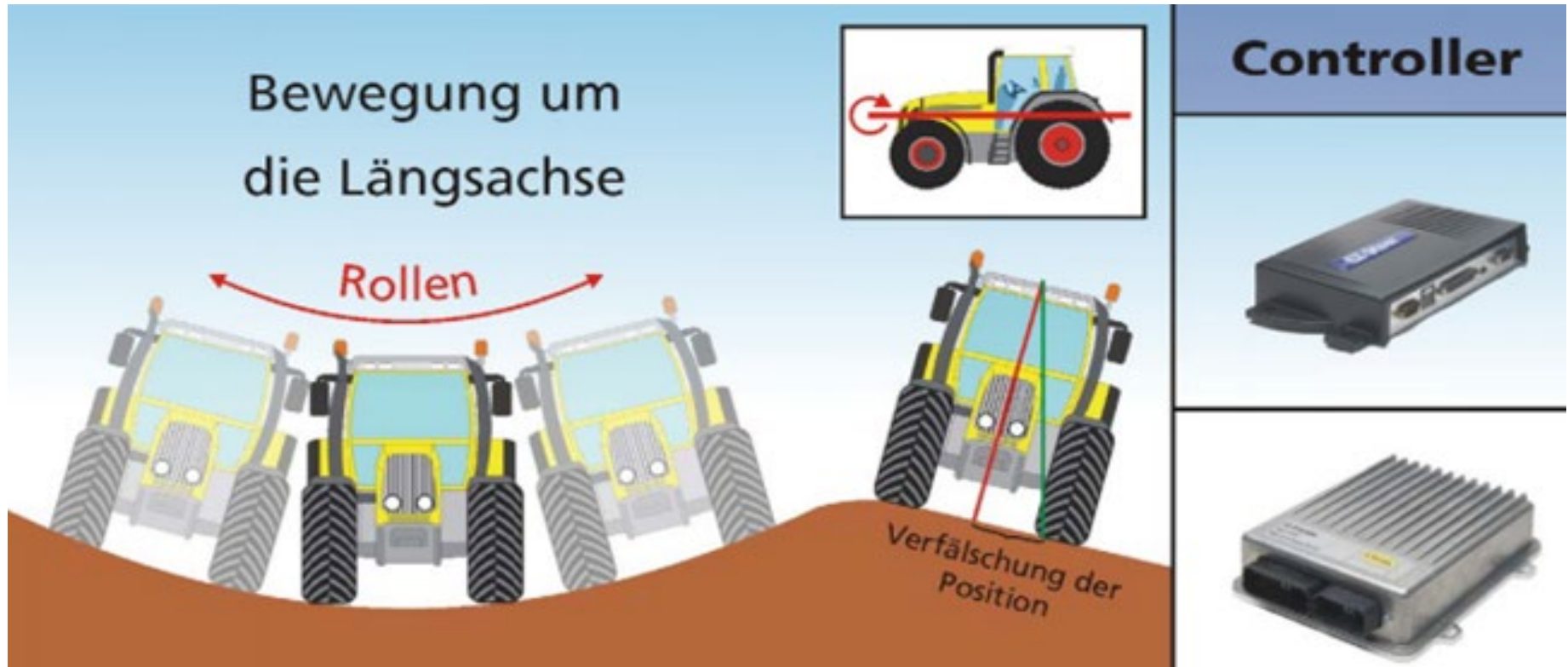
- a) Neigung des Traktors am Hang
- b) Abdrift der Anbaugeräte
- c) GNSS-Signal-Mehrwegeeffekte
- d) Abschattung
- e) Störwellen



Quelle: Giga



## a) Neigung des Traktors am Hang



Quelle: Geo-Konzept

- » Für optimale Genauigkeit und für die exakte Gerätesteuerung ist die Korrektur von Hoch- und Querachse zusätzlich erforderlich!

## b) Abdrift der Anbaugeräte

» Bei Hangneigung driftet Anbaugerät ab und Zugmaschine kann die Position nicht durch die Positionskorrektur korrigieren

