



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences



# Status Quo der autonomen Traktorentwicklung

Abendveranstaltung des VDI Bezirksvereins Köln

4. Dezember 2024

Roger Stirnimann

# Inhalt

- ▶ Ein paar grundlegende Dinge vorweg...
- ▶ Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte
- ▶ Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Status Quo der autonomen Traktorentwicklung – wo finden wir sie in der Praxis?

### ► Was ist eigentlich ein Traktor?

 Wikipedia  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Traktor> ▼

### Traktor – Wikipedia

Ein Traktor (Mehrzahl Traktoren, englisch Tractor, von lateinisch trahere ‚ziehen‘, bzw. ‚schleppen‘), auch Trecker, Ackerschlepper, Schlepper oder Bulldog, **ist eine Zugmaschine, die in der Landwirtschaft zum Ziehen und zum Antrieb landwirtschaftlicher Maschinen benutzt wird.** Da Traktoren ... [Mehr anzeigen](#)

Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

Status Quo der autonomen Traktorentwicklung – wo finden wir sie in der Praxis?

► Was ist eigentlich ein Traktor?

Quelle: Farmdroid



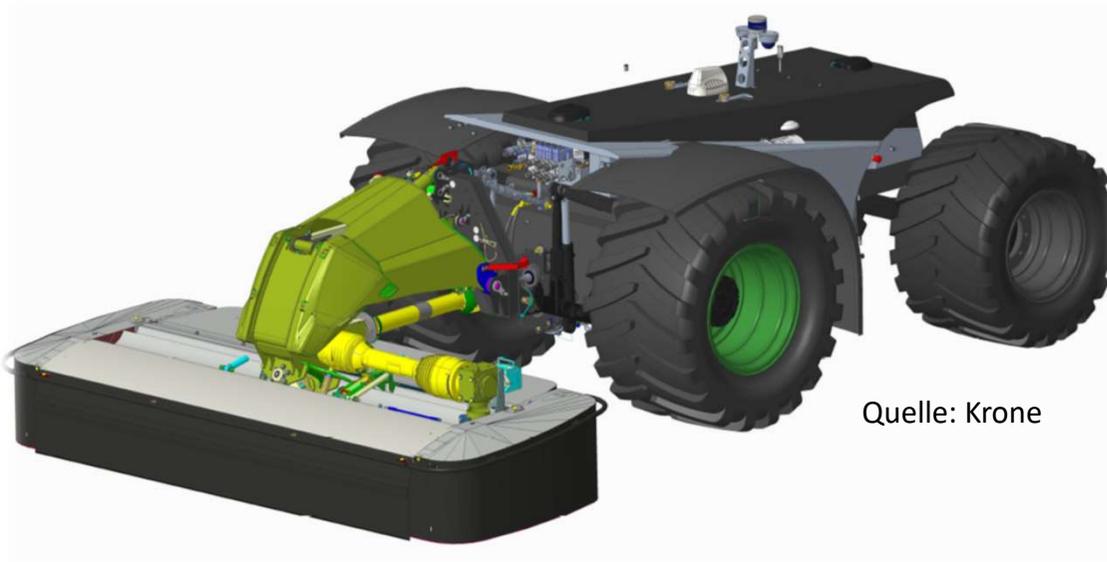
Quellen: Horsch



Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Status Quo der autonomen Traktorentwicklung

- ▶ Was ist eigentlich ein Traktor?



Quelle: Krone



Quelle: Kubota



Quelle: John Deere

Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

**Status Quo der autonomen Traktorentwicklung – wo finden wir sie in der Praxis?**

- ▶ Was ist eigentlich ein Traktor?



Quelle: AgXeed



Quelle: Monarch

Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

**Status Quo der autonomen Traktorentwicklung – wo finden wir sie in der Praxis?**

- ▶ **Wann ist ein Fahrzeug eigentlich autonom?**

Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

### Stufe 0: Driver Only



**Der Fahrer übernimmt die Steuerung** vom Start bis zum Ziel dauerhaft. Trotz Unterstützung durch verschiedene Systeme wie z. B. ABS gilt für das Fahrzeug die Stufe 0.

Quelle:

<https://www.swarco.com/de/mobilitaet-der-zukunft/autonomes-fahren/autonomes-fahren-level>

# Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

### Stufe 1: Assistiertes Fahren



- Der Fahrer übernimmt die Steuerung.
- Der Verkehr muss kontinuierlich im Blick behalten werden.
- Für bestimmte Unfälle, Schäden und Verstöße gegen die Verkehrsordnung haftet der Fahrer.
- Unterstützung durch einzelne Assistenzsysteme sind möglich.

Stufe 1 ist **Bestandteil des Alltags**. Fahrassistenzsysteme wie Tempomat, Spurwechselassistent bzw. Spurhalter (LKAS) oder automatischer Abstandsregeltempomat (ACC) sorgen dafür, dass die **gewählte Geschwindigkeit beibehalten** wird, das Auto genau in der Spur bleibt und genügend Abstand zwischen zwei Fahrzeugen eingehalten wird.

Diese Systeme **greifen aber nur begrenzt ein**. Daher bleibt die Kontrolle und damit auch die Verantwortung immer beim Fahrer.

# Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

### Stufe 2: Teilautomatisiert



- Der Fahrer übernimmt die Steuerung.
- Der Verkehr muss kontinuierlich im Blick behalten werden.
- Für bestimmte Unfälle, Schäden und Verstöße gegen die Verkehrsordnung haftet der Fahrer.
- Das Fahrzeug greift unter bestimmten Bedingungen kurzfristig ein, bremst und beschleunigt.

In Stufe 2 kommen bereits **weiterentwickelte Funktionen** zum Einsatz. Darunter fallen Lenk- und Spurführungsassistent, Stauassistent oder ferngesteuerter Parkassistent. Diese **erleichtern den Verkehrsalltag**, indem sie auf der Autobahn selbstständig die Spur halten, bremsen, beschleunigen oder sogar automatisch und ohne Zutun des Fahrers in enge Parklücken einparken.

Fahrerassistenzsysteme der Stufe 2 können das Steuer teilautomatisiert übernehmen. Das bedeutet allerdings nicht, dass der Fahrer die Aufmerksamkeit vom Verkehrsgeschehen abwenden darf. Er behält jederzeit die Kontrolle und damit die Verantwortung für die Sicherheit im Verkehr.

# Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

### Stufe 3: Hochautomatisiert



- Der Fahrer darf die Aufmerksamkeit kurzfristig vom Verkehr abwenden.
- Der PKW fährt je nach Modell und Hersteller-Angaben zu einem gewissen Maß selbstständig.
- Der Fahrer muss nach Aufforderung des Systems schnell wieder die Kontrolle übernehmen können.
- Fahrer tragen nur dann die Verantwortung, wenn sie den Hinweis des Systems ignorieren.

In Fahrzeugen, die über das dritte Level für autonomes Fahren verfügen, müssen Fahrer zwar noch immer hinter dem Lenkrad sitzen, **dürfen aber abgelenkt sein**. Das bedeutet, dass beispielsweise **Telefonieren oder Filmschauen erlaubt** sind. In kritischen Situationen, z. B. Umleitungen oder Engpässen bei Baustellen, wird das System den Fahrer darauf aufmerksam machen, dass das Steuer wieder zu übernehmen ist.

Hier ergeben sich **rechtliche und ethische Fragen**. Das System gibt normalerweise dann Alarm, wenn eine Situation, die es nicht einschätzen kann, kurz bevorsteht. Die Zeit, die dem Fahrer bleibt, um wieder das Steuer zu übernehmen, ist aber zu kurz, als dass der Lenker die Situation **vollständig evaluieren** könnte. Reagiert der Fahrer nicht, wird der Warnblinker aktiviert und das Fahrzeug abgebremst.

# Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

### Stufe 4: Vollautomatisiert



- Der Fahrer muss nicht steuern, sondern kann vollständig zum Passagier werden.
- Fahrer müssen dennoch fahrtüchtig sein und im Notfall das Steuer übernehmen können.
- Das Fahrzeug kann auf bestimmten Strecken (z. B. Autobahn) vollständig autonom agieren (auch ohne Insassen).
- Das System kennt seine Grenzen und ist jederzeit bereit, regelkonform zum sicheren Zustand zu kommen.
- Fahrer bzw. Passagiere haften während der Fahrt nicht für Verstöße gegen die Verkehrsordnung oder Schäden

Autonomes Fahren in höheren Klassen **bietet markant mehr Komfort** als die Fahrt in herkömmlichen Fahrzeugen. Passagiere dürfen sogar schlafen, das Smartphone verwenden, lesen oder Schach spielen.

Stufe 4 ist als Vorstufe zum vollständig autonomen Fahren zu betrachten: Das Fahrzeug kann bereits **fast selbstständig durch den Straßenverkehr navigieren** und verfügt über Systeme, die komplexere Verkehrssituationen einschätzen und entsprechend handeln können.

Der Fahrer sollte dennoch dazu in der Lage sein, das Steuer zu übernehmen. Da Schlafen am Steuer aber erlaubt ist, kann es vorkommen, dass der Fahrer nicht reagiert. In diesem Falle wird die Warnblinkanlage aktiviert und **das Fahrzeug in einen sicheren Zustand überführt** (z. B. Parken).

## Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

### Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

#### Stufe 5: Autonom



- **Es gibt keine Fahrer mehr, nur noch Passagiere.**
- Das Auto bewegt sich auch ohne Insassen durch den Verkehr.
- Die Systeme sind in der Lage, alle Verkehrssituationen einzuschätzen und sicher zu durchqueren.
- Die Passagiere sind nicht verantwortlich für Schäden oder Verstöße gegen die Verkehrsordnung.

Anders als bei den anderen Stufen ist bei Level 5 **kein fahrtüchtiger Lenker mehr erforderlich**. Daraus ergeben sich die größten Vorteile des autonomen Fahrens, z. B. die aktive Teilnahme von Menschen im Straßenverkehr, die aufgrund eines Handicaps nicht fahren können, bzw. dürfen.

## Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

### Die 5 (oder 6) Stufen der Automatisierung (nach Noger)

- ▶ Passt für Strassenfahrzeuge (PKW, LKW), die auf festen Strassen mit Markierungen und Verkehrsschildern von A nach B fahren!
- ▶ Aber passt das auch für Landmaschinen?
- ▶ Handelt es sich beim «Objekt» auf dem nebenstehenden Bild um ein automatisiertes oder um ein autonomes Fahrzeug... oder sogar «nur» um ein ferngesteuertes Fahrzeug?



Quelle: Reichhardt

## Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

### Autonomie in der Landwirtschaft/Landtechnik

- ▶ Was heute als Autonomie angesehen wird, ist oft «nur» Automatisierung
- ▶ **Beispiel: Traktor mit Arbeitsgerät auf dem Feld**  
Spurführungssystem und Headland-Management-System, Automatisierung von wiederkehrenden Abläufen, Fahrer ist aber weiterhin erforderlich
- ▶ Ziel: Leistungspotenziale der Maschinen ausnützen, Fahrereinfluss verringern (Ermüdung)

**„Echte“ Autonomie würde bedeuten, fahrerlos unterwegs zu sein...  
... vor der Autonomie braucht es aber die Automatisierung!**

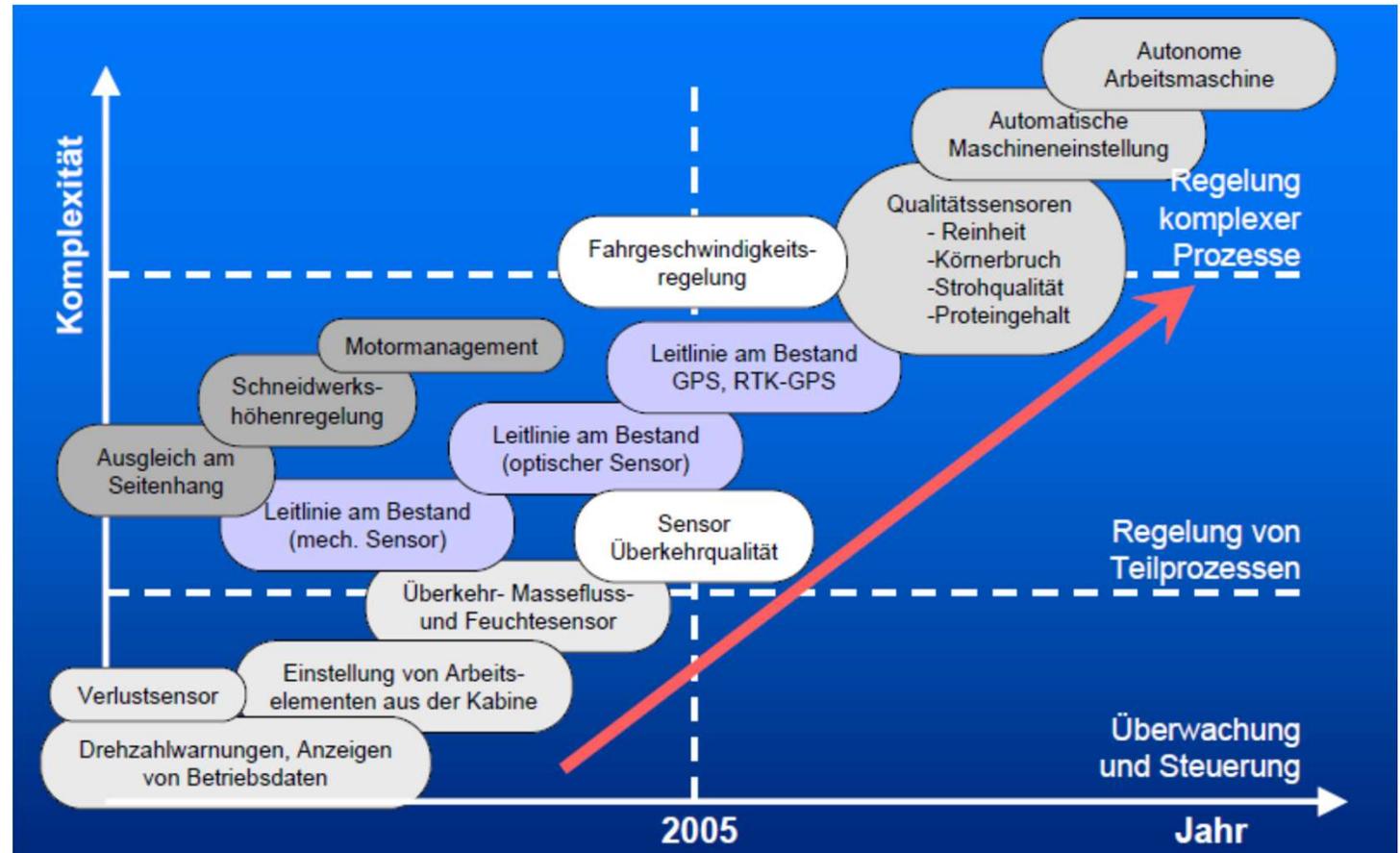


Quelle: John Deere

# Ein paar grundlegende Dinge vorweg...

## Der Weg zur Autonomie beim Mähdrescher

- ▶ Was ist das Ziel?
- ▶ Heutiger Stand?



Quelle:  
Thomas Herlitzius (2005)

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## **Autonomie in der Landwirtschaft/Landtechnik**

- ▶ Maschinengrößen/-gewichte?
- ▶ Investitions-/Verfahrenskosten?
- ▶ Beherrschung der Komplexität?
- ▶ Fehlende Arbeitskräfte?
- ▶ ...

## Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

### Maschinengrößen/-gewichte: Ende der Fahnenstange erreicht?

- ▶ Traktor John Deere 9RX830: Gewicht der Grundmaschine: 33.5 t
- ▶ No-Till Air Drill John Deere N560F: Breite 18.3 m, Gewicht ohne Ballast 28.25 t
- ▶ Trailing Air Cart John Deere C850T (30 m<sup>3</sup>): Leergewicht 17 t
- ▶ Gesamtgewicht ohne Saatgut/Dünger: **79 t**

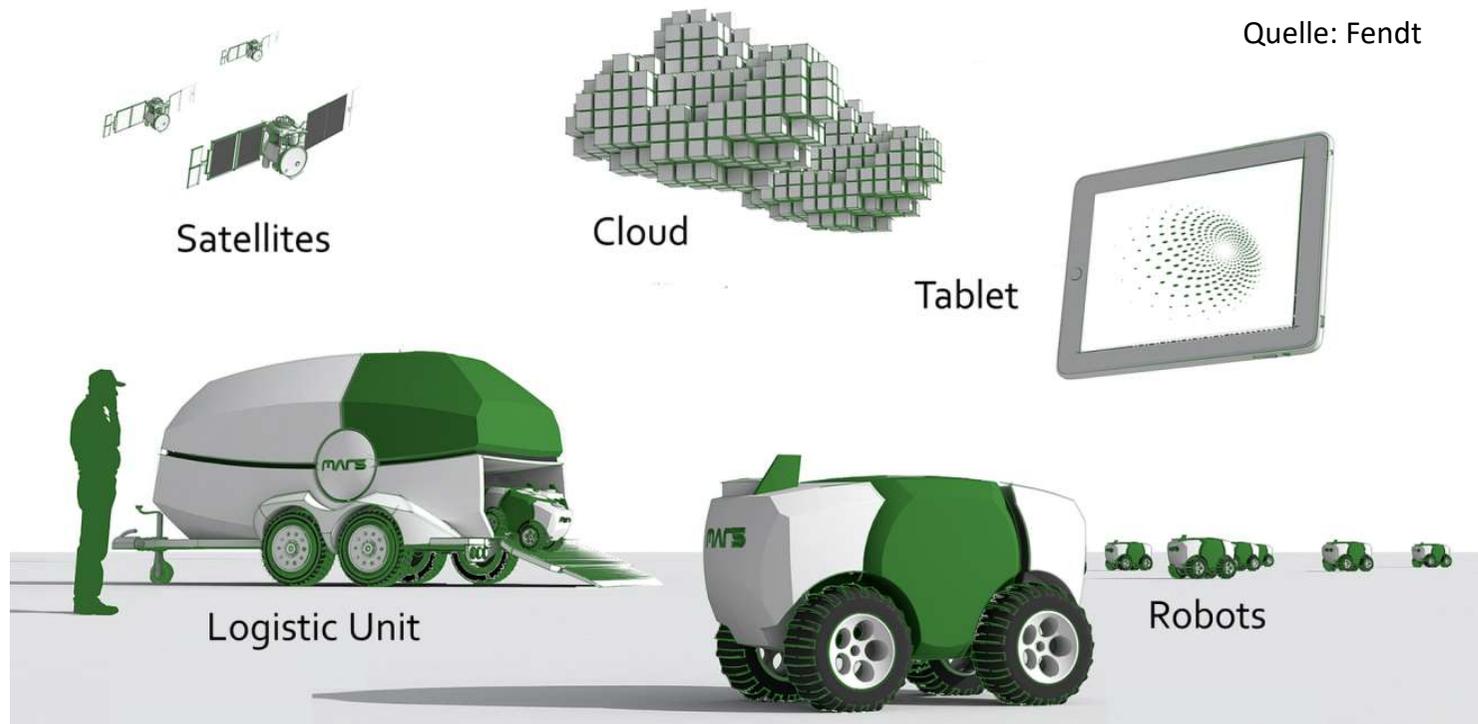
Quelle: John Deere



# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Maschinengrößen/-gewichte: Ende der Fahnenstange erreicht?

- ▶ Miniaturisierung als Gegenteil? Beispiel Fendt MARS (2017, später XAVER)



# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Maschinengrößen/-gewichte: Ende der Fahnenstange erreicht?

- ▶ Miniaturisierung als Gegenteil? Beispiel Fendt MARS (2017, später XAVER)

### Leitlinien für MARS

#### Vielzahl statt Größe

- Das bisherige Größenwachstum landtechnischer Maschinen und Geräte ist begrenzt – aber neue Wege werden möglich

#### Pflanzenbau statt Maschinenbau

- Für Nachhaltigkeit und Ertragswachstum müssen die agronomischen Anforderungen im Mittelpunkt stehen

#### Einfachheit statt Komplexität

- Autonomie robust und sicher umgesetzt – ohne teure Sensorik, komplexe Algorithmen, logistische Einschränkungen



Quelle: Fendt

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Maschinengrößen/-gewichte: Ende der Fahnenstange erreicht?

- ▶ Oder doch normale Traktor-/Gerätegrößen als Mittelweg?
- ▶ Autonomie ist nicht an die Maschinengröße gebunden...  
... und auch nicht an das Vorhandensein einer Kabine!



# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Maschinengrößen/-gewichte: Ende der Fahnenstange erreicht?

- ▶ Oder doch normale Traktor-/Gerätegrößen als Mittelweg?
- ▶ Follower-Leader-Prinzip als Mittelweg in Bezug auf Autonomie?



Quelle: Fendt

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Investitions-/Verfahrenskosten?

Aussage von Philipp Horsch zum Triebkopffahrzeug RO 1: „Wir lagen falsch – die autonomen Maschinen, die als Triebkopf einen Traktor ersetzen sollen, sind alles Totgeburten.“ Denn der Triebkopf sei nicht billiger als ein Fahrzeug mit Kabine und Fahrer. „Das ergibt keinen Sinn.“



Quelle: Horsch

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Investitions-/Verfahrenskosten?

Statement von Horsch: Autonomer Roboter RO G 500 mit 12'000 l Sätank: Künftig setzt Horsch hier auf möglichst einfache, möglichst günstige, autonome Maschinen. Das Produkt dafür ist der RO G 500, der auf riesigen Flächen in Brasilien zum Einsatz kommt und auf am Computer geplanten Fahrspuren das Feld abfährt



Quelle: Horsch

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Beherrschung der Komplexität?



Quelle: Bosch-Rexroth

# Treiber für autonome Fahrzeugkonzepte

## Fehlende Arbeitskräfte?



# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

## Verladen auf Anhänger



Quelle: Kuhn

# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

## Fahren auf eigenen Rädern als angehängtes Fahrzeug



Quelle: Krone

# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

## Fahren mit eigenem Antrieb auf eigenen Rädern/Raupen



Quelle: AgXeed

# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

## **Fahren mit eigenem Antrieb auf eigenen Rädern/Raupen**

- ▶ Pilotversuch in der Schweiz
- ▶ Projektpartner: Bundesamt für Strassen ASTRA, SEVRA, Landtechnik Schweiz, BFH-HAFL
- ▶ Versuchsfahrzeug: AgXeed AgBot 5.115T2

# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

## Fahren mit eigenem Antrieb auf eigenen Rädern/Raupen

- ▶ **Motivation hinter dem Pilotversuch:** Zukünftige Verschiebung von Feldrobotern im öffentlichen Raum mit Funkfernsteuerung, damit diese bei Feldwechseln nicht jedes Mal verladen werden müssen.
  
- ▶ **Versuchsfragen:**
  1. Wie lässt sich die Fahrgeschwindigkeit regulieren?
  2. Wie lässt sich das Fahrzeug über die Funkfernbedienung lenken?
  3. Eruiieren von möglichen Störeinflüssen auf die Funkverbindung
  4. Reaktionszeit nach Betätigen des Not-Aus-Schalters auf der Fernbedienung bis zum Stillstand des Roboters
  5. Prüfen von Geofencing-Möglichkeiten im öffentlichen Raum

# Logistikkonzepte für autonome Fahrzeuge ohne Kabine

## Fahren mit eigenem Antrieb auf eigenen Rädern/Raupen

### Rechtliche Grundlagen (Schweiz)

- ▶ Gemäss Strassenverkehrsgesetz (SVG) muss der **Lenker** das Fahrzeug jederzeit beherrschen können und hat die volle Verantwortung.
- ▶ Autonome Fahrzeuge ohne Lenker dürfen im öffentlichen Raum damit nicht fahren.
- ▶ Öffentlicher Raum: Hierzu zählen neben «normalen» Strassen auch Feldwege, Wälder und Weiden; Äcker und Heuwiesen hingegen nicht!
- ▶ Mit einer Umzäunung kann einem öffentlichen Raum die Zugänglichkeit entzogen werden.
- ▶ Im nicht-öffentlichen Raum kommt das SVG nicht zur Anwendung und die Verantwortung für Fahrzeuge liegt bei deren **Betreiber** (Haftpflichtversicherung erforderlich)