









# Digitalisierung, Landwirtschaft und Nachhaltigkeit

## Praktikerdialog Wasser-Landwirtschaft, 07.10.2022

Jens Henningsen  
Abteilung Data Science  
Fraunhofer IESE



# Fraunhofer IESE

## Das Institut für Software- und Systementwicklungsmethoden

### Unsere Mission:

Angewandte Forschung für innovative Lösungen zur Gestaltung verlässlicher digitaler Ökosysteme

- Gegründet 1996 mit Sitz in Kaiserslautern
- Über 200 Mitarbeiter aus mehr als 10 Nationen
- Teil des Fraunhofer-Verbunds **IuK-Technologie**  
Gastmitglied im Fraunhofer-Leistungsbereich **Verteidigungs- und Sicherheitsforschung**
- Mitglied der Fraunhofer-Allianzen **Big Data und Künstliche Intelligenz** sowie **Verkehr**
- Beteiligt an dem Fraunhofer Strategischen Forschungsfeld »**Intelligente Medizin**« und dem aktuell entstehenden Leitmarkt »**Ernährungswirtschaft**«

### Unsere wichtigsten Anwendungsfelder:

- Automotive & Nutzfahrzeuge
- Automatisierung, insb. Industrie 4.0
- **Smart Farming und Ernährungswirtschaft**
- Gesundheitswesen
- Software & Platform Business
- Sicherheit und Verteidigung





# Vorstellung des Lehrstuhls Digital Farming, TU Kaiserslautern

- Forschungsschwerpunkte: **Software- und Systems Engineering** im Bereich Digital Farming
  - **Anforderungsanalyse** für verschiedene Akteure im landwirtschaftlichen Ökosystem
  - Verbesserung der **Interoperabilität und Vernetzung** zwischen Akteuren und Systemen
  - Verbesserung der **Nutzungsakzeptanz** von Digital Farming Lösungen (u.a. FMIS, Entscheidungsunterstützungssysteme, Landmaschinen)
  - **Datenmanagement** für innovative und nachhaltige Lösungen in der Lebensmittelkette



# Motivation

Digitale Transformation

Insektensterben

Nitratbelastung

Digitale Ökosysteme

Glyphosat-Verbot

Wie viel Prozent der Haushaltsausgaben werden für Nahrungsmittel aufgewendet? (2019)

Borchert Kommission

Bodendegradation

Biodiversität

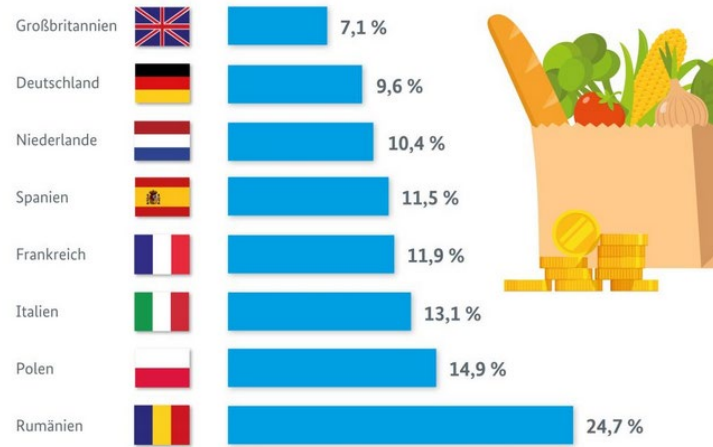
Digitalisierung

Resistenzen

Afrikanische Schweinepest

Tierwohl

Ernährungssicherheit



EU-Green Deal

Farm2Fork-Strategie

Smart Farming

Neue DüV

Klimawandel  
Dürreperioden

Farming 4.0

Bauerndemo

Geflügelpest

Bevölkerungswachstum



»Digitalfotografie wird den analogen  
Film nicht verdrängen«

*-- George M. Fisher, CEO von Kodak im Jahr 1997*

# Digitalisierung – rapide Entwicklungen

Papstwahl 2005



Luca Bruno (AP)

Papstwahl 2013



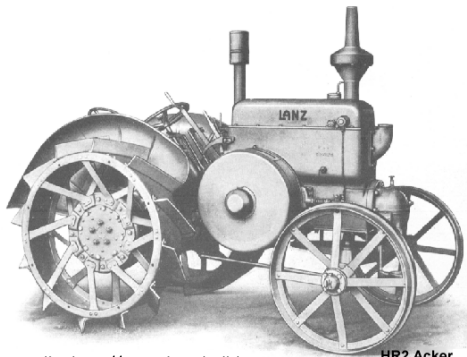
Michael Sohn (AP)



# Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft



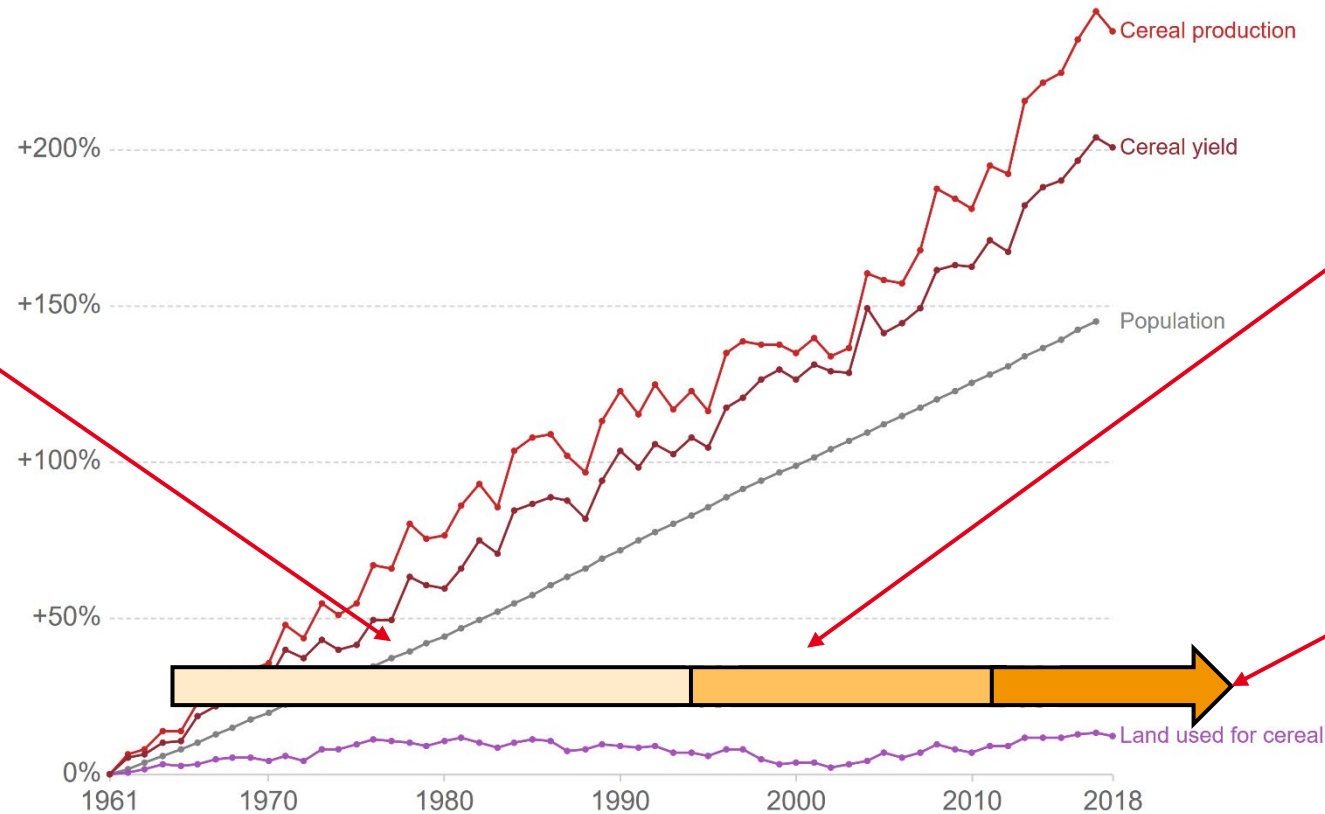
Quelle: <https://www.profi.de/>



Quelle: <http://www.lanz-bulldog-homepage.de/src/bida/hr2.html>

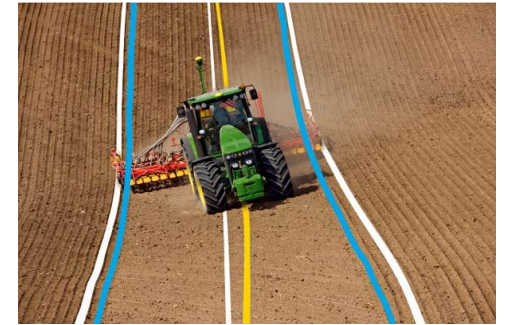
Change in cereal production, yield and land use, World, 1961 to 2018  
Population and cereal production, yield and land use figures are indexed to the year 1961 (i.e. 1961 = 0).