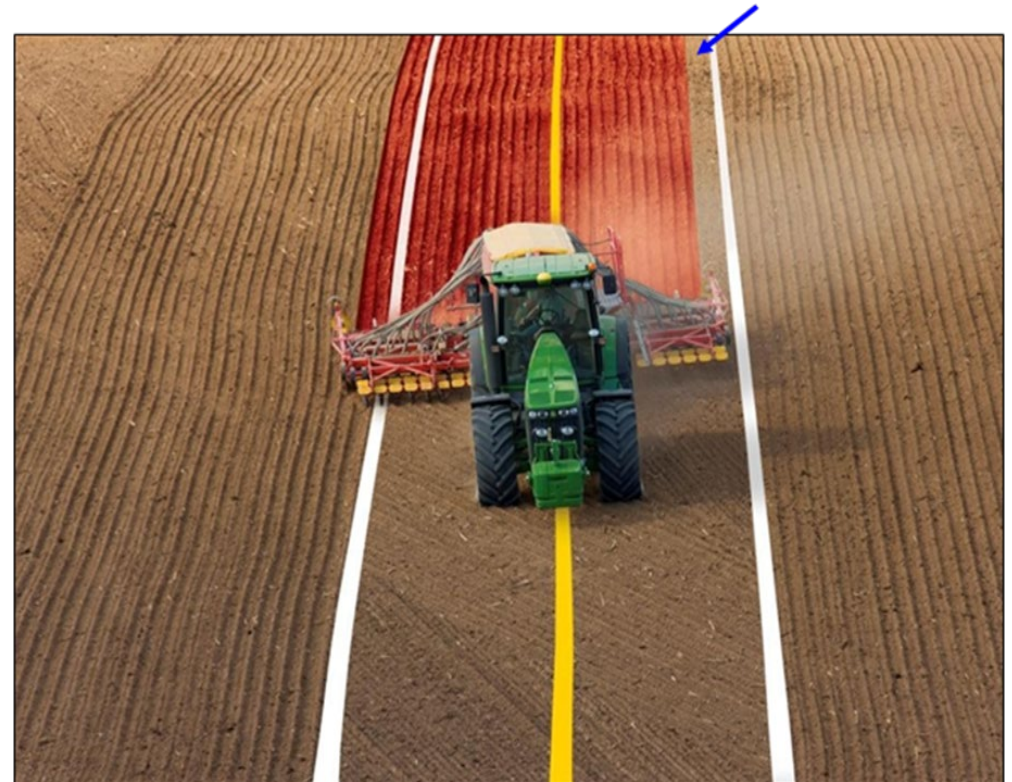
» Fehlstehlen und Überlappungen

Geräteabdrift im hügeligen Gelände

» **Lösungen:**

(1) Passive Anbaugerätesteuerung

(2) Aktive Anbaugerätesteuerung



Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich

# Lösung (1) - Passive Anbaugerätesteuerung



Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich

**GPS Antenne am Traktor und Gerät:** Gerät hält die Spur – keine Fehlstellen und Überlappung – Neigungskompensation erforderlich (*Ausgleich durch den Traktor*)



