



Julius Kühn-Institut

Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Federal Research Centre for Cultivated Plants

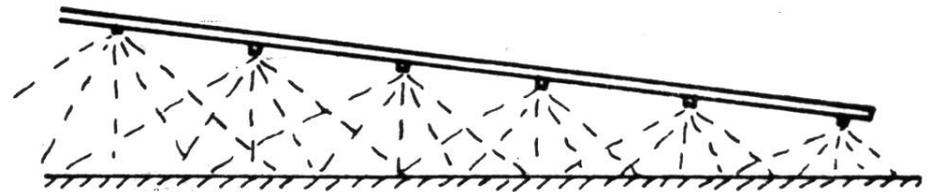
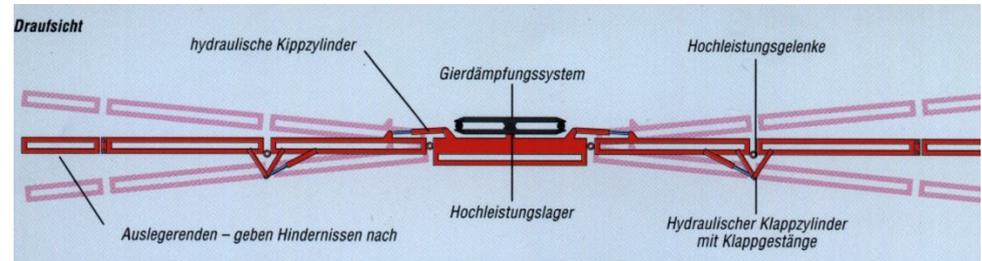
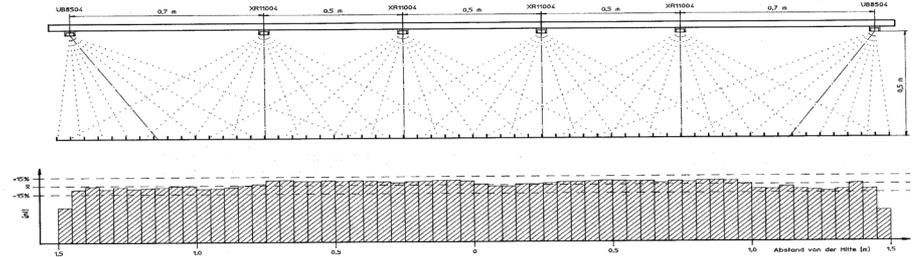
Landwirtschaft 2030 – Technik, Strategien und Visionen für die Pflanzenproduktion von morgen

Jens Karl Wegener

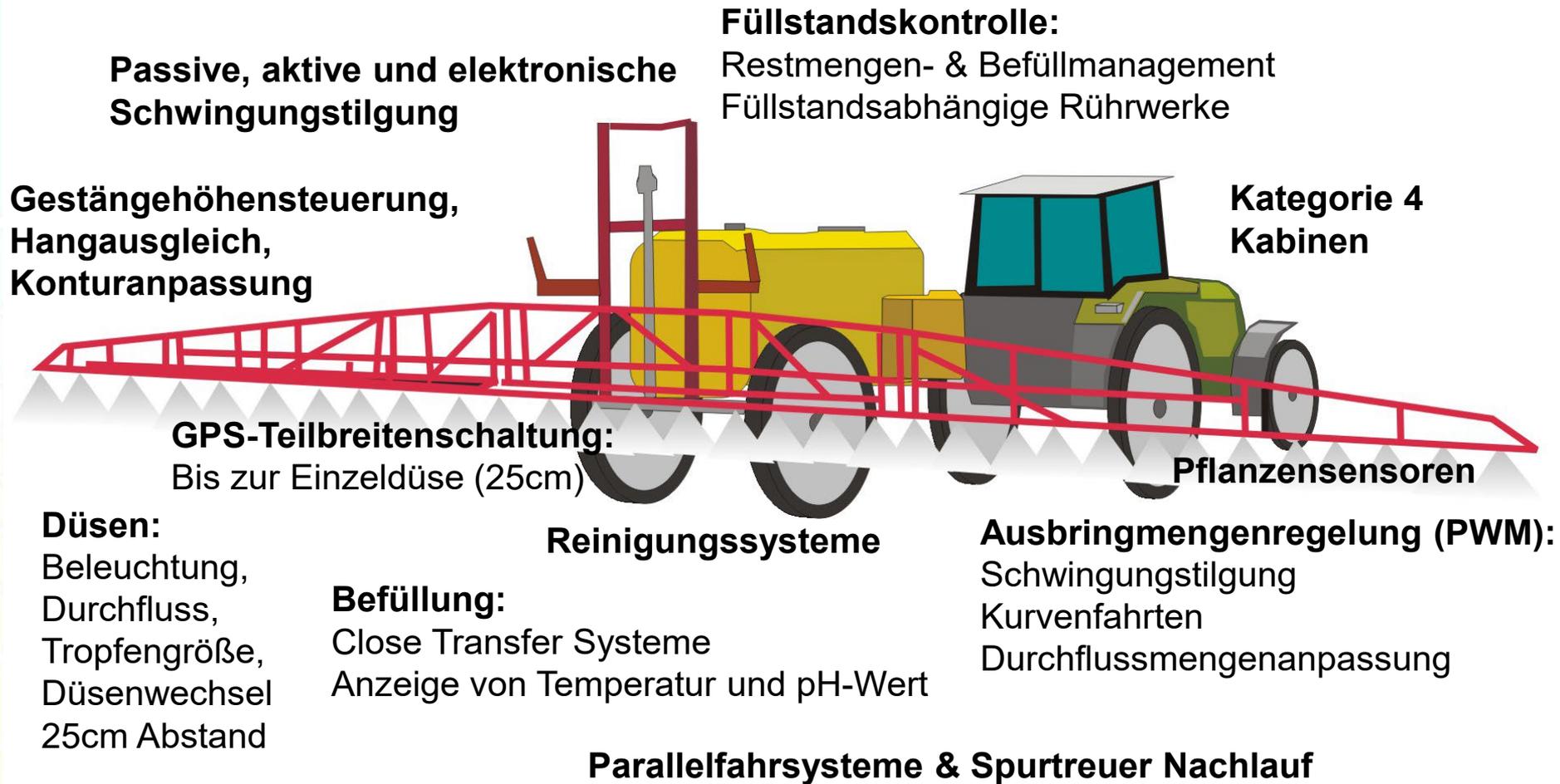
Praktikerdialog Wasser-Landwirtschaft, Gersleben, 28.11.2022

Die Zukunft der Landwirtschaft – eine Einordnung am Beispiel des Pflanzenschutzes

Pflanzenschutztechnik – Gestern



Pflanzenschutztechnik - Heute



Pflanzenschutztechnik – Heute Nachmittag

Teilflächenspezifische Applikation:

- Hohe Einsparraten möglich
- Sensortechnik und Direkteinspeisung als Basistechnologien erforderlich

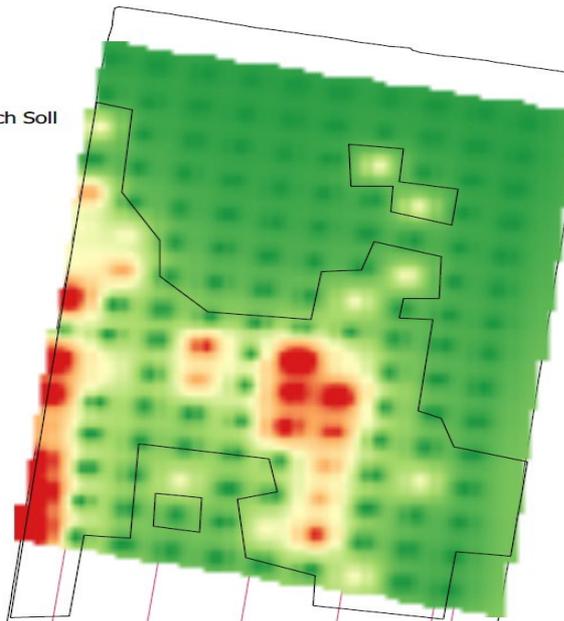
Management des Gesamtprozesses Pflanzenschutz:

- Planung, Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation.
- Verknüpfung von Wissen, Beratung, Praxis und Maschine:
 - Wann, was, wo, wie viel, womit

Pfingstbreite

VIOAR März 2015

- 0 Pflanzen
- 0,5 Pflanzen
- 1 Pflanzen
- 2 Pflanzen
- >3 Pflanzen
- Applikationsbereich Soll
- Fahrgasse



Quelle: JKI



Pflanzenschutztechnik - teilflächenspezifische Applikation mit Direkteinspeisung



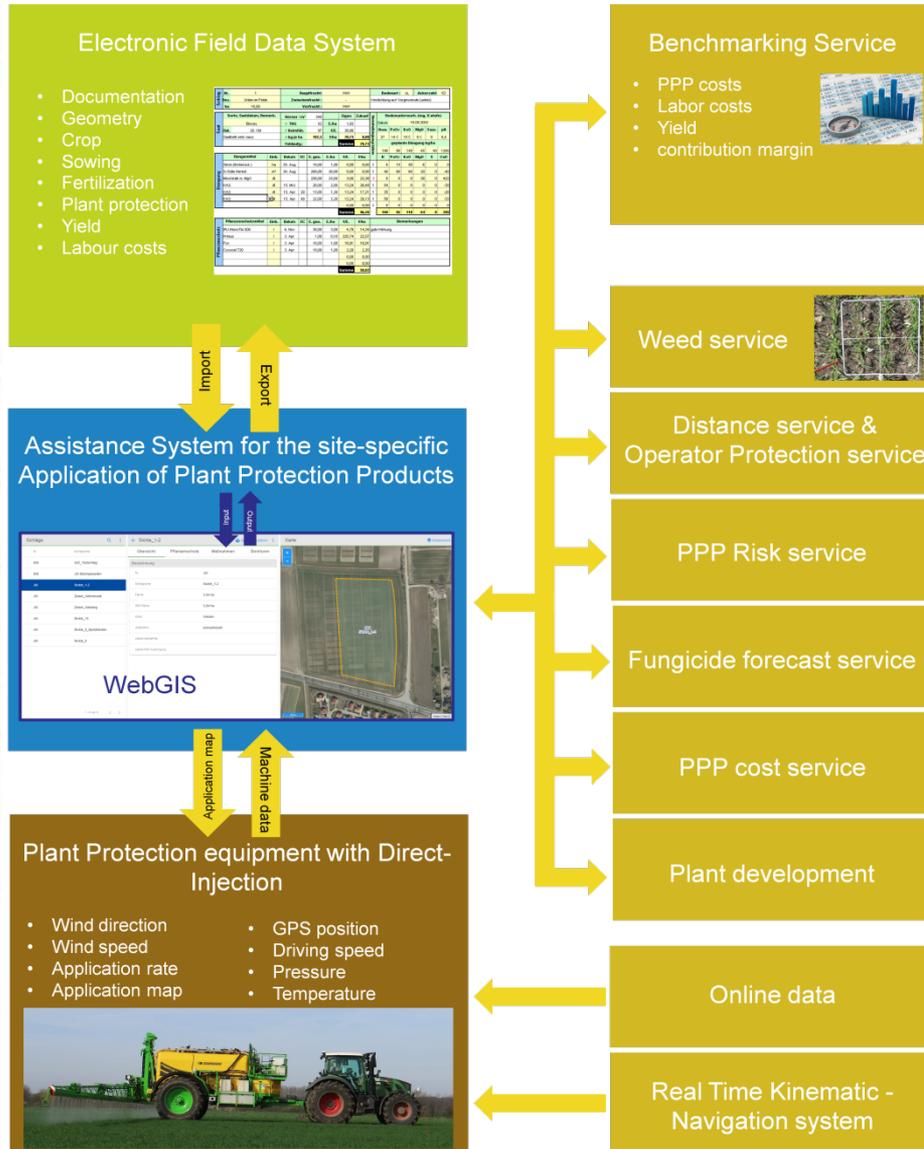
Erste Geräte zur Direkteinspeisung (Mehrkammersysteme) sind mittlerweile Marktverfügbar



An praxistauglichen Sensorsystemen zur Unkrauterkennung wird weiterhin gearbeitet.

Quelle: Dammann

Pflanzenschutztechnik – Gesamtprozess



Projekt Assistenzsystem

Das Assistenzsystem begleitet digital durch den gesamten Prozess:

- Planung
- Arbeitsvorbereitung/Anmischen
- Applikation
- Dokumentation

Teilmodule können auch auf konventionellen Spritzgeräten - ohne die Möglichkeit der Direkteinspeisung - angewendet werden.

Prinzipielle Übertragung auf alle anderen Prozesse des Pflanzenbaus möglich (und notwendig).

Gefördert durch:



Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft

Pflanzenschutztechnik – Morgen?

- Gilt der Text "Pflanzenschutz" auch für die Zukunft?

- Strahl
- Boden
- Akze

Ausbringung von Trichogramma



stehen?

- Welche
- Herbiz
- Zula
- Resi
- Neue

- Alternati

Quelle: JensWeberWordpress



Quelle: Kompleks Robotech



Quelle: Frese et al.



Quelle: Naio Technologies

Limitierungen des mechanischen Pflanzenschutzes



- 20 Jahre Forschung zur Unkrauterkenennung als Basis für verbesserte Systeme zur mechanischen Unkrautbekämpfung haben uns nicht wirklich weitergebracht!
- Allgemeine Wirkungseffizienz ist nach wie vor stark von der Witterung beeinflusst
- Wie können wir den Intra-Reihenbereich effizient bearbeiten?
- Mechanische Unkrautbekämpfung auf Direktsaat/Mulchsaatstandorten?
- Auswirkung der mechanischen Unkrautbekämpfung auf Bodenorganismen und Bodenbrüter?
- Kosten der sensorgesteuerten Geräte!
- Ökonomie der Verfahren (schnell und groß) kontra erforderliche Präzision (klein und langsam)!

Elektroherbizid – eine Alternative zur Alternative?

- Alternative oder Ergänzung zu anderen Maßnahmen
- Keine Resistenzbildung
- Kein Bodeneingriff
- Bei passenden Bedingungen keine negativen Auswirkungen auf Bodenfauna?
- Selektivität?



Pflanzenproduktion – Morgen?

- In welchem Kontext findet die Pflanzenproduktion zukünftig statt? Kommen möglicherweise ganz andere Produktionssysteme und neue Maschinen?

Autonome Kleintechnik

Gefordert sind neue, intelligentere Konzepte, die nicht immer nur auf die Technik fokussieren!!!

Quelle: A

Aut

Quelle: JKI/TI/TU BS

ichsel

Systeme



**Spot Farming:
Die Pflanze in den Mittelpunkt rücken!!!**

Was ist Spot Farming?



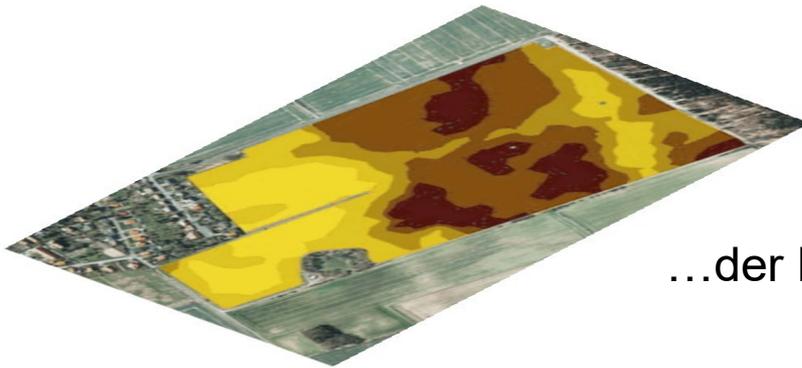
Experimentelle Form des Pflanzenbaus mit der Zielsetzung:

- Einer nachhaltige Intensivierung des Pflanzenbaus (weniger Input bei gleichem oder gesteigerten Ertrag)
- Einer Steigerung der Widerstandskraft der Anbausysteme unter den Rahmenbedingungen des Klimawandels
- Einer Reduzierung des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutz- und Düngemitteln
- Der Berücksichtigung sozialer und umweltrelevanter Bedürfnisse in der Pflanzenproduktion (z.B. Biodiversität, Vernetzung von Biotopen, Naherholung)

Perspektivenwechsel notwendig?



Um die Erträge zu erhöhen, sollten die **Grundansprüche der Einzelpflanze in den Mittelpunkt** gestellt werden,...



...der Kulturpflanzenbestand zum Standort passen...

... und funktionale Elemente die Kulturpflanzen schützen!



Hypothesen für die Zukunft?



Um die Erträge zu erhöhen, Ressourceneinsatz zu vermindern und gleichzeitig gesellschaftliche Akzeptanz zurückzugewinnen, sind vier Punkte von Bedeutung:

1. Verbesserte Zuordnung von Kulturpflanzen zu Standorten

- Bsp. Kartoffel/Gemüse/Wein => Frucht sucht sich den geeigneten Standort

2. Optimierte räumliche und zeitliche Nutzung natürlicher Ressourcen

- Vegetationslänge (z.B. Zuckerrüben)
- Sortenkombination: Höhe, Bestandesdichte, Blattstellung, Phänologie...
- Kombination unterschiedlicher Kulturpflanzen

3. Effizienterer Gebrauch von Agrochemikalien

- Teilflächenspezifische oder gar Einzelpflanzenbehandlung
- Pflanzenschutz und Düngergaben nur nach tatsächlichem Bedarf

4. Stärkung funktionaler Strukturen auf Landschaftsebene

- Gräben, Hecken, Blühelemente
- Deutlich kleinere Strukturen als heute üblich

Methodisches Beispiel: Verbesserte Allokation



- Landwirtschaftliche Flächen sind selten homogen (Bodenart, Erträge, Wasserversorgung, Höhenprofil, Erosionspotenzial, geografische Ausrichtung etc.)
- Berücksichtigung von kleinräumigen Unterschieden durch Informationsüberlagerung
- Definition von „Spots“ mit weitgehend homogenen Eigenschaften die eigenständig bewirtschaftet werden

Luftbild



Bodenkarte



Ertragskarte



Potentialkarte
Boden + Ertrag



Kultur A, B, C



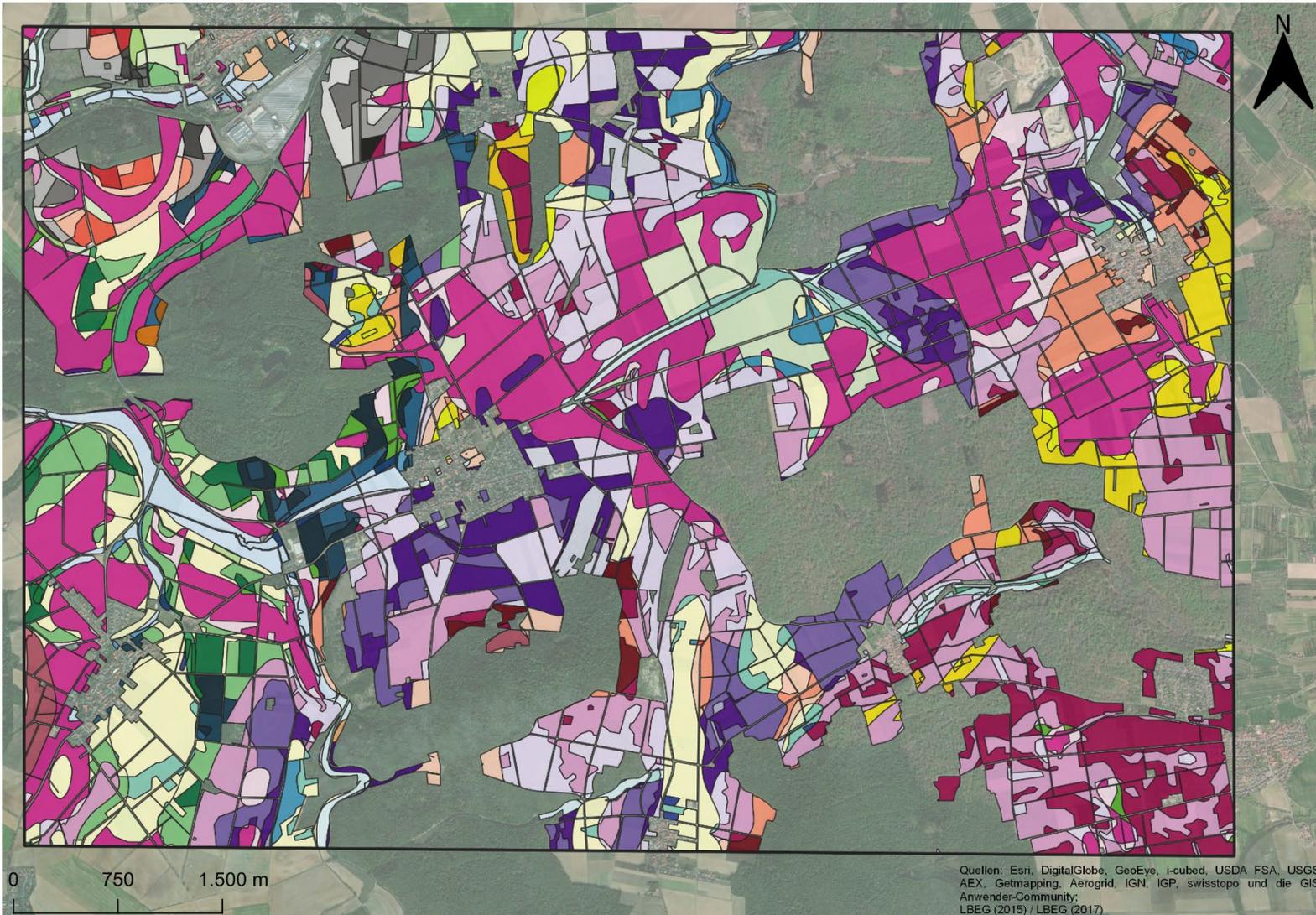
Berücksichtigung der Landschaftsebene



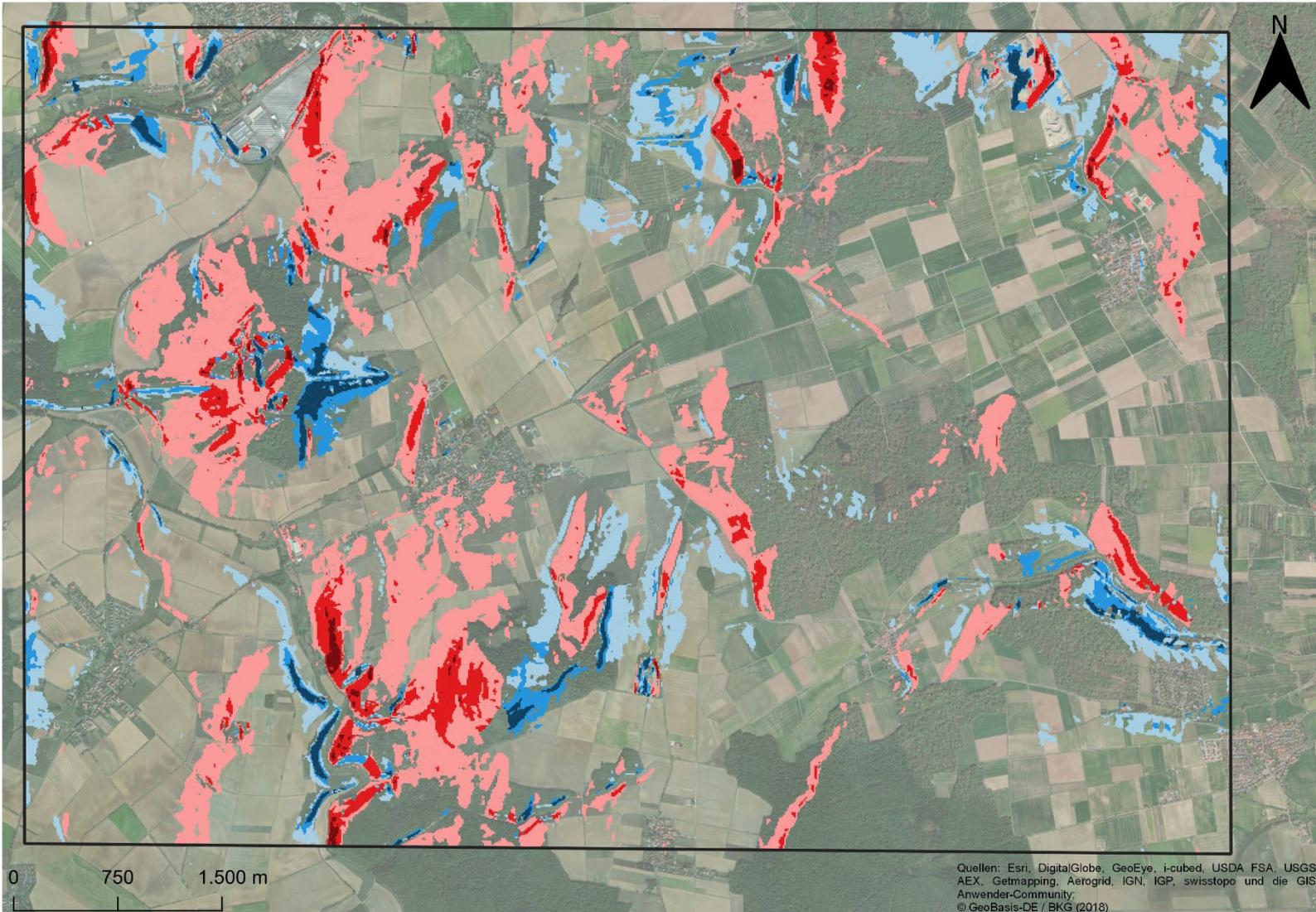
Quellen: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo und die GIS-Anwender-Community;

Ort: Barterode, Süd-Niedersachsen: 5175 ha

Landschaftsebene – Bodenarten und -typen



Landschaftsebene – Solare Einstrahlung



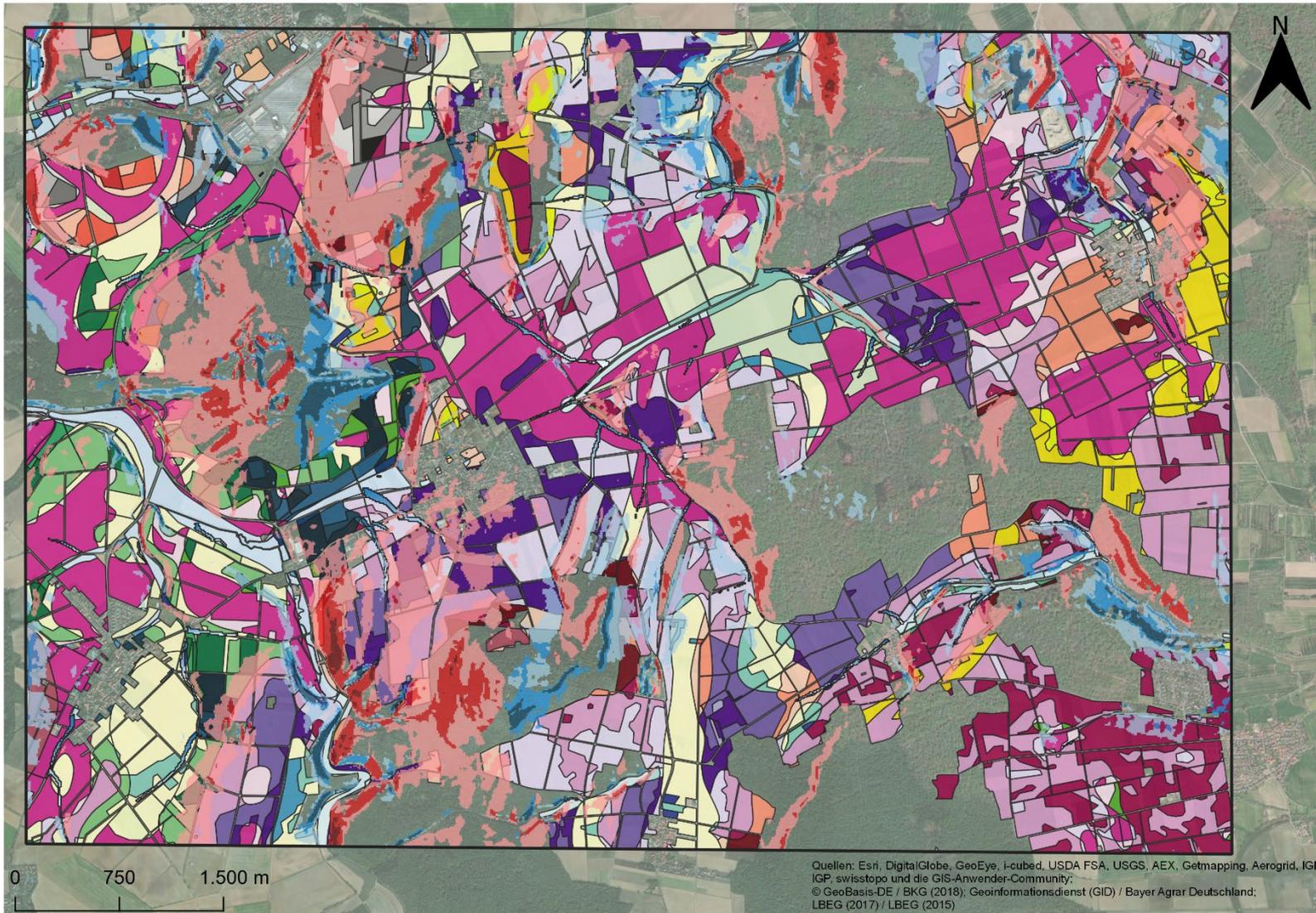
Quellen: Esri, DigitaGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo und die GIS-Anwender-Community;
© GeoBasis-DE / BKG (2018)

Landschaftsebene – Erosionsrisiko



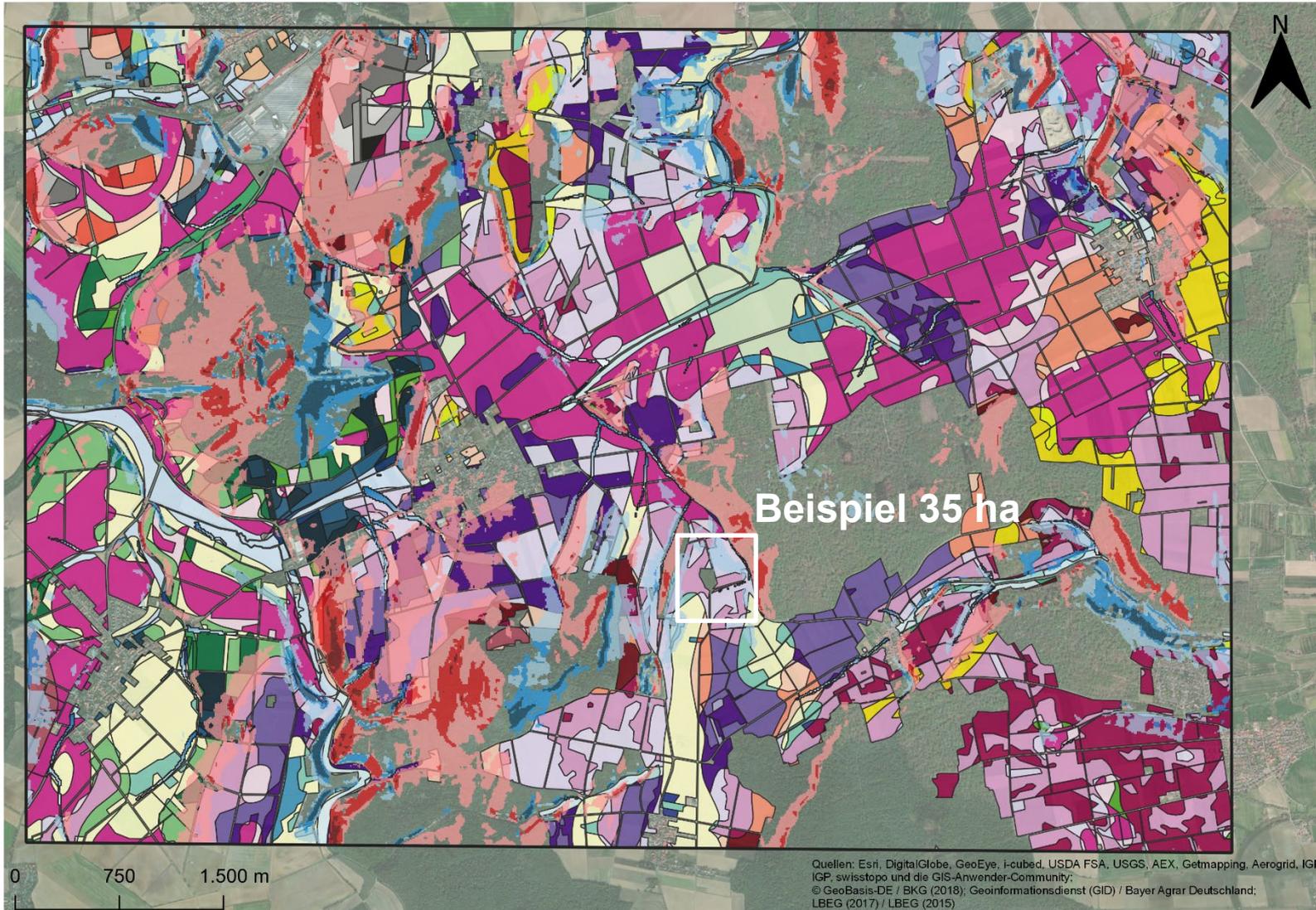
Quellen: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo und die GIS-Anwender-Community;
© Geoinformationsdienst (GID) / Bayer Agrar Deutschland

Landschaftsebene: Informationsüberlagerung



Information: Bodenart und -typ, Einstrahlung, Erosionsrisiken

GIS-Anwendung

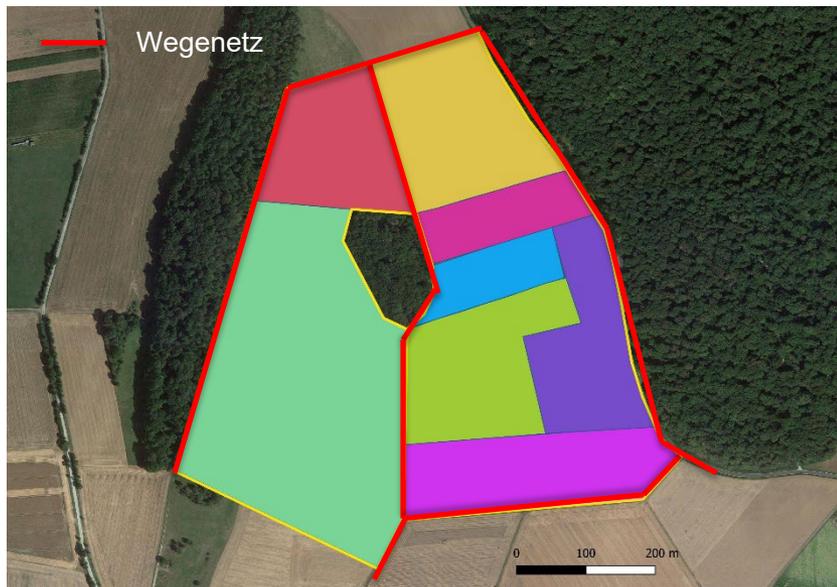


Informationen: Bodentyp- & art, solare Einstrahlung, Erosionsrisiken, (Verschattung).

Einbeziehung des Landschaftskontextes

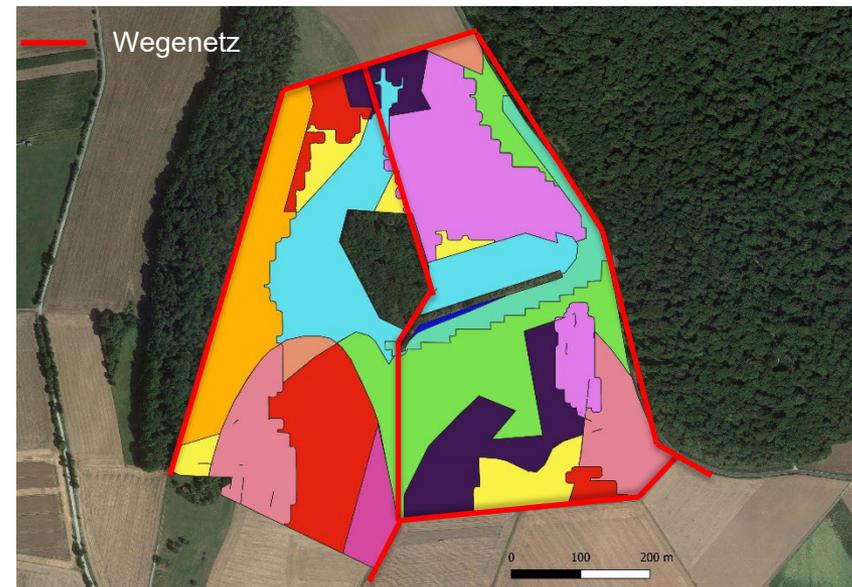
Aktuelle Situation

Durchschnittliche Schlaggröße: 3,5 ha



Bewirtschaftung auf Grundlage einer Spotkarte

Durchschnittliche Schlaggröße: 1,5 ha

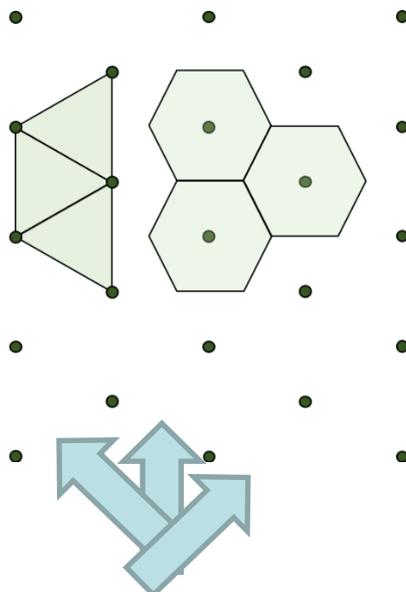


- Analyse von 5 Standorten (Hannover, Hildesheim, 2 x Göttingen, Braunschweig)
 - Befragung von Praktikern zu empirischen Erfahrungen auf den Schlägen
 - Anschluss an vorhandenes Wegenetz
 - Spotgröße und Gewichtungsfaktoren
 - Zukünftig: Einbeziehung von Ökosystemleistungen in die Analyse
- Fazit: Kann nur mit Robotik bewirtschaftet werden!

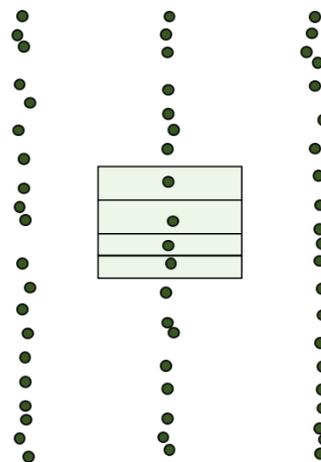
Methodisches Beispiel: Standraumoptimierung

- Maximaler Standraum und Licht für die Einzelpflanze durch Gleichstandsmaat
- Reduzierung notwendiger Saatgut- und Beizmengen
- Phytosanitäre Vorteile durch dünnere Bestände
- Einsparung von Pflanzenschutzmitteln
- **Bearbeitung in unterschiedliche Richtungen möglich**

Gleichstandsmaat



Drillsaat



Erfordert georeferenzierte Saatechnik mit sehr hoher Ablagegenauigkeit, auch in der Tiefe.

Vorteil: Wenn man den Standort der Nutzpflanze kennt, dann ist alles andere Unkraut!

Standraumoptimierung - Exkurs



Versuche zur Gleichstandsamt in Winterweizen

Standorte:

- Berlin (Dahlem)
- Quedlinburg
- Braunschweig
- Ahlum

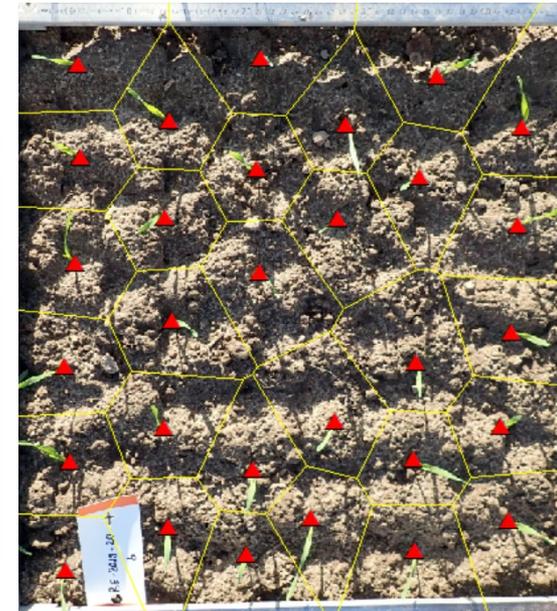
Fragestellungen:

- Ertrag
- Phytosanitäre Vorteile
- Unkrautunterdrückungsvermögen
- Geeignete Pflanzeigenschaften

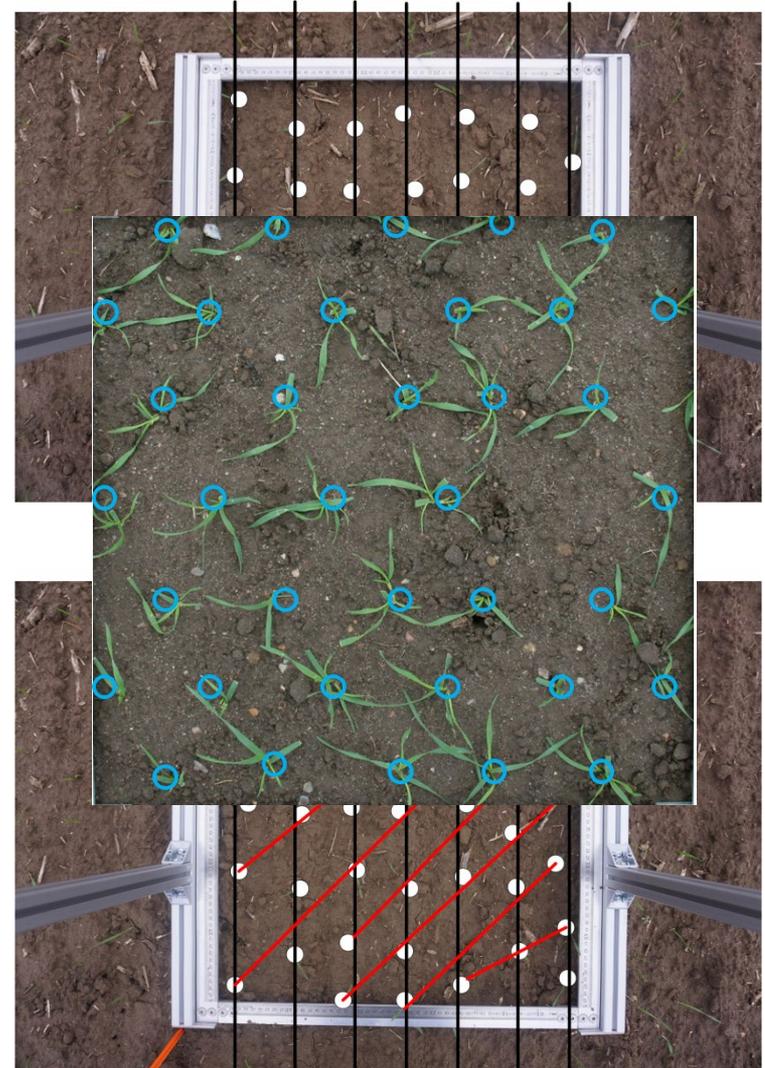
Drilltechnik für Gleichstandssaat

Entwicklung von Technik zur Gleichstandsaaat am JKl

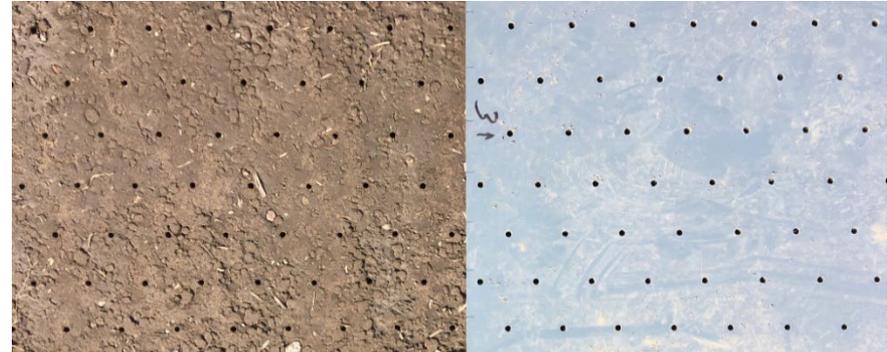
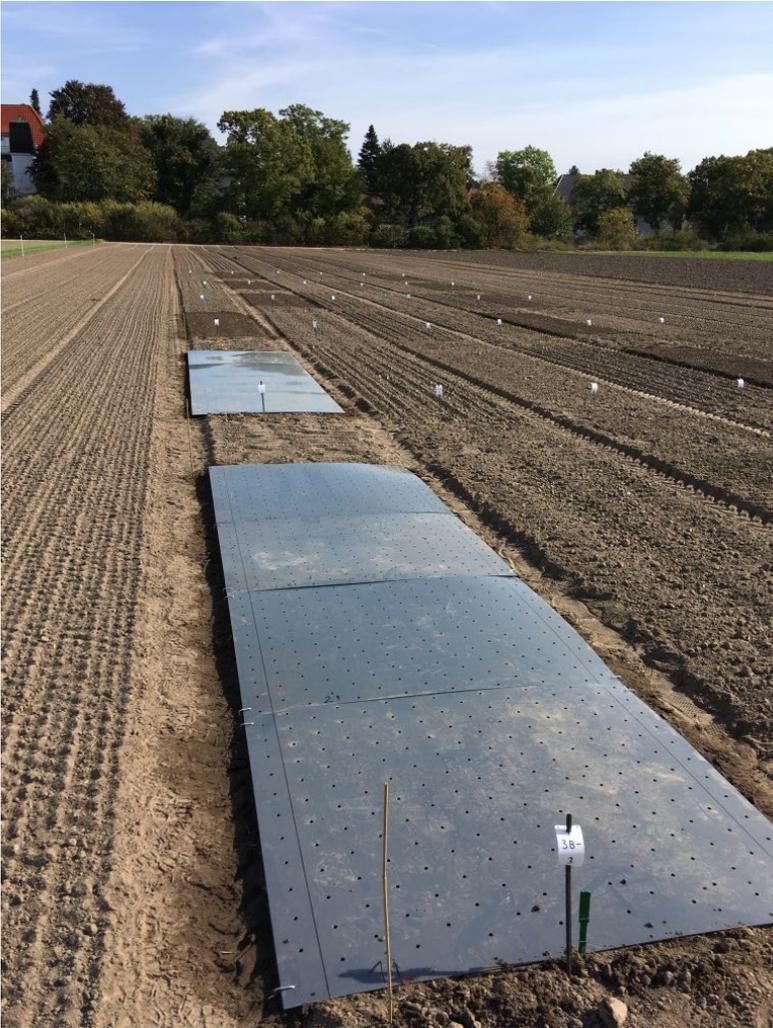
Ziel: Präzise Kornablage in allen Kulturen und Kulturmischungen als Grundlage zum robotergesteuerten Längs- und Querhacken sowie einzelpflanzenspezifischen Spritzen und Düngen in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen.



Standraumoptimierung - Exkurs

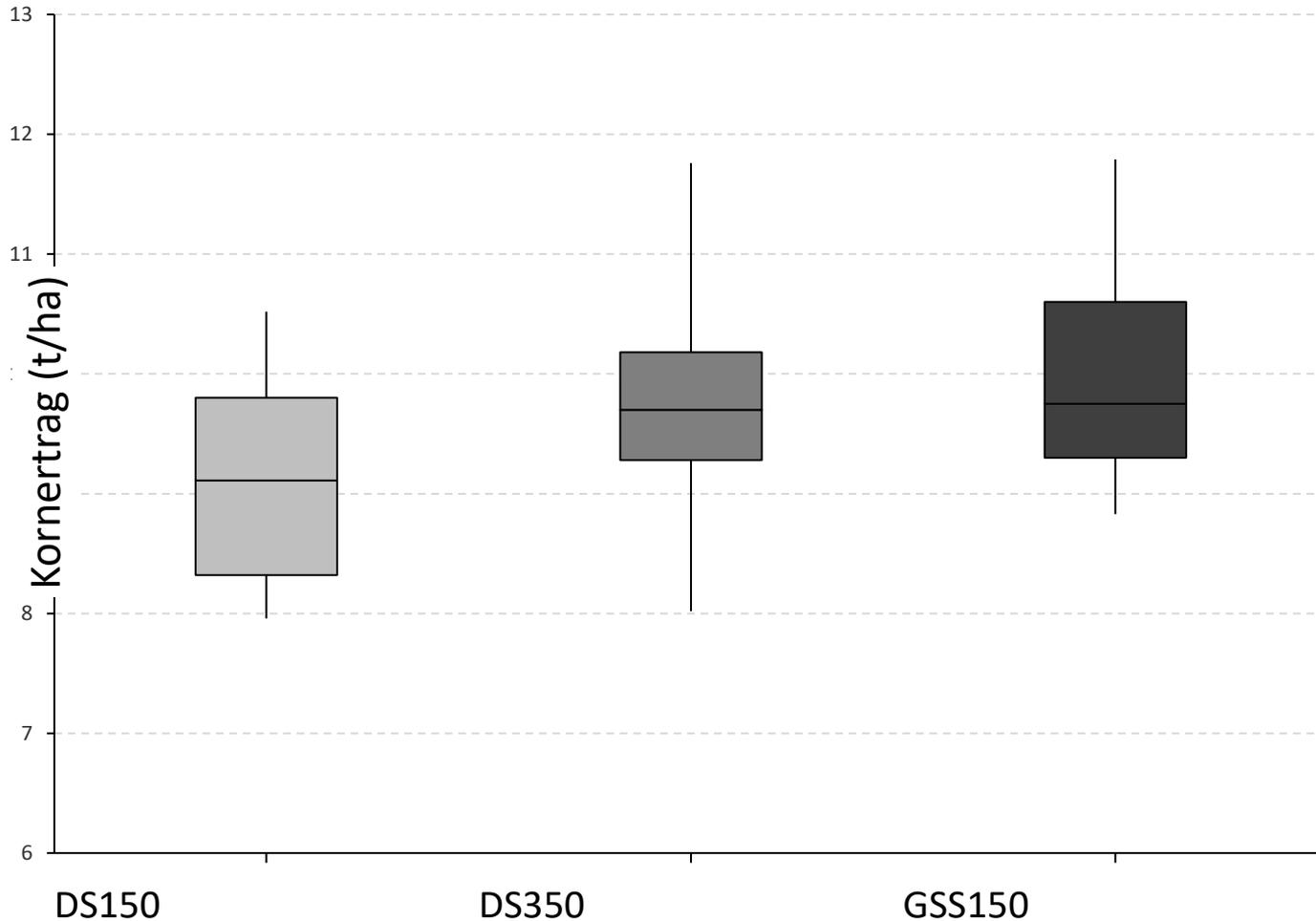


Standraumoptimierung - Exkurs



- Aussaat mit Schablone
- Standorte: Berlin, Braunschweig und Quedlinburg
- Aussaatvarianten:
 - Gleichstandsaat (150 Kö m^{-2})
 - Drillsaat (150 Kö m^{-2})
 - Drillsaat (350 Kö m^{-2})
- Genotypen:
 - Eternity (KWS)
 - Memory (Secobra)
 - Bernstein (Syngenta)

Standraumoptimierung - Exkurs



Methodisches Beispiel: Pflanzenzüchtung

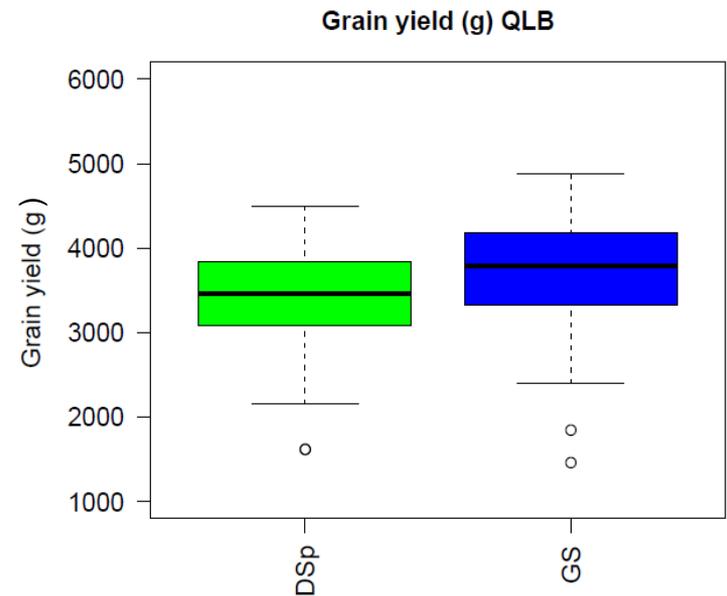
Vorarbeiten JKI: Mehrjährige Sortenversuche am JKI

Ziel: Welche Eigenschaften sind für Gleichstandsamt notwendig, wie viel Mehrertrag ist möglich, Auswirkungen auf die Widerstandskraft etc.

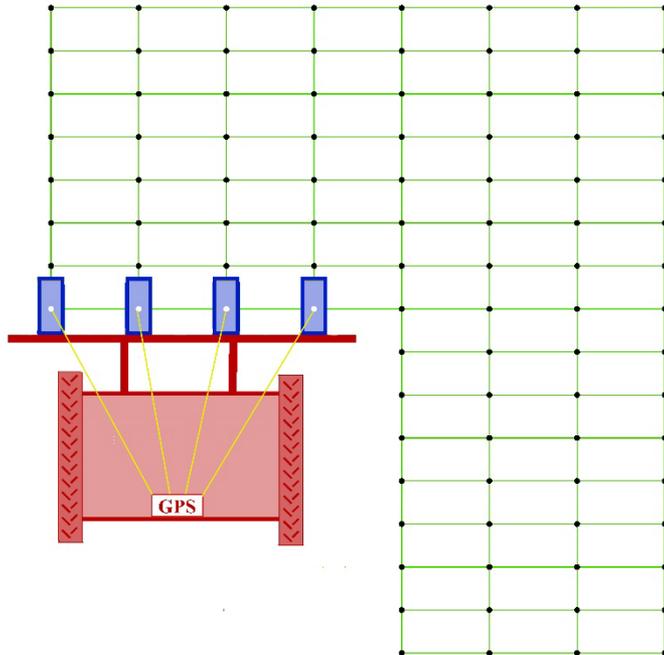


Lorenz Kottmann

n=71

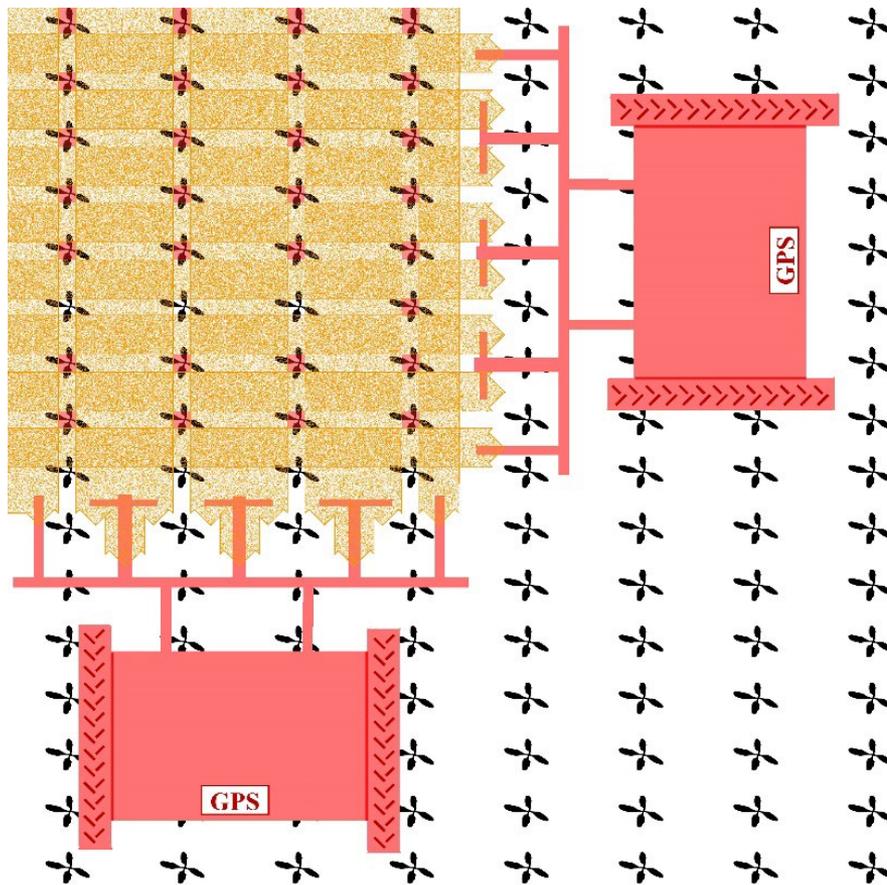


Gleichstandsmaat - Präzision



- Ziel: Präzise Kornablage in beliebigen Matrizen und 3D
- Georeferenzierung der Kornablage
- Methoden zur Bewertung der Kornablagequalität
- Nachauflaufkorrektur mit Sensortechnik?
- Generierung von Applikationskarten für Folgearbeiten (Hacken, Düngen, PS)

Hacktechnik



Herausforderungen:

- Beikrautbekämpfung innerhalb der Reihe
- Erkennung der Kulturpflanze
- Spurführung der Hackgeräte insbesondere im Voraufbau
- Präzise Führung der Hackwerkzeuge nah an der Kulturpflanze

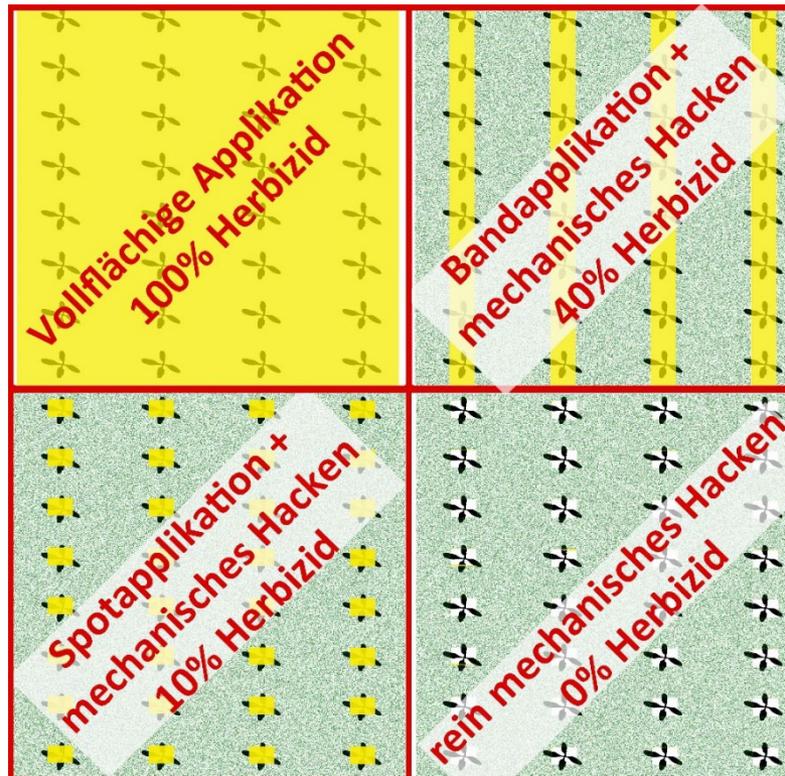
Ziel:

Längs- und Querhacken im Bestand

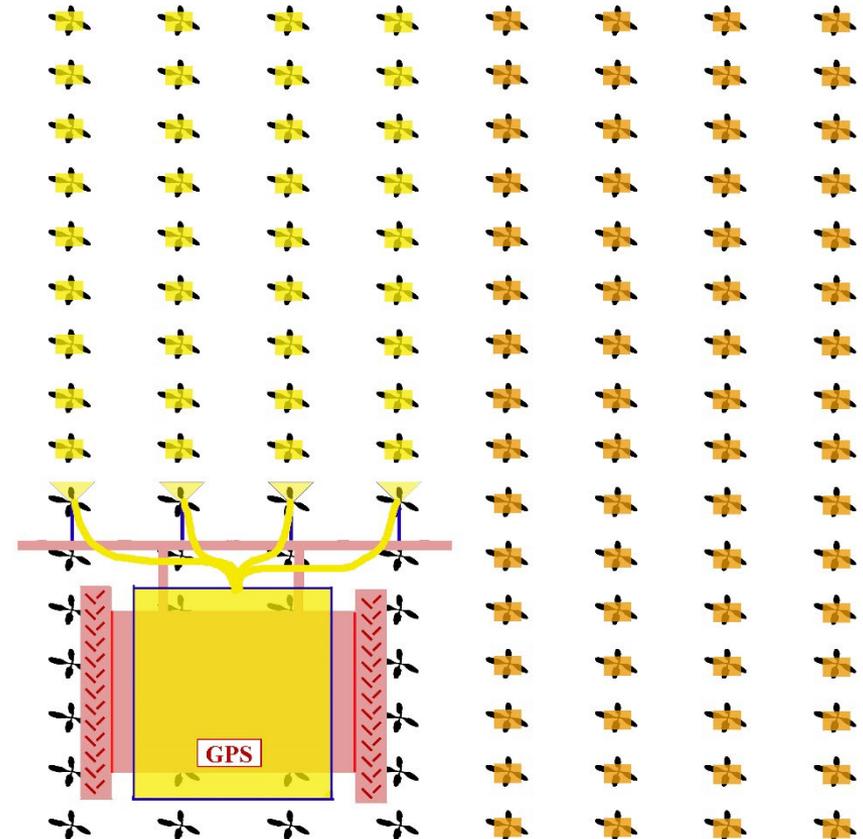
Kombinierte Verfahren möglich:

- Längshacken mit Traktor und Reihenhacke
- Querhacken mit Roboter

Spot Applikation zur Reduzierung des Herbizideinsatzes
Spot Applikation zur Reduzierung des Düngedarfs?



Potenzial der Herbizideinsparung bei verschiedenen Verfahren



Methodisches Beispiel: Düngung und Pflanzenschutz

Vorarbeit: Laufende pflanzenbauliche Versuche zur Einsparung von Herbiziden und Fungiziden durch Gleichstandsmaat, Entwicklung von Düngestrategien für Einzelpflanzen.

Ziel: Einsparung von Ressourcen, Schutz des Naturhaushalts und der Wasserkörper



Wie können solche Systeme bewirtschaftet werden?

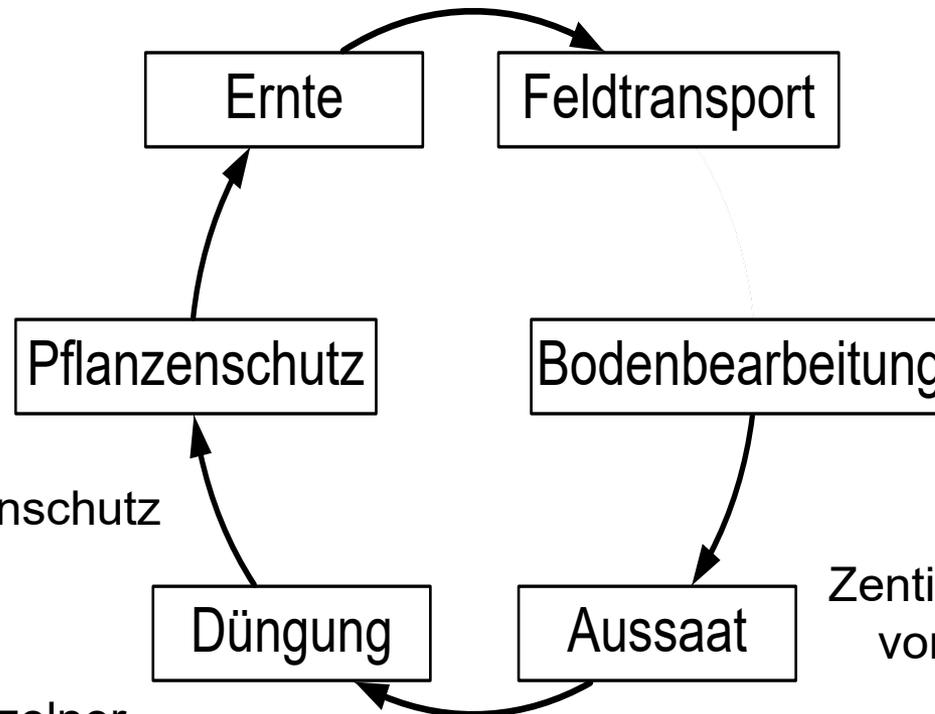


- Die dargestellten Ansätze – von der Pflanze her gedacht – werden mit heutiger Verfahrenstechnik nicht zu bewirtschaften sein.
- Kleine, autonome Maschinen, die in Schwärmen arbeiten, verschiedene Prozesse verrichten und sich eigenständig koordinieren, könnten die Verfahrenstechnik der Zukunft darstellen.
- Mangelnde Schlagkraft wird durch nahezu permanenter Einsatzbereitschaft, größeren Bearbeitungsfenstern und kleinräumig optimierter Wirtschaftsweise kompensiert.
- Aufgaben, die heute durch Großtechnik erledigt werden (z.B. Ernte), können durch Verfahrensauflösung auch durch Kleinmaschinen erledigt werden.

Machbarkeitsstudie zu autonomen Maschinen



Verarbeitung und Transport von
ca. 20 t Pflanzen je Hektar



Applikation von einem
Tropfen PSM pro
Pflanze

Mechanischer Pflanzenschutz

Versorgung einzelner
Pflanzen mit
70 mg Dünger/Tag

Bearbeitung auf
20 cm Tiefe

Zentimetergenau Ablage
von 200 Körnern/m²

Gefördert durch:

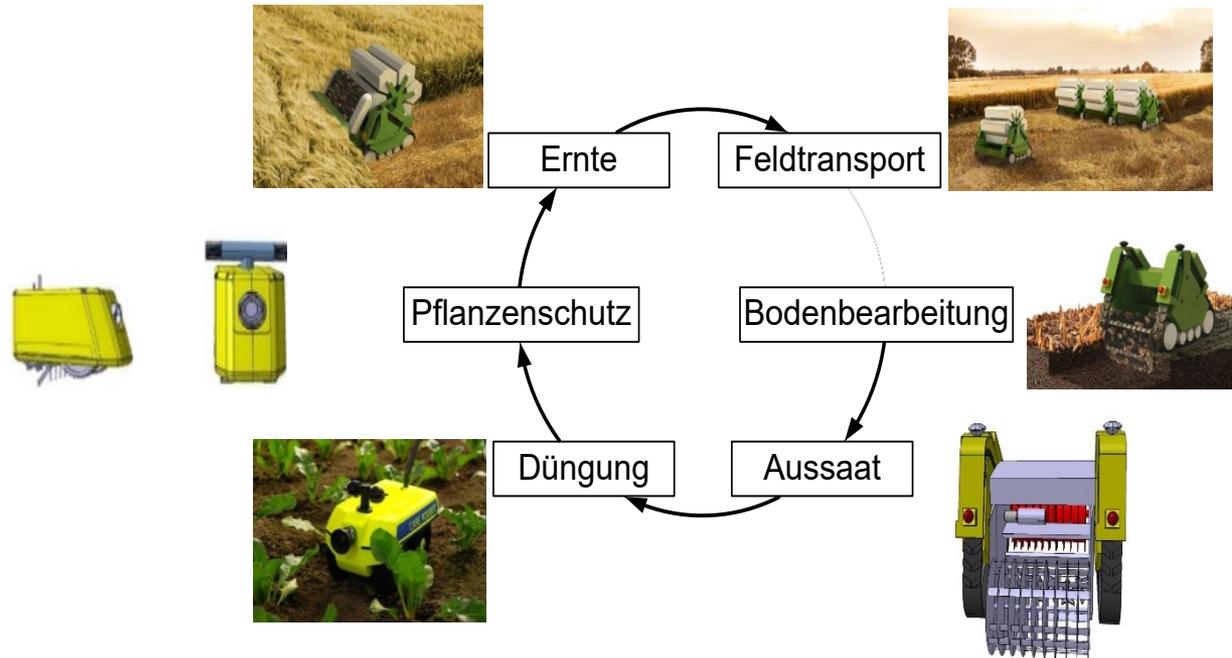


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Verfahrenskette mit autonomen Maschinen



Was sind die großen Herausforderungen?

- Optimales Maschinenkonzept und Modularität
- Betrieb in der landwirtschaftlichen Praxis
- Autonomie des Arbeitsprozesses
- Sicherheit autonomer Maschinen
- Energieversorgung und Netzinfrastruktur

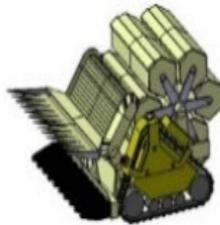
Wettbewerbsfähigkeit autonomer Maschinen



Arbeits erledigungskosten ergeben sich aus Anzahl und Preise der Roboter:

Grobe Schätzung, Machbarkeit gilt es in der Praxis zu überprüfen.
Getreide stellt besondere Herausforderungen!

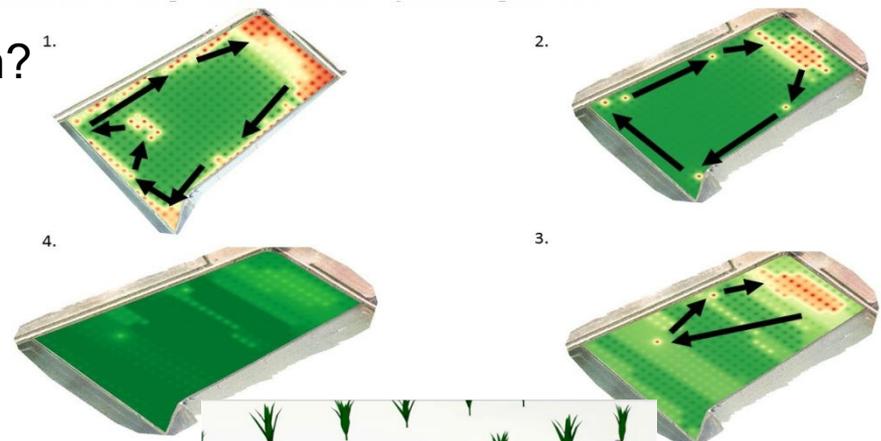
Bodenbearb. und Aussaat	Ernte und Logistik	Düngung	Pflanzenschutz	Unkraut- bekämpfung
----------------------------	-----------------------	---------	----------------	------------------------



Szenario (€/ha)	26	52	20 - 34	3 - 15	40
Quelle: Projekt ALPS (JKI, TI, TU BS)					
Heute (€/ha)	28 ; 36	107	25	7	55
(KTBL 2017)					

Alternative Pflanzenschutzstrategien

- Roboter können bei Pflegearbeiten parallel zum Bestandsmonitoring eingesetzt werden
- Anpassung der Pflanzenschutzstrategie an dynamisches Schadaufkommen + mehr Informationen über Schaderreger (Beispiel Schnecke)
- Verfahren wie das Spot Spraying nach Schadschwelle erfordern neue Pflanzenschutzstrategien
- GSS – andere Unkrautspektren? ^{1.}



Fazit

- Eine nachhaltige Intensivierung unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte ist grundsätzlich möglich.
- Dazu bedarf es einer systemischen Betrachtung der Pflanzenproduktion mit dem Ziel neue Pflanzenbausysteme zu definieren.
- Die dafür notwendigen autonomen Kleinmaschinen können wettbewerbsfähig sein.
- Mit autonomen Maschinen können grundsätzlich alle landwirtschaftlichen Prozesse durchgeführt werden.
- Autonomen Kleinmaschinen werden derzeit in vielen Firmen und Forschungsprojekten entwickelt und könnten die Zukunft der Landwirtschaft massiv prägen.
- Autonome Maschinen bieten diverse Vorteile
 - Arbeitskraft kann anders verwerten werden
 - Alternative zu fehlenden Arbeitskräften
 - Weniger Risiko bei Maschinenausfall
 - Ermöglichen neue Bewirtschaftungsmethoden
 - Ökonomische Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz
Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig
www.julius-kuehn.de
at@julius-kuehn.de

Kleinräumige Bodenbearbeitung

Heute:

Zugkraft für Bodenbearbeitungswerkzeuge → Hohes Gewicht der Zugmaschine
→ Hoher Bodendruck

Morgen:

Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung je nach Bedarf



Roboter VibroCrop Robotti, Kongskilde
DNK

- Anbauraum für verschiedene Geräte, z.B. flache Bodenbearbeitung in Streifen



Robotti – Agrobot, DNK

- Anbauplattform für verschiedene Geräte, z.B. flache Bodenbearbeitung

Aussaat in geometrischen Mustern

Heute:

Kleines Zeitfenster und eingeschränkt befahrbare Böden

Morgen:

Mehr Zeit durch leichte Roboter, georeferenzierte Saatkornablage in beliebigen Mustern und Tiefen



Roboter Xaver, Fendt

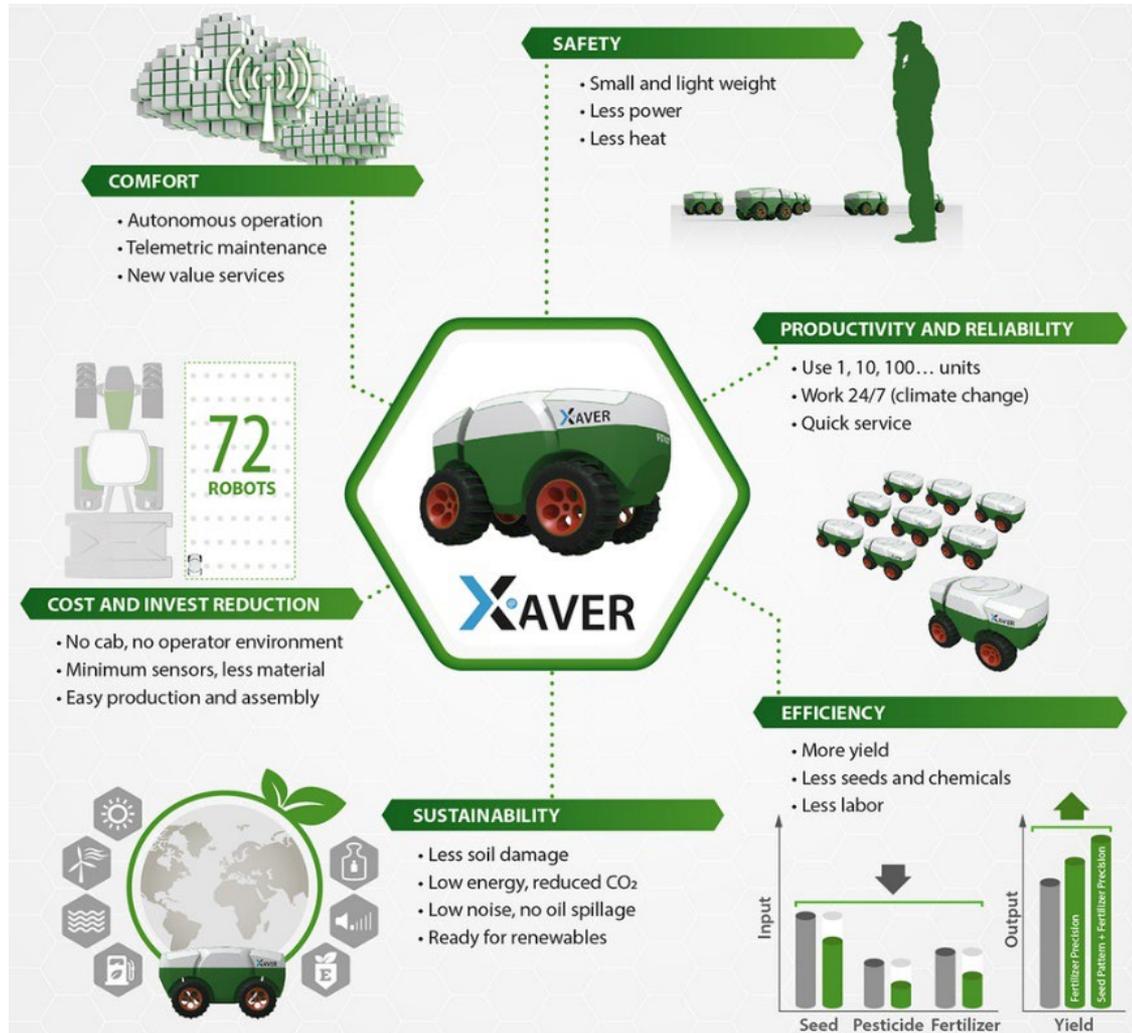
- Einfaches, robustes Design
- Aussaat einzelner Maiskörner
- Betrieb im Schwarm (10 – 15 Roboter)
- Vorstellung auf der Agritechnica 2017



Roboter Thorvald, Universität Ås, NOR

- Saatkorn-Ablage in Gleichstandsaat
- Modularer Aufbau für einen vielfältigen Einsatz
- Kommerzialisierung 2019 – Roboter zur Bekämpfung von Mehltau in Erdbeeren mit UV-Licht

Aussaat - Prozessansatz



Beim Projekt Xaver (AGCO Fendt) wurde der Gesamtprozess der Aussaat durchgespielt:

- Sicherheit
- Komfort
- Produktivität
- Kosten
- Effizienz
- Nachhaltigkeit

Quelle: AGCO GmbH

Pflanzenschutz – Krankheiten erfassen und schnell handeln

Heute:

Ganzflächige und teils prophylaktische Behandlung gegen Krankheiten

Morgen:

Dauerhaftes Monitoring jeder Pflanze und schnelle Behandlung von Nestern



Roboter BoniRob, HS Osnabrück

- Sensorik und Datenverarbeitung zur Ermittlung von Pflanzeigenschaften



Roboter Ladybird, Universität Sydney, AUS

- Energieautark durch Solarzellen
- Roboterarm mit Düse zur Ausbringung

Mechanische Unkrautbekämpfung

Heute:

Häufig ganzflächige Herbizidanwendung und wenig mechanische Bekämpfung

Morgen:

Kamerabasierte Erkennung von Unkräutern und gezielte Bekämpfung



Dino, Nao Technologies, FRA

- Hacken von Unkräutern im Gemüseanbau
- Kameras erkennen Pflanzenreihen
- Werkzeuge austauschbar → Aussaat



Roboter Oz, Najo Technologies, FRA

- Unkrautbekämpfung zwischen Pflanzenreihen durch Striegel
- Am Markt seit 2016, vor allem im Gemüsebau in Frankreich

Digitale und echte Herbizidanwendung...

Heute:

Häufig ganzflächige Herbizidanwendung und wenig mechanische Bekämpfung

Morgen:

Kamerabasierte Erkennung von Unkräutern und gezielte Bekämpfung



ETAROB, HS Aachen

- Anwendung des „digitalen Herbizids“ in Gemüsekulturen
- Erfassung weiterer Parameter im Pflanzenbestand durch Sensoren



RIPPA™ und VIIPA™, University of Sydney, AUS

- Energieautark durch Solarzellen
- Präzisionsapplikation von PSM
- Erfassung des Gesundheitszustandes der Pflanzen

...nah an der Markteinführung

Heute:

Häufig ganzflächige Herbizidanwendung und kaum mechanische Bekämpfung

Morgen:

Kamerabasierte Erkennung von Unkräutern und gezielte Bekämpfung



EcoRobotix, ecoRobotix Ltd, CHE

- Unkrauterkennung durch Kamera
- Gezielter Herbizideinsatz
- Betrieb über Solarzelle
- Markteinführung ende 2019



Asterix, Adigo, FRA

- Ausgestattet mit Kameras zur Identifikation von Unkräutern
- Präzisionsapplikation von Herbizid

Centéol Challenge – „der Standardroboteransatz“



- AgreenCulture, FRA
- Bewirtschaftung von 50 ha Mais mit einem autonomen Robotersystem

- Bodenproben
- Bodenbearbeitung „Strip Till“
- Aussaat und Unterfußdüngung in Abhängigkeit vom Bodenpotenzial
- Düngung
- Unkrautbekämpfung
- Ernte

- Coarse texture, highly rich in organic matter
- Fine texture rich in organic matter
- Coarse texture, average to low organic matter
- Fine texture, average to low organic matter
- Median soil

Quelle: AgreenCulture



Spezialaufgaben – z.B. der Schneckenroboter

- Schnecken aktiv im Feld aufspüren und sofort unschädlich machen
- Schnecken kartieren, um Hotspots zu ermitteln und Schlagkraft zu erhöhen
- Einsatz nach der Ernte bis zum Auflaufen der Pflanzen
- Schonung der Umwelt durch Einsparung von Schneckenkorn



KommTek
Intelligente Lösungen



JKI
Julius Kühn-Institut

AGRARTECHNIK
WITZENHAUSEN

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Düngung - bedarfsgesteuerte Einzelpflanzenversorgung

Heute:

Teilflächenspezifische Düngerverteilung auf Oberfläche zu bestimmten Terminen

Morgen:

Bedarfsgesteuerte Platzierung der Nährstoffe zur Versorgung einzelner Pflanzen in Abhängigkeit von der Aufnahmefähigkeit



Roboterkonzept „CareRowBot“

- Kleinste Fahrzeuge fahren einzelne Pflanzen an
- Platzierung des Düngers auf Boden, Blättern oder direkt im Wurzelraum



Nachfüllstationen am Feldrand

- Versorgung mit Energie und Betriebsmitteln

Ernte kleiner Spots

Heute:

Verarbeitung der kompletten Pflanze im Drescher auf dem Feld

Morgen:

Ernte der Ähren auf kleinen Spots und Drusch am Feldrand oder Hof in Dreschmaschinen



Roboterkonzept „Ernte“

- Abschneiden der Ähren und Zwischenlagerung in Transportbox
- Ablage der Transportboxen auf Feld
- Häckseln der Halme direkt am Standort

Roboterkonzept „Transport“

- Transport der Transportboxen zum Feldrand und zurück
- Auflösung der Verfahren → Drusch am Feldrand