Our World in Data

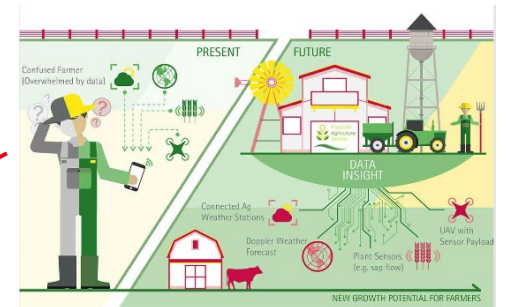


Source: OWID based on World Bank; and UN FAO

OurWorldInData.org/crop-yields • CC BY



Quelle: <https://www.landtechnikmagazin.de/>



Quelle: [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM\\_Agriculture%204.0%20IoT%20v1.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Agriculture%204.0%20IoT%20v1.pdf)

# Digitale Transformation

Mit Hilfe von Software entstehen digitale Ökosysteme, die neue Geschäftsmodelle mit digitalisierten Prozessen realisieren.

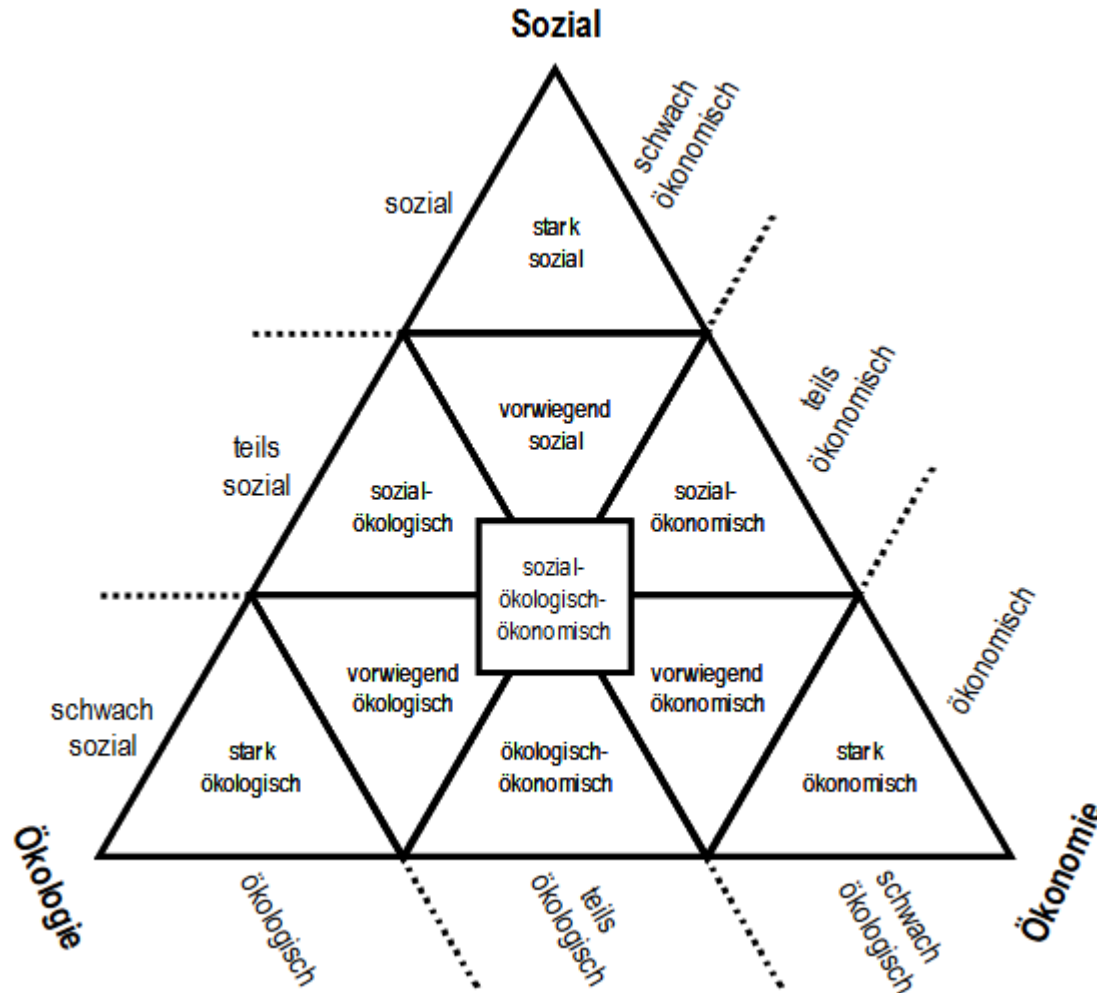




# Digitale Transformation in der Landwirtschaft



# Nachhaltigkeitsdreieck



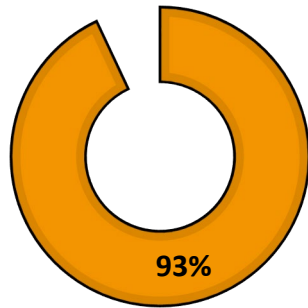
➤ Systemdenken rückt immer mehr in den Vordergrund!



# Wo sehen Landwirte Potentiale der Digitalisierung

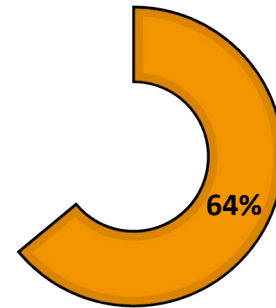
■ Inwieweit stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?

## UMWELT



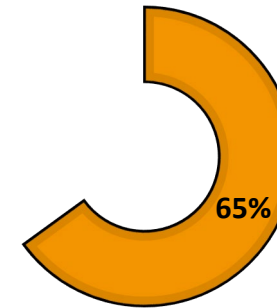
Digitale Technologien helfen, Dünger, Pflanzenschutzmittel und andere **Ressourcen einzusparen**

## VERBRAUCHER



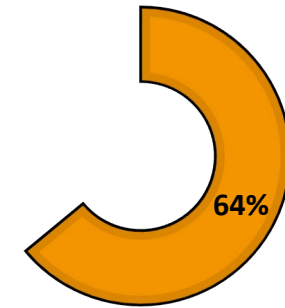
Digitale Technologien helfen, die **Qualität** landwirtschaftlicher Produkte zu verbessern

## TIERWOHL



Digitale Technologien können zur Steigerung des **Tierwohls** beitragen

## BETRIEB



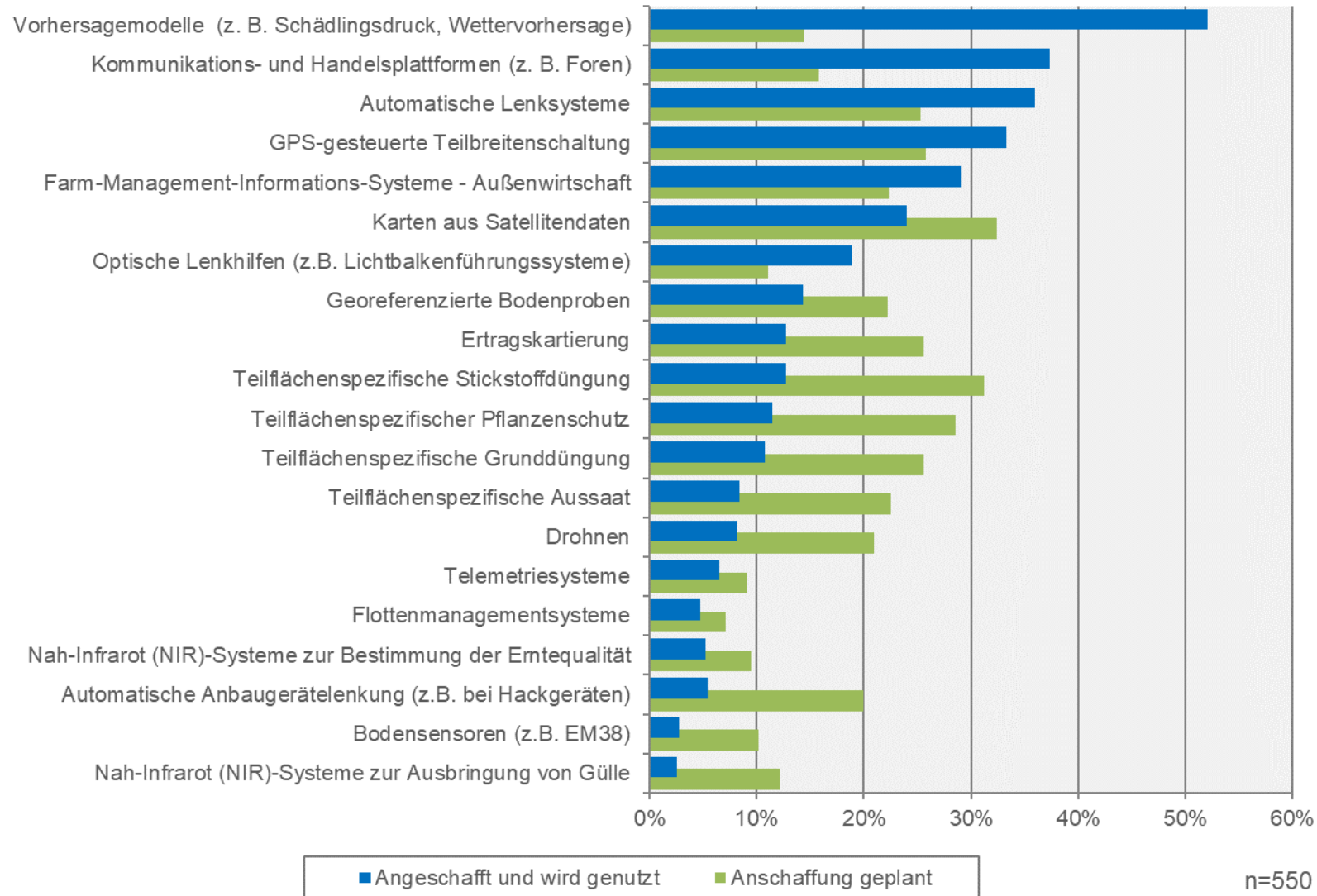
Mit Hilfe digitaler Technologien können langfristig **Kosten gesenkt** werden.

Landwirtschaftliche Betriebe n=500, Quelle: Bitkom Research 2020

Na dann läuft's doch!  
Oder?

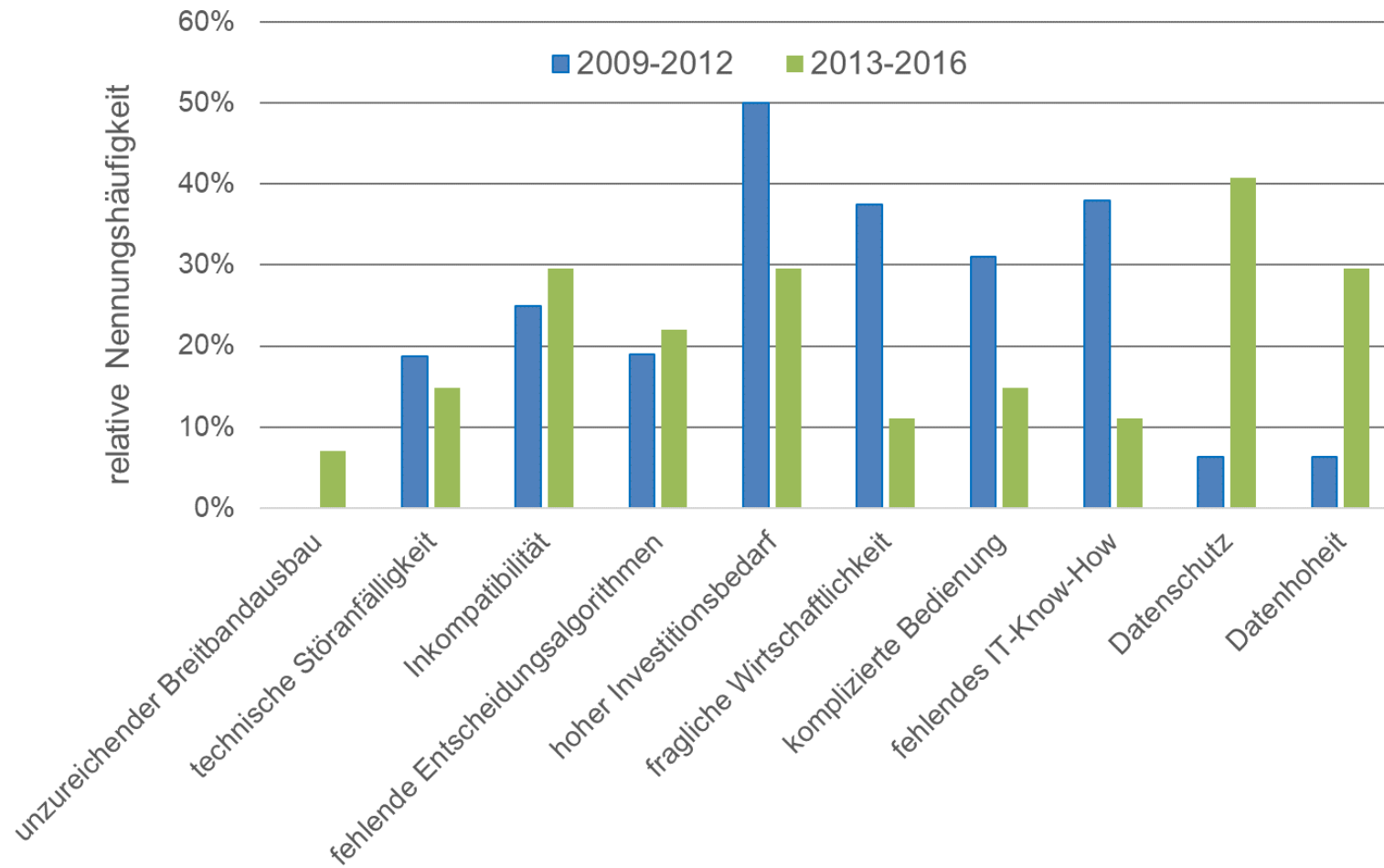


# Umfrage zu Adaption von Digital Farming Lösungen



# Ein Blick auf die Herausforderungen...

# Umfrage zu Gründen/Hindernissen für die Akzeptanz digitaler Technologien in der Landwirtschaft

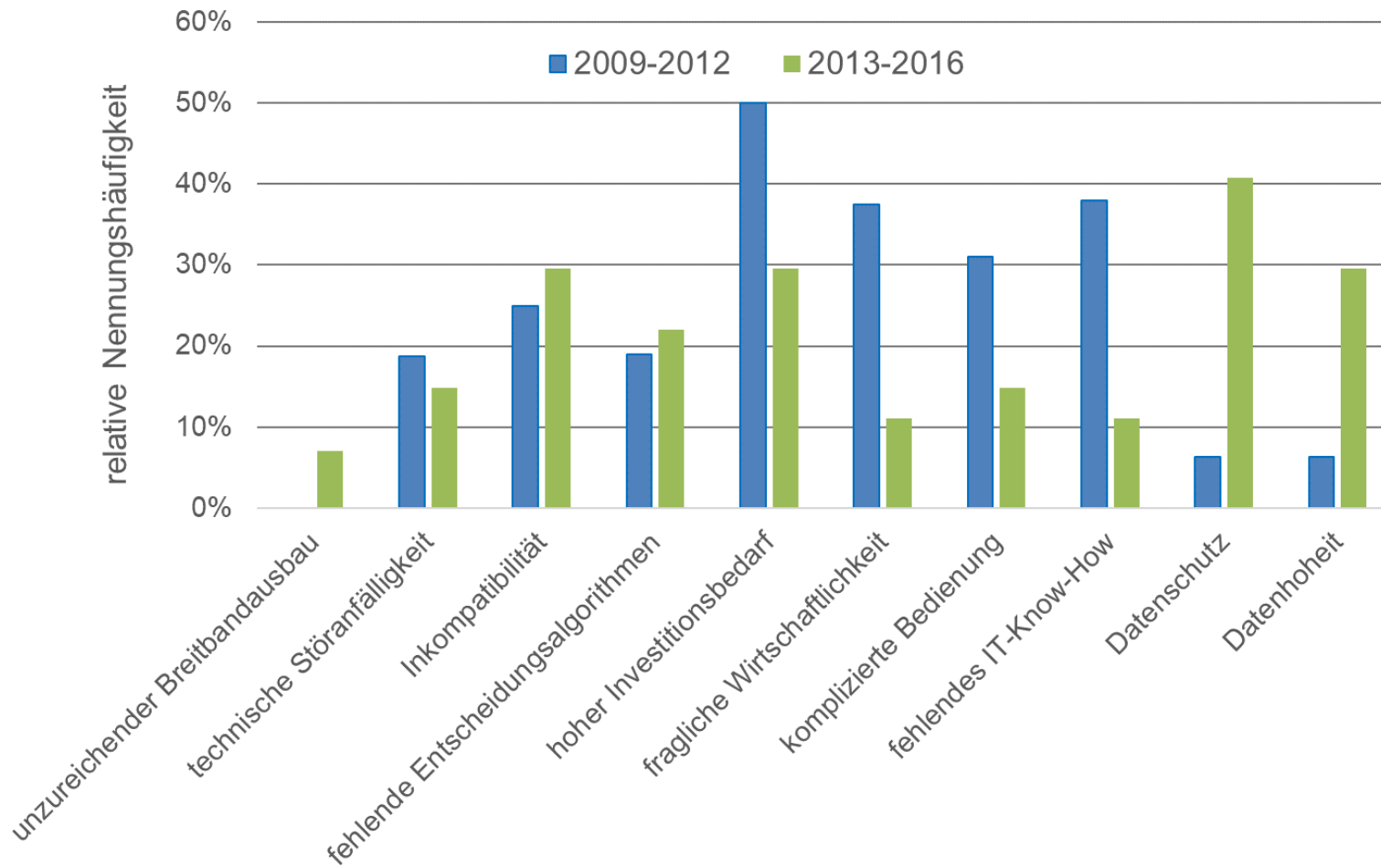


**Hauptprobleme** (neben ROI):

- Anforderungen der Landwirte nicht erfüllt
- Interoperabilität von Lösungen
- Datenschutz und Datensouveränität



# Umfrage zu Gründen/Hindernissen für die Akzeptanz digitaler Technologien in der Landwirtschaft



**Hauptprobleme** (neben ROI):

- Anforderungen der Landwirte nicht erfüllt
- **Interoperabilität von Lösungen**
- Datenschutz und Datensouveränität

# Interoperabilität

- **„interoperability.** The ability of two or more systems or components to exchange information and to use the information that has been exchanged.“

■ *IEEE Standard Computer Dictionary, 1990*

## Pragmatische Interoperabilität

Es wird auf Nachrichten richtig reagiert, Systeme arbeiten nahtlos zusammen und Prozesse können interagieren

## Semantische Interoperabilität

Die enthaltenen Informationen werden auch tatsächlich verstanden und richtig interpretiert

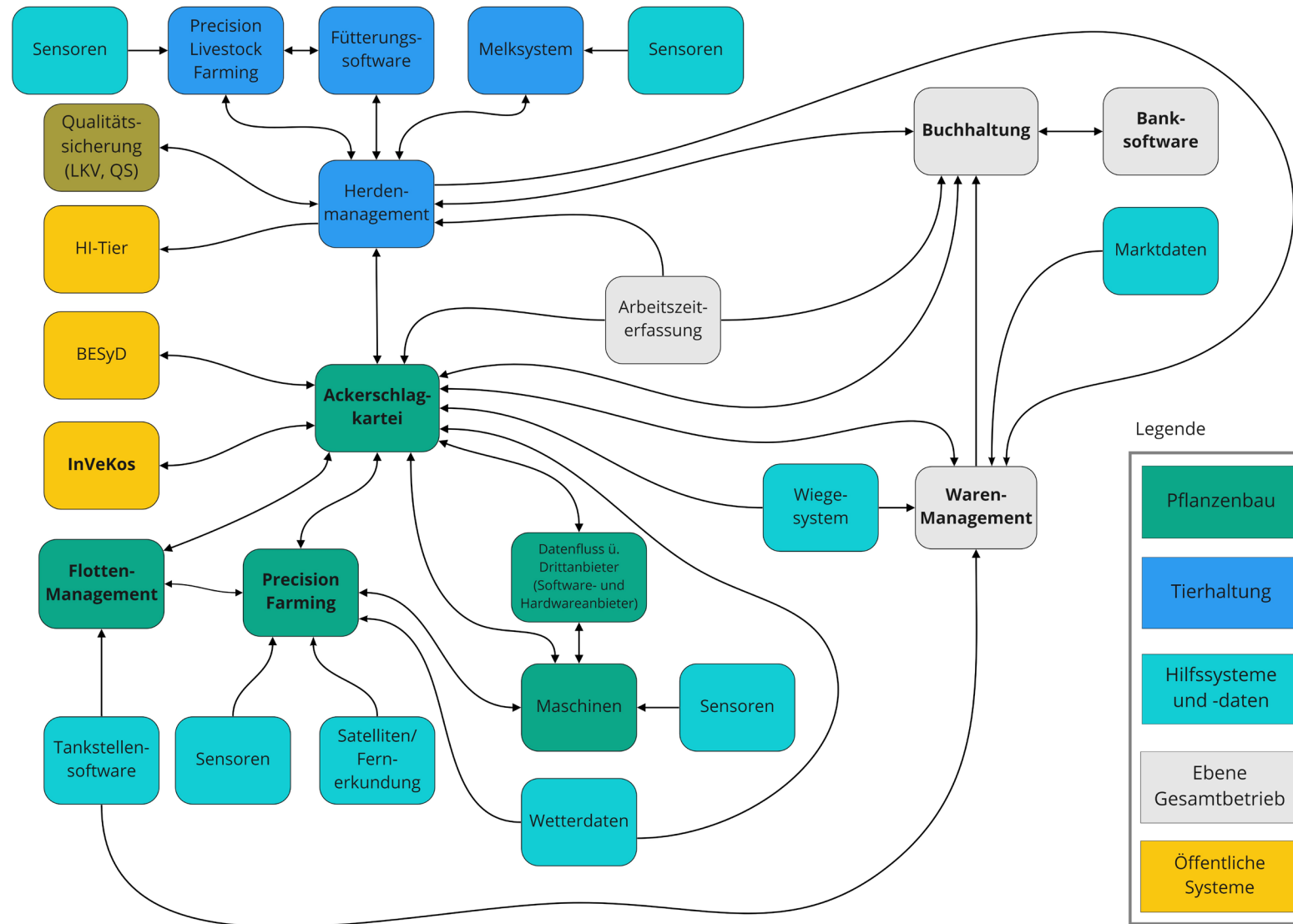
## Syntaktische Interoperabilität

Die Nachricht kann grundsätzlich gelesen werden (wird aber vielleicht noch nicht richtig verstanden)

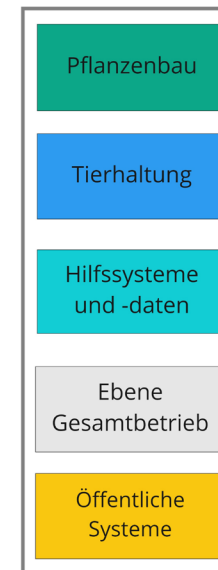
## Strukturelle Interoperabilität

Nachrichten können übertragen werden, es besteht eine Protokollvereinbarung zwischen den Systemen

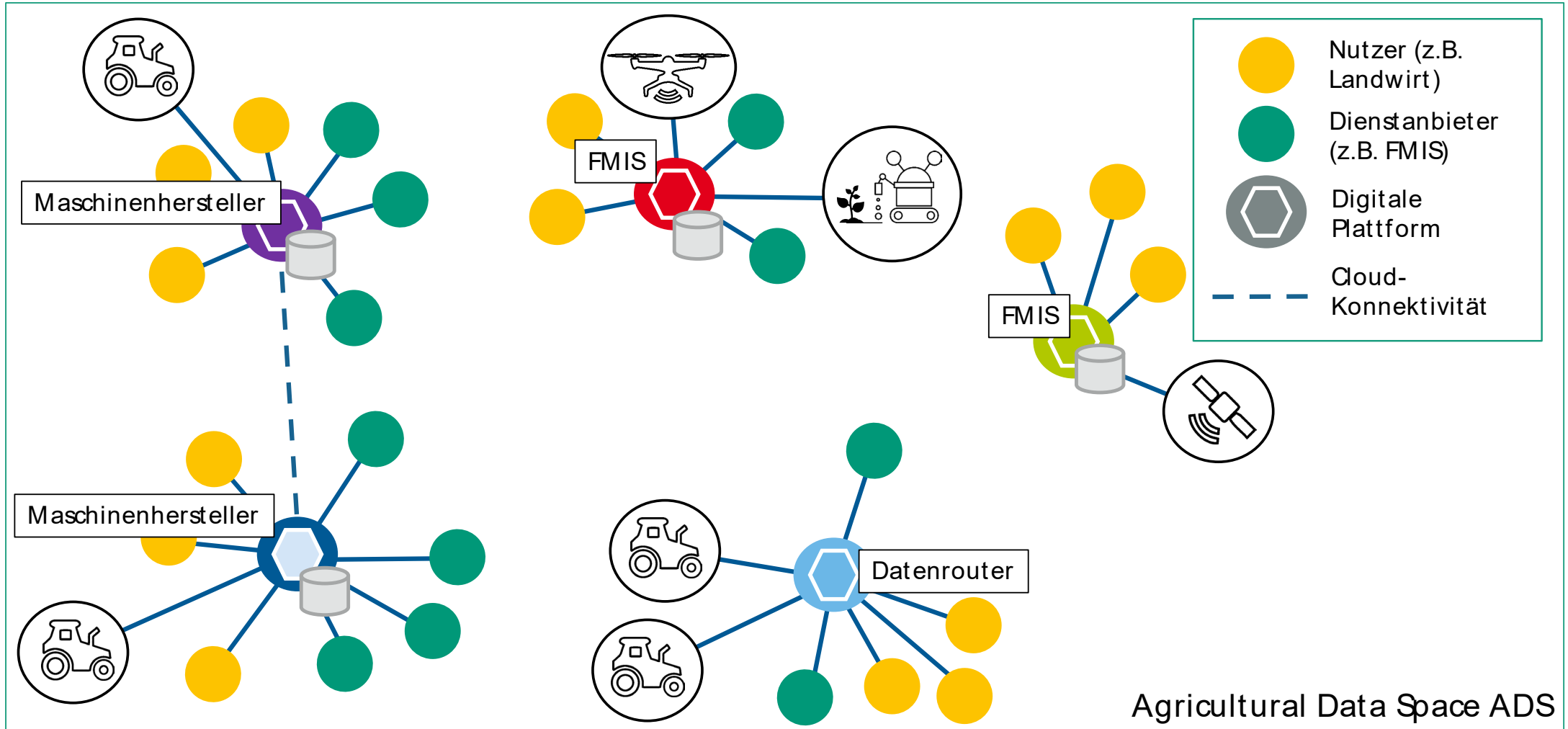
# Beispielhafter Überblick Datenflüsse für einen Gemischtbetrieb

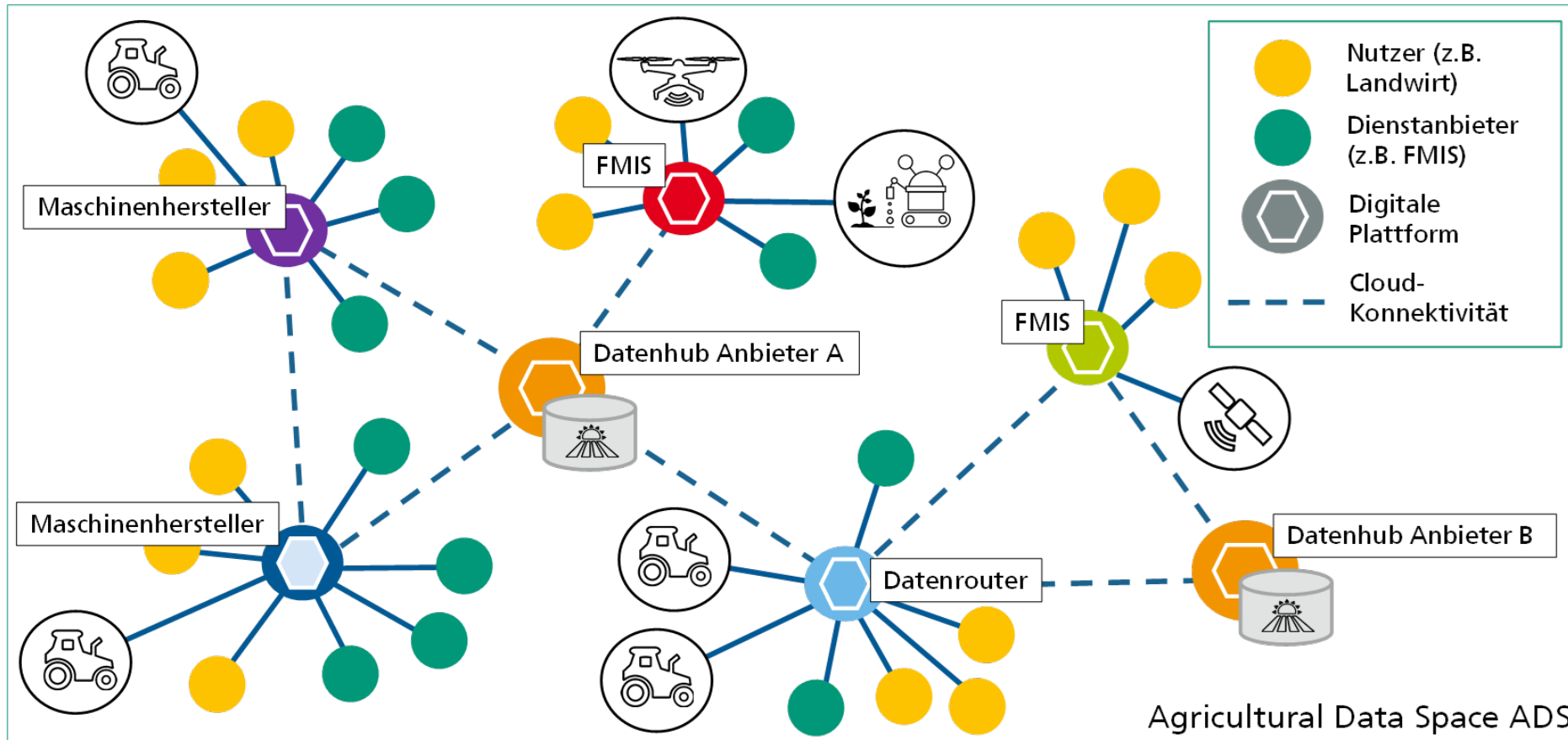


Legende









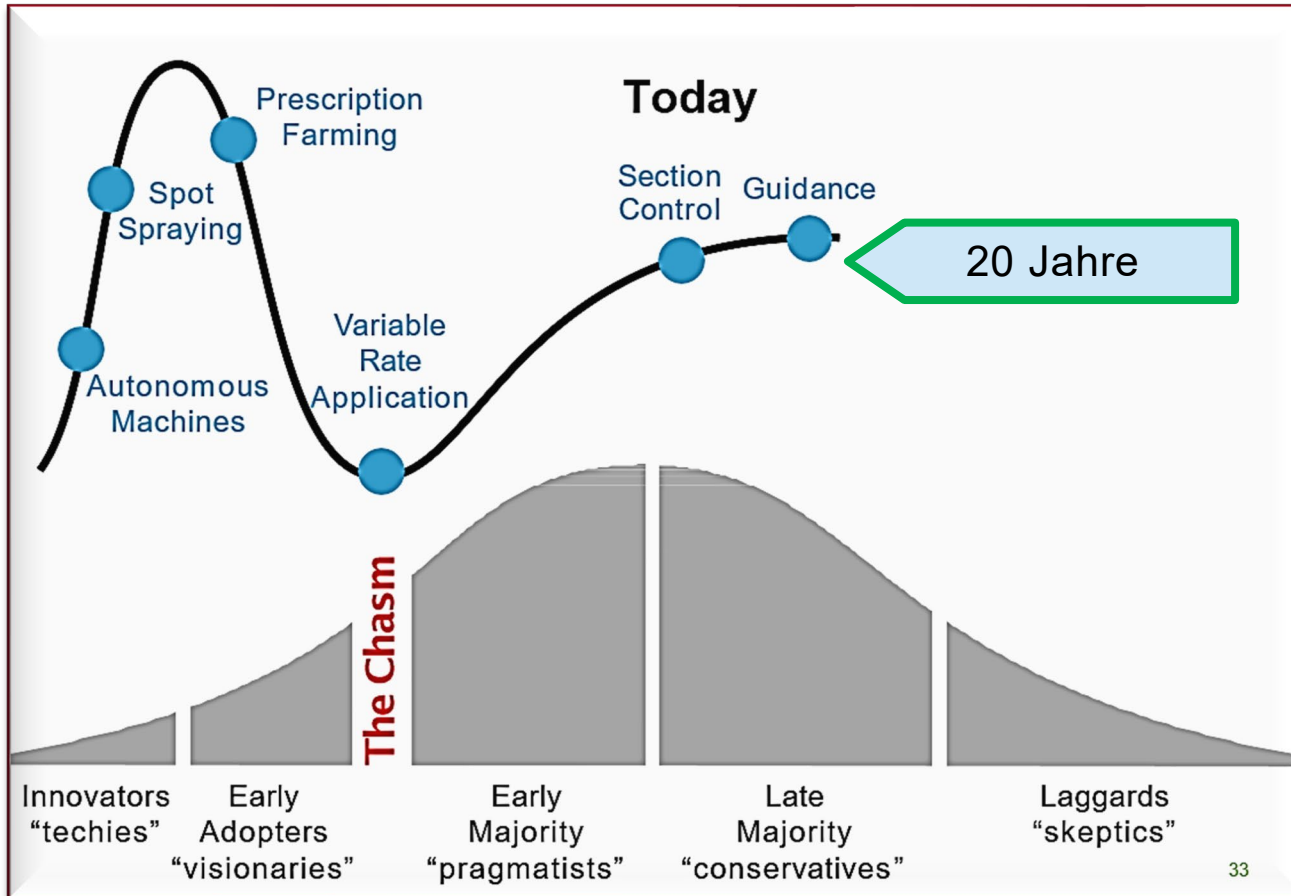
**»Farming looks easy when your plow is a pencil and you're a thousand miles from the cornfield«**

»Landwirtschaft sieht einfach aus, wenn dein Pflug ein Bleistift ist und du tausend Meilen vom Kornfeld entfernt bist«

*-- Dwight D. Eisenhower (1890-1969, 34. Präsident der Vereinigten Staaten)*



# Adaption von Precision Farming Technologie



- Hype Cycle Precision Farming Technologien
  - Innovationsauslöser
    - Innovatoren
    - Autonome Maschinen
  - Höhepunkt der überhöhten Erwartung
    - Visionäre
    - Prescription Farming
  - Trog der Ernüchterung
    - Frühe Mehrheit, risikofreudige Nutzer
    - Variable Rate Application
  - Produktivitätsplateau
    - Mehrheit, eher risikoscheu, in der Praxis verbreitet
    - Guidance und Section Control

Source: Prof. Breunig, 2019 nach gartner.com

# Digitalisierung in der Landwirtschaft



# Biologische Ertragskomponenten



## Bestandsdichte

- Stark abhängig von Bodenart, Konditionen und Wasserversorgung

## Körner pro Ähre

- Abhängig von Stickstoff- und Wasserzufuhr



## Tausend-Korn-Gewicht

- Abhängig von Stickstoffzufuhr und Pflanzenschutz

# Externe Ertragskomponenten



## Boden

- Ist heterogen
- Angemessene Behandlung verändert sich von Jahr zu Jahr und Frucht zu Frucht



## Wetter

- Nicht beeinflussbar
- Liefert Rahmenkonditionen für Feldbehandlung

## Entscheidung vom Landwirt



## Düngung / Pflanzenschutz

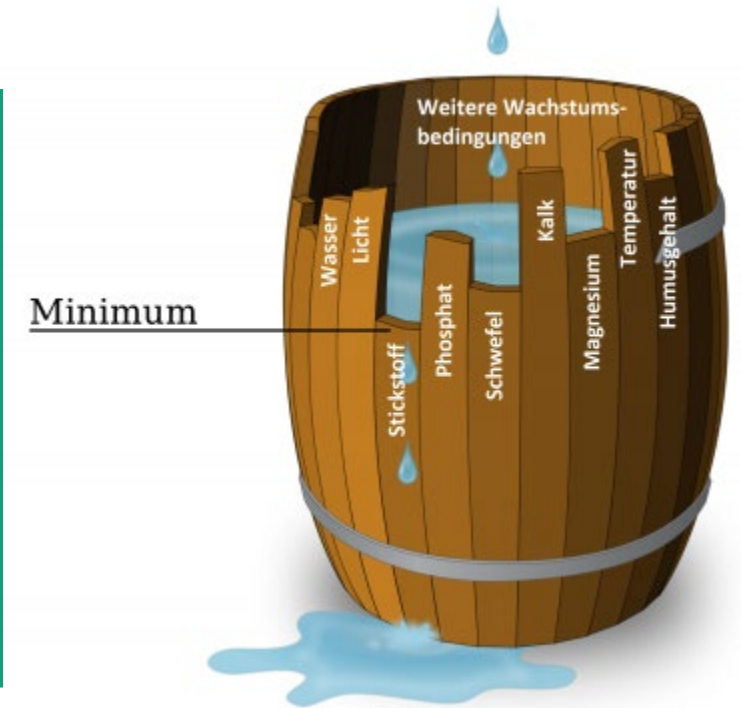
- Abhängig von Bestandsentwicklung
- Aufgrund der Heterogenität im Feld benötigt jede Pflanze eine angepasste Behandlung



# Digitalisierung in der Landwirtschaft

## Warum brauchen wir Precision Farming

- Heterogenität innerhalb eines Schlags
  - Minimumgesetz nach Liebig:
    - Die knappste Ressource limitiert den Ertrag
  - Schlageinheitliche Bewirtschaftung bringt keine effiziente Bewirtschaftung mit sich
  - Nachhaltigkeit und Produktivität werden gesteigert
- **Win – Win Situation**



Schematische Darstellung des Minimumgesetzes von Liebig (©wikipedia.org | DooFi | bearbeitet durch Fraunhofer IESE)



**»Supposing is good, but finding out is better.«**

»Vermuten ist gut, aber herausfinden ist besser.«

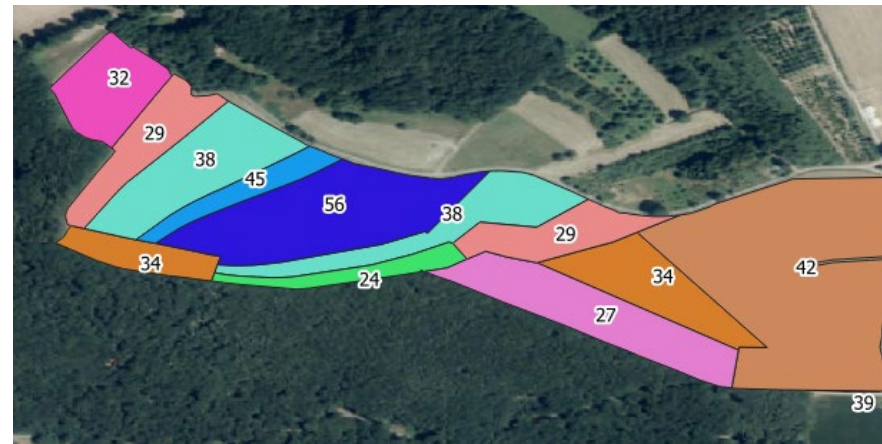
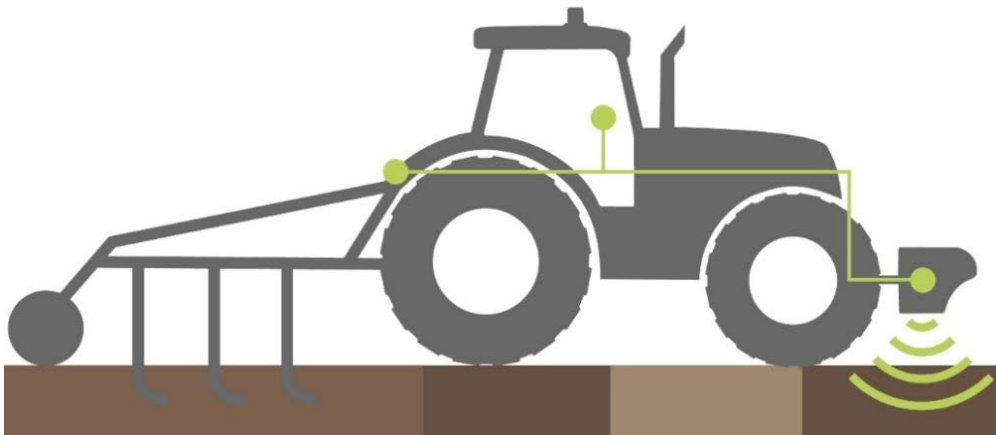
*-- Mark Twain (1835–1910, amerikanischer Schriftsteller)*

# Hauptfelder der Digitalisierung in der Landwirtschaft

- Bildverarbeitung und Sensorik
- Robotik
- Automatisierung
- Big Data

# Entscheidungsgrundlagen

## Wie erkenne ich Heterogenität im Feld



# Grundlagen

## Arten von Informationen

- **Beschreibende** Informationen: stammen aus Nah- und Fernerkundung → zeigen Unterschiede auf erklären sie aber nicht (z. B. elektrische Leitfähigkeit, Biomassekarten, Ertragskarten...)
- **Erklärende** Informationen: zeigen Ursachen für Unterschiede im Feld auf (z. B. Reichsbodenschätzung, Bodenkartierung, Erfahrung des Landwirts)



Kombination beider Informationsarten:

z. B. zur Erstellung von Standortpotentialkarten  
(Entscheidungsgrundlage für teilflächenspezifische Maßnahmen)

## Beschreibende Informationen

Information	Quelle
Luftbilder	Drohnen, Satelliten
Ertragskarten	Ertragskartierung an Maschinen, Satelliten
Biomassekarten	Drohnen, Satelliten, Sensoren
Elektr. Bodenleitfähigkeit	Elektr. Widerstand, elektromagnetische Induktion
Geländemodell und Feuchtigkeitsindex	GPS-Empfänger

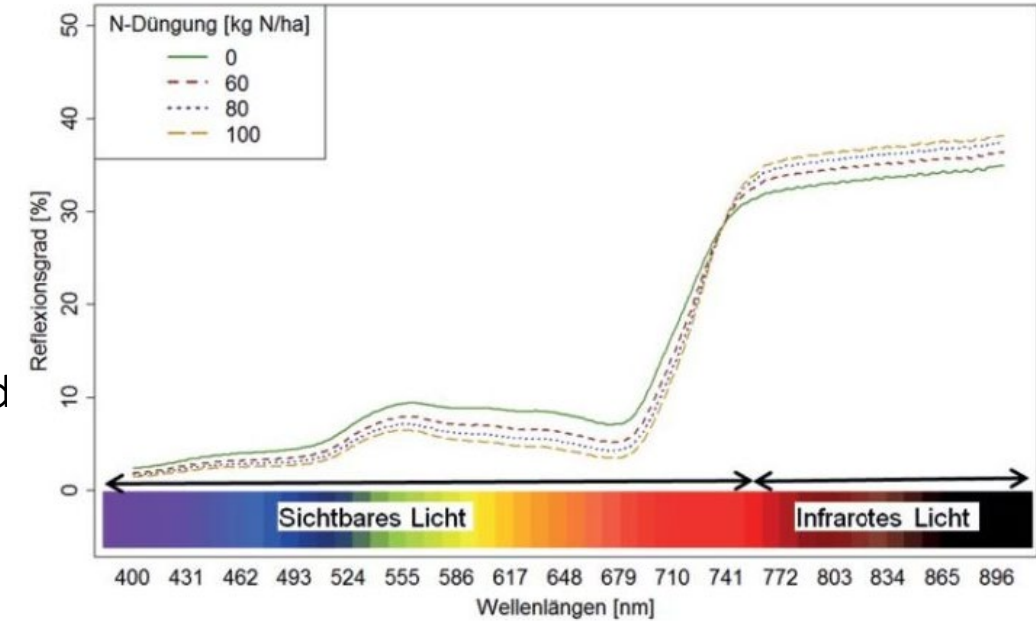
## Erklärende Informationen

Information	Quelle
Bodenschätzung	Reichsbodenschätzung
Geologische Karten	Geologische Dienste der Bundesländer
Bodenkartierung	Dienstleister



# Digitale Hilfsmittel

- Einsatz von Multi- und Hyperspektralsensoren
- Reflexion, Transmission und Absorption sind abhängig von chemischen und physikalischen Eigenschaften des Messobjekts und von der Wellenlänge
  - Ableitung und Rückschlüsse auf:
    - Nährstoffversorgung des Bestandes
    - Pflanzenentwicklungen und Ertragspotentiale
    - TM-Gehalt und Inhaltsstoffe (z.B. Gülle, Erntegut)



Quelle: Westermeier und Maidl 2019



[1]



[2]



[3]



[4]

# N-Sensoren

## Sensoren am Traktor (Online-Sensoren)

- Montage am Dach oder Frontanbau
- Passive und aktive Sensoren
  - Passiv: Rückstrahlung des Umgebungslichtes, Einsatz nur bei Tag
  - Aktiv: Eigene Lichtquelle – Tag und Nacht Einsatz möglich
- Verschiedene Ansätze (Index) zur Ableitung von Zielgrößen
  - Red Edge Inflection Point (REIP-Index)
  - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
  - Isaria Biomasse Index (IBI) & Isaria Reflectance Measurement Index (IRMI)
- Spektrosensoren - Verknüpfungen und Hinterlegung von Karten (Map-Overlay)
  - Ertragspotentiale innerhalb des Feldes
  - Weitere Unterstützung mit Pflanzenwachstumsmodellen und Wettereinflüssen



[1]

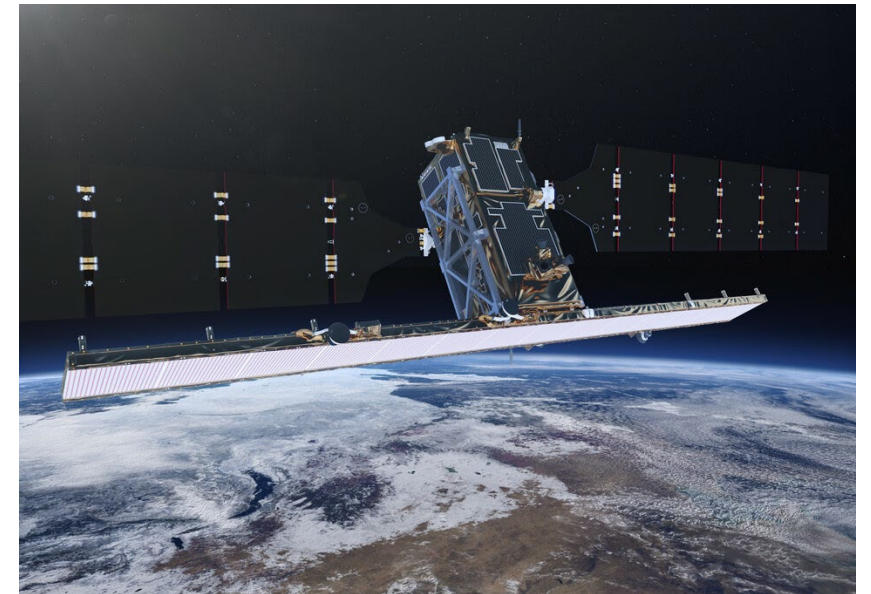


[2]

# Digitale Hilfsmittel

## Fernerkundung - Satellit

- Beispielhafte Anwendungsgebiete
  - Erfassung und Überwachung Pflanzenzustände (z.B. Biomasse)
  - Erstellung u/o. Unterstützung bei Applikationskartenerstellung
  - Modellierung Pflanzenwachstum, Ertrag, Abreife, ...
- Satelliten Datenerhebung (kostenfrei)
  - Sentinel 2
    - 10m Auflösung
    - ~5 Tage Wiederkehrrate
  - Landsat 8
    - 30m Auflösung
    - ~16 Tage Wiederkehrrate

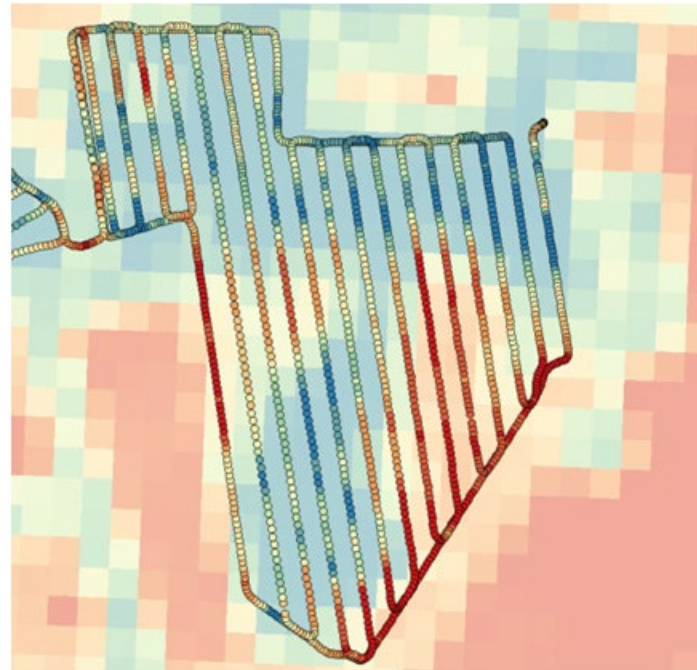


[1]

# Digitale Hilfsmittel

## Fernerkundung - Satellit

- Vergleich Messwerte (NDVI) von einem N-Sensor und Landsat 8 Satellit in einem Rapsbestand



Quelle: Noack 2018



# Digitale Hilfsmittel

## Fernerkundung - Satellit

### Beispiel Climate Field View



- Index: NDVI
- Aufnahmedatum: 20.04.2021
- BBCH-Stadium: ~ 30



- Index: Wasserverfügbarkeit
- Aufnahmedatum: 20.04.2021
- BBCH-Stadium: ~ 30



# Digitale Hilfsmittel

## Fernerkundung - Drohnen

### ■ Beispielhafte Anwendungsgebiete

- Erfassung und Überwachung Pflanzenzustände (z.B. Rückschluss auf Einstellung Düngestreuer)
- Unterstützung oder Erstellung Applikationskarten

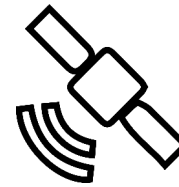
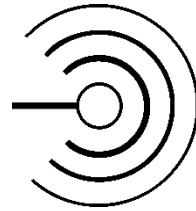
### ■ Technologie (Auflösung ~3-7cm pro Pixel)

- RGB-Kamera
- Multispektralsensoren
- Hyperspektralsensoren



[1]

# Digitale Hilfsmittel



	N-Sensoren	Satellit	Drohne
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensor direkt mit dem Anbaugerät verbunden</li><li>• Verknüpfung mit weiteren Daten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Große Flächenleistung</li><li>• Kostenloser Datendownload</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Flexible Einsetzbarkeit</li><li>• Hohe Auflösung</li></ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"><li>• Teilweise nur tagsüber einsetzbar (passive Sensoren)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wiederkehrtrate</li><li>• Niedrigere Auflösung</li><li>• Abhängigkeit vom Wetter (Wolken)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Flugleistung</li><li>• Flächenleistung</li><li>• Anwender vor Ort</li></ul>

# Digitale Hilfsmittel

## Organische Düngung und Ernte

- Einsatz von NIR-Sensoren für eine nährstoffbasierte Ausbringung
  - Verfügbare NIR-Sensoren auf dem Markt
    - John Deere HarvestLab 3000
    - Zunhammer Van-Control 2.0
    - MUT GmbH
    - Kaweco
- Alle sind von der DLG zertifiziert, teilweise in manchen Bundesländern für die Dokumentation zugelassen



[1]



[2]

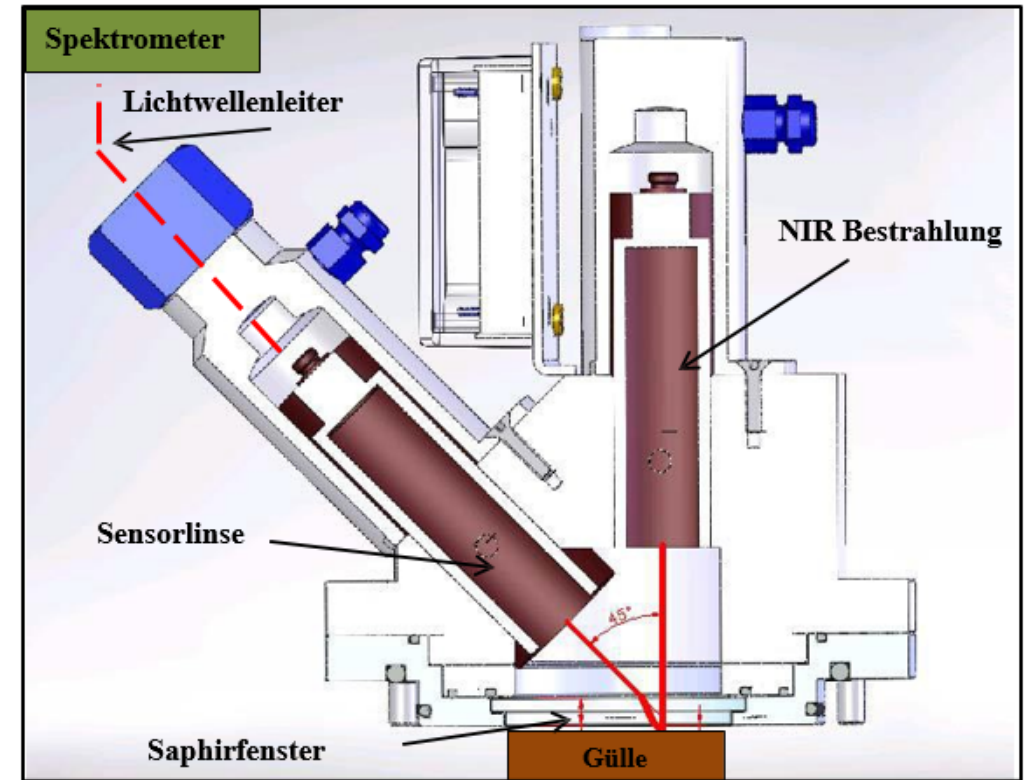
# Digitale Hilfsmittel

## NIRS

### Nahinfrarot Spektroskopie (NIRS)

- Probe wird mit Licht der Wellenlänge von 800nm - 1500nm bestrahlt
- Das reflektierte Licht der Probe wird mit einem Sensor gemessen
- Reflexionsspektren geben Rückschlüsse auf Inhaltsstoffe
- Hinterlegung entsprechender Kalibrationskurven

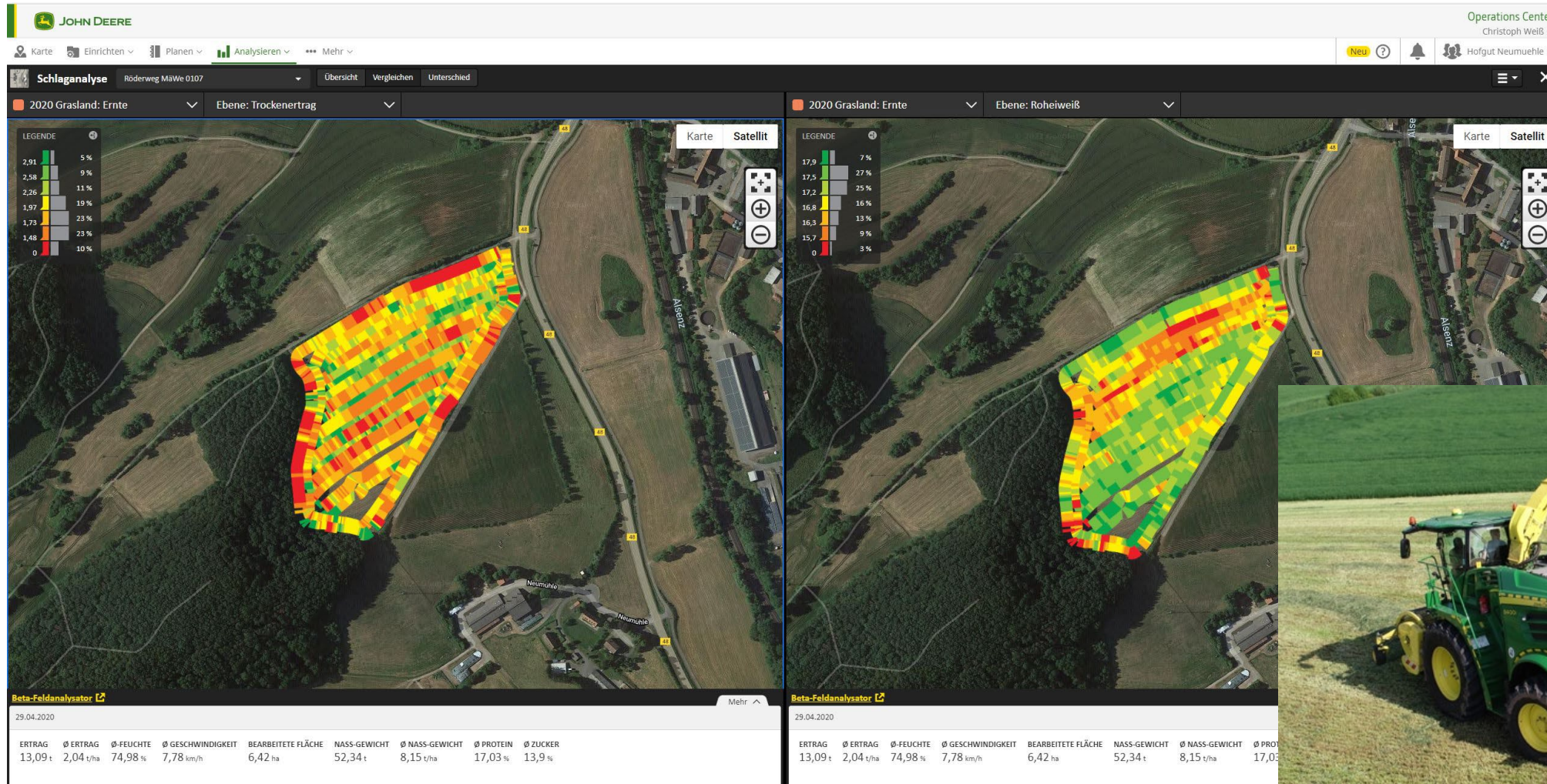
Abbildung 2: Funktionsprinzip der Nahinfrarotspektroskopie



Quelle: Eigene Darstellung nach ZIMMERMANN & HARTUNG (2009)



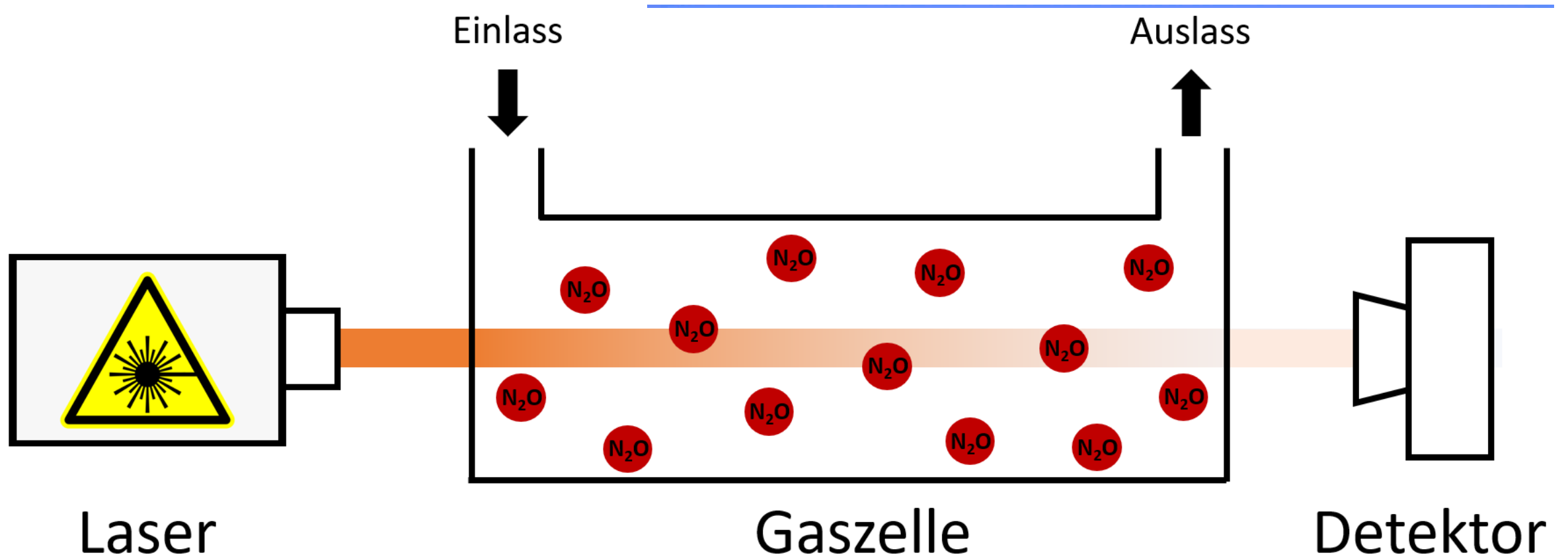
# Digitalisierung während der Ernte - Ertragskartierung Feldhäcksler