# Lösung (2) - Aktive Anbaugerätesteuerung

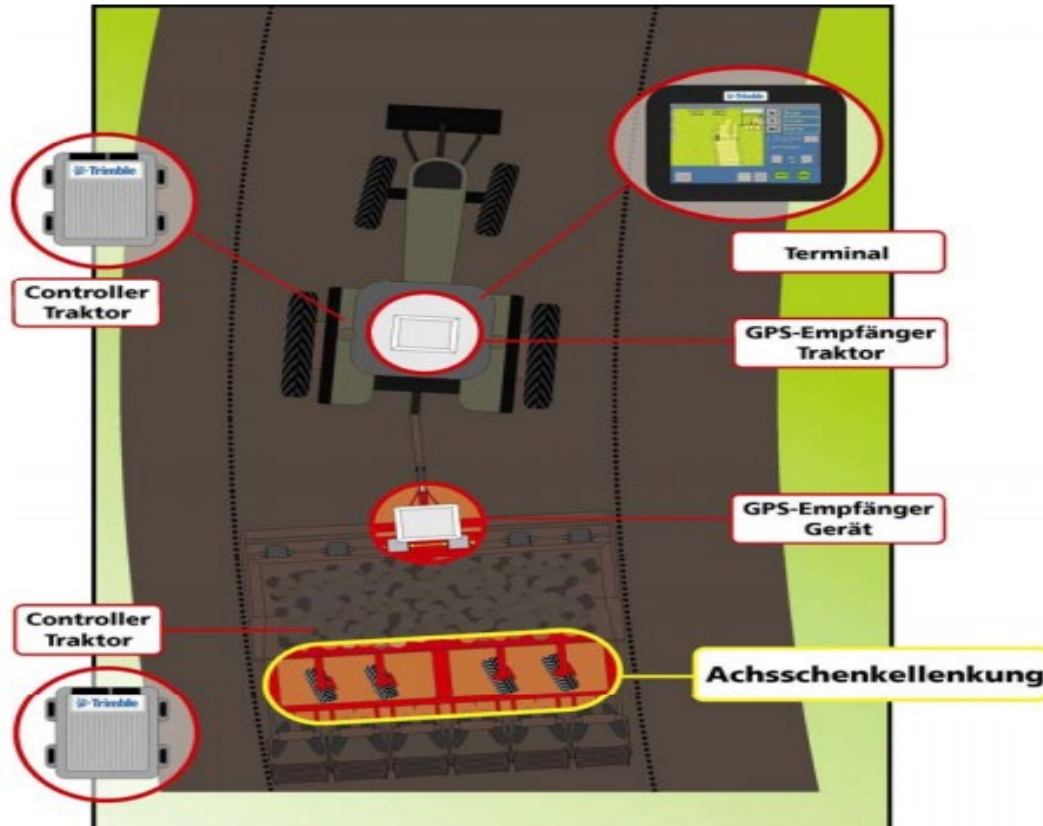


Quelle: John Deere

**GPS Antenne am Traktor und Gerät:** Gerät hält die Spur – keine Fehlstellen und Überlappung – Neigungs- und Lenkwinkelsensor erforderlich  
(Ausgleich durch aktive Lenkung des Gerätes durch Unterlenker, Lenkachse, Deichsel, Verschieberahmen)



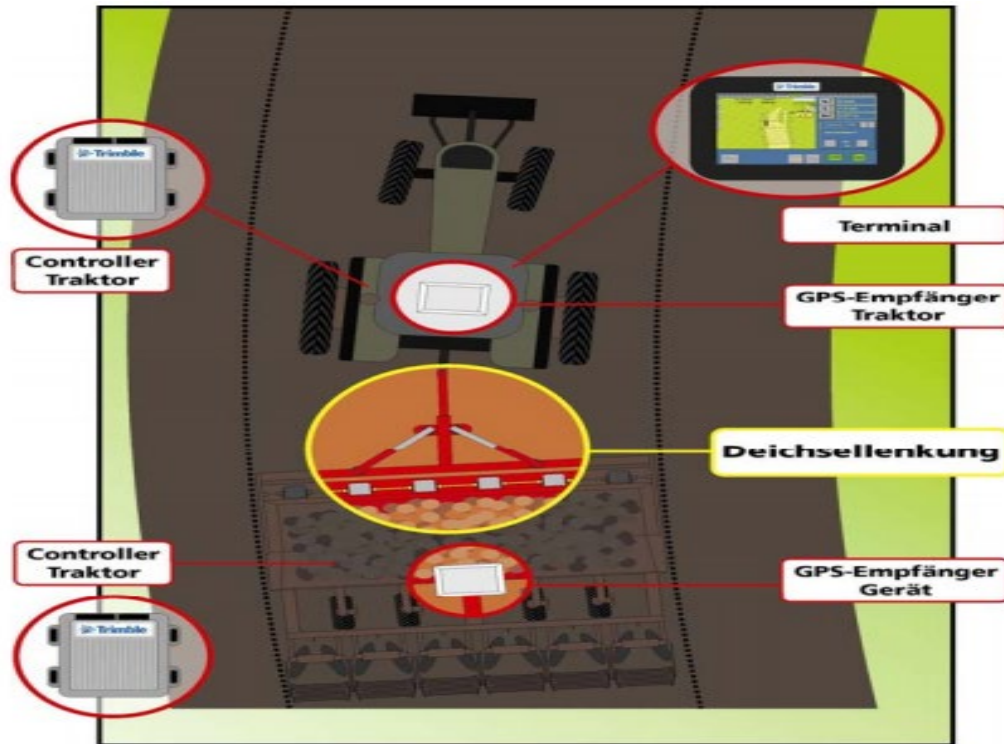
# Aktive Anbaugerätesteuerung (Achsschenkelenkung)



Quelle: Geo-Konzept

Räder der Achse des Anbaugerätes werden aktiv gelenkt und halten die Spur

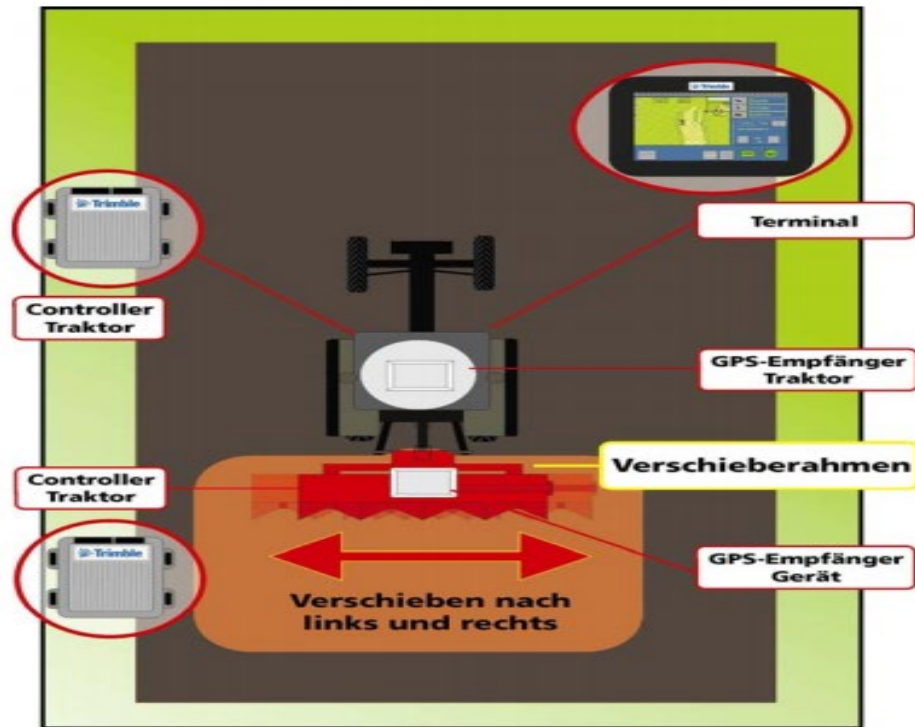
# Aktive Anbaugerätesteuerung (Deichsellenkung)



Quelle: Geo-Konzept

- » Zugdeichsel mit einem hydraulischen Steuerzylinder
- » Deichselsteuerung arbeitet mit zwei auf der Deichsel angebrachten Sensoren, die jederzeit den Winkel der Deichsel gegenüber dem Schlepper angeben

# Aktive Anbaugerätesteuerung (Verschieberahmen)



Quelle: Geo-Konzept

- » Verschieberahmen beidseitig über Dreipunktaufnahme ausgestattet
  - › Rahmen kann flexibel und mit geringen Aufwand an verschiedenen Schleppern und Anbaugeräten angebaut werden
  - › Gelenkt wird der hydraulische Verschieberahmen und somit das Anbaugerät
  - › Zugfahrzeug kann mit oder ohne Lenksystem ausgestattet werden
- » Einsatz im Weinbau und Sonderkulturen

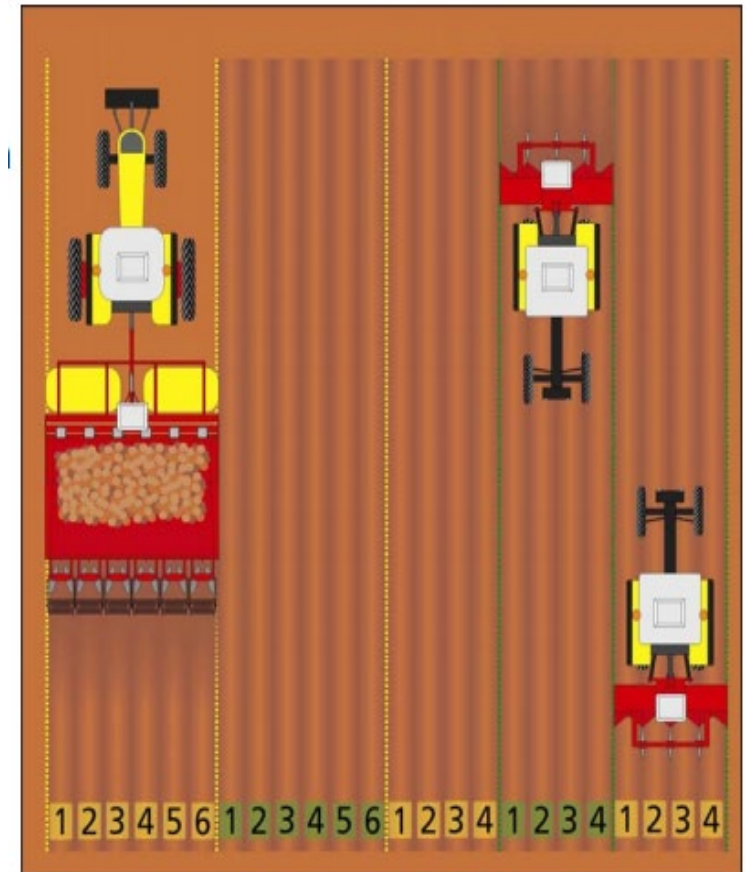
# Nutzen - Anbaugerätesteuerung

## » Einsparung von Maschinenkapazitäten

- › Steigerung der Flächenleistung
- › Unabhängigkeit von Arbeitsbreiten
- › Höchste Präzision am Hang

## » Geringere Hackverluste

- › Einsparung von Herbiziden
- › Steigerung der Arbeitsqualität
- › Steigerung des Ertrags
- › Steigerung der Marktleistung

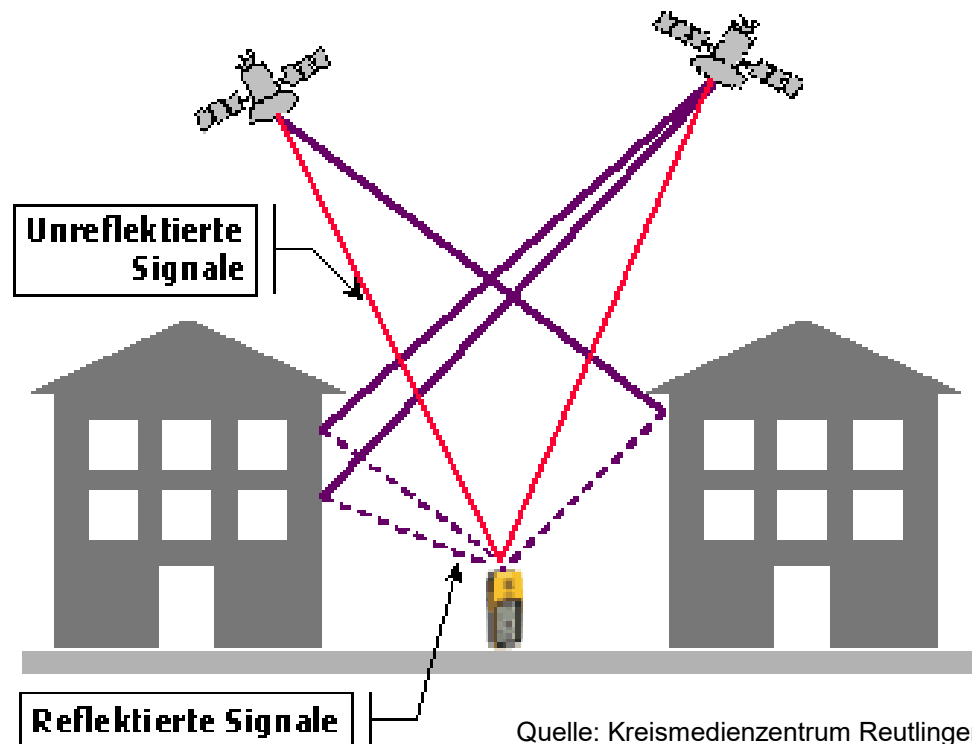


Quelle: Geo-Konzept



## c) GNSS-Signal-Mehrwegeeffekte

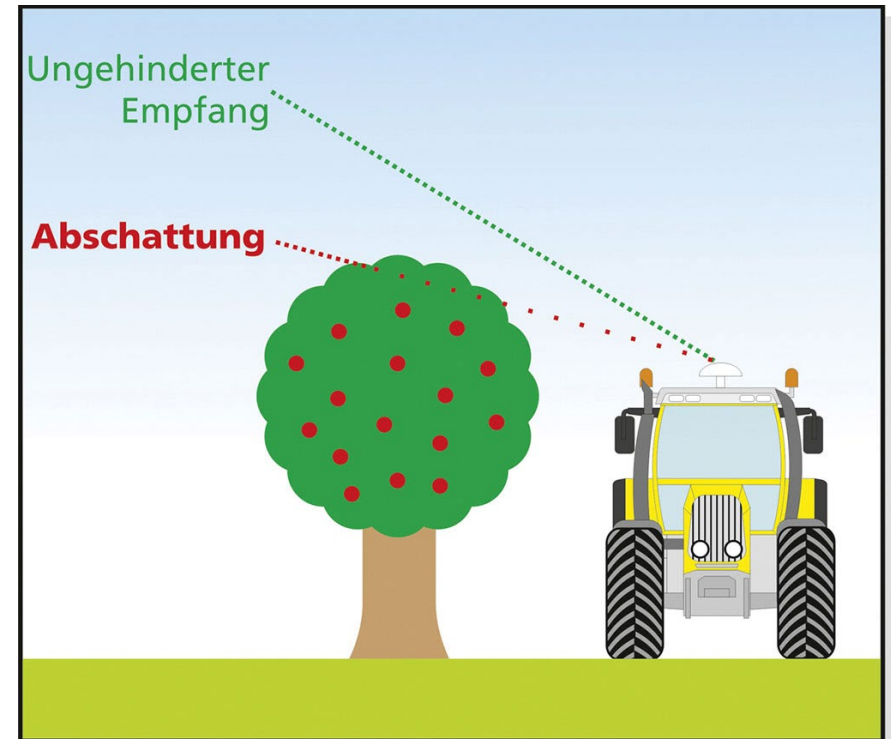
- » Mehrwegeeffekt (multipath error)
- » Satellitensignale werden an Gebäuden oder Bergen reflektiert
- » Signale erreichen zeitversetzt Empfänger
  - › Positionsfehler



## d) Abschattung

*Phänomen: „Je weiter nördlich man sich befindet, desto ungenauer wird mein GNSS-Gerät“*

- » Abschattung bei satellitengestützten Korrektursysteme durch Hügel, Bäume,...
- » Geostationärer Satellit befindet sich über dem Äquator
  - › wird der Winkel über dem Horizont flacher erhöht sich die Wahrscheinlichkeit der Abschattung des Signals Richtung Norden deutlich



Quelle: DLG-Merkblatt 388: Satellitenortungssysteme (GNSS) in der Landwirtschaft

## e) Störwellen

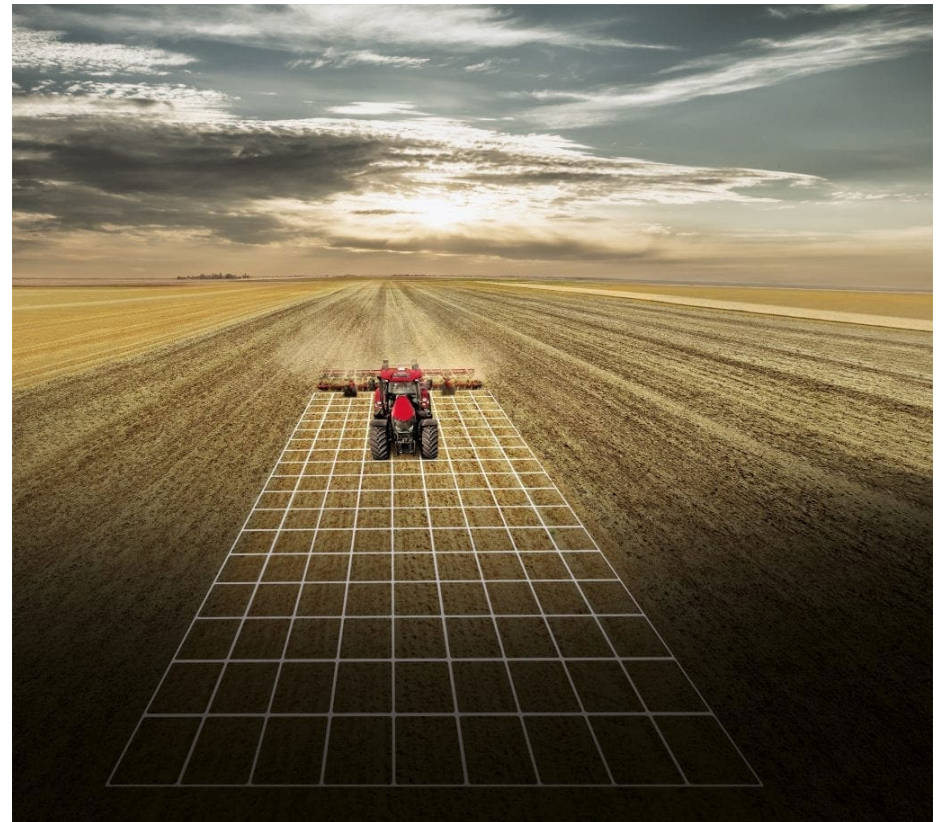
- » An Hochspannungsleitungen kann der Navigationsrechner gestört werden
- » Elektromotoren, die die Kabinenlüftung antreiben, können Störwellen senden
- » Störwellen lassen sich kaum ausschließen



Quelle: Elektronikpraxis Vogel

# Parallelfahrssystem

- » Genauigkeit abhängig vom:
  - › Lenksystem (Manuelles System, Lenkassistentensystem, Lenkautomat)
  - › GNSS-Sensor
  - › Korrektursignal
- » Präzisestes Lenksystem (Lenkautomat) unpräzise ohne genaues Referenzsignal



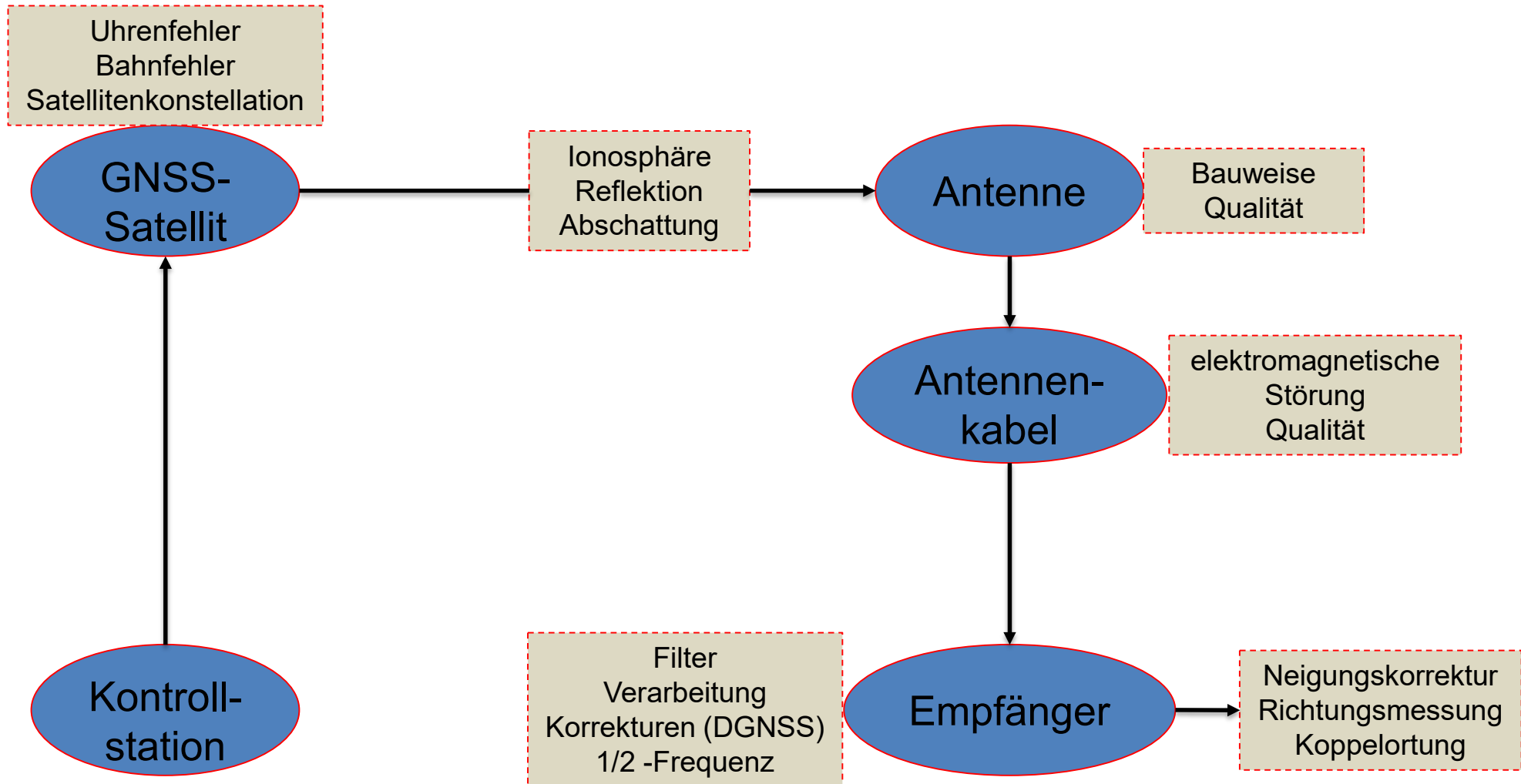
Quelle: Steyr Center Nord



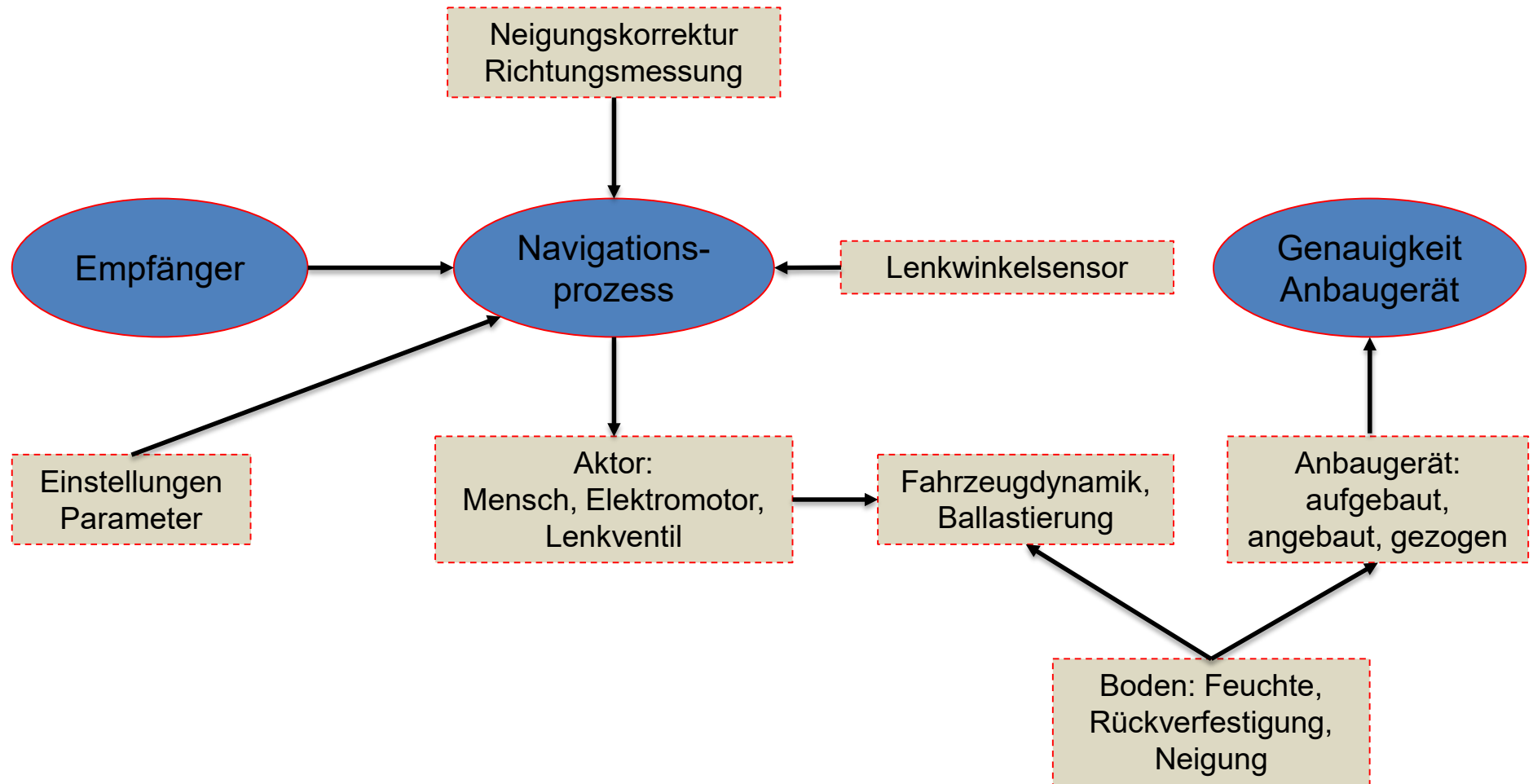
# Benutzer – Fehlerquelle zwischen Sitz und Lenkrad

- » Falsche Positionierung des GNSS-Empfänger (mittig?)
- » Falsche Dateneingabe im Spurführungsdisplay
  - › Abstand und Position des GNSS-Empfänger zum Arbeitsgerät
  - › Anbau des Gerät (angebaut, aufgebaut, gezogen)
  - › Arbeitsbreite/Führungsbreite
  - › Führungsart des Lenksystems
- » Genauigkeit des GNSS-Empfänger – Korrektursignal – Lenksystem passt nicht zusammen
  - › Bsp.: Einfrequenz-GNSS-Empfänger mit Korrektursignal über geostationäre Satelliten und Lenkautomat

# Signalweg von der Kontrollstation zum GNSS-Empfänger



# Signalweg vom Empfänger zum Anbaugerät (Lenksystem)



Quelle: Patrick Ole Noack „Precision Farming“ (Eigene Darstellung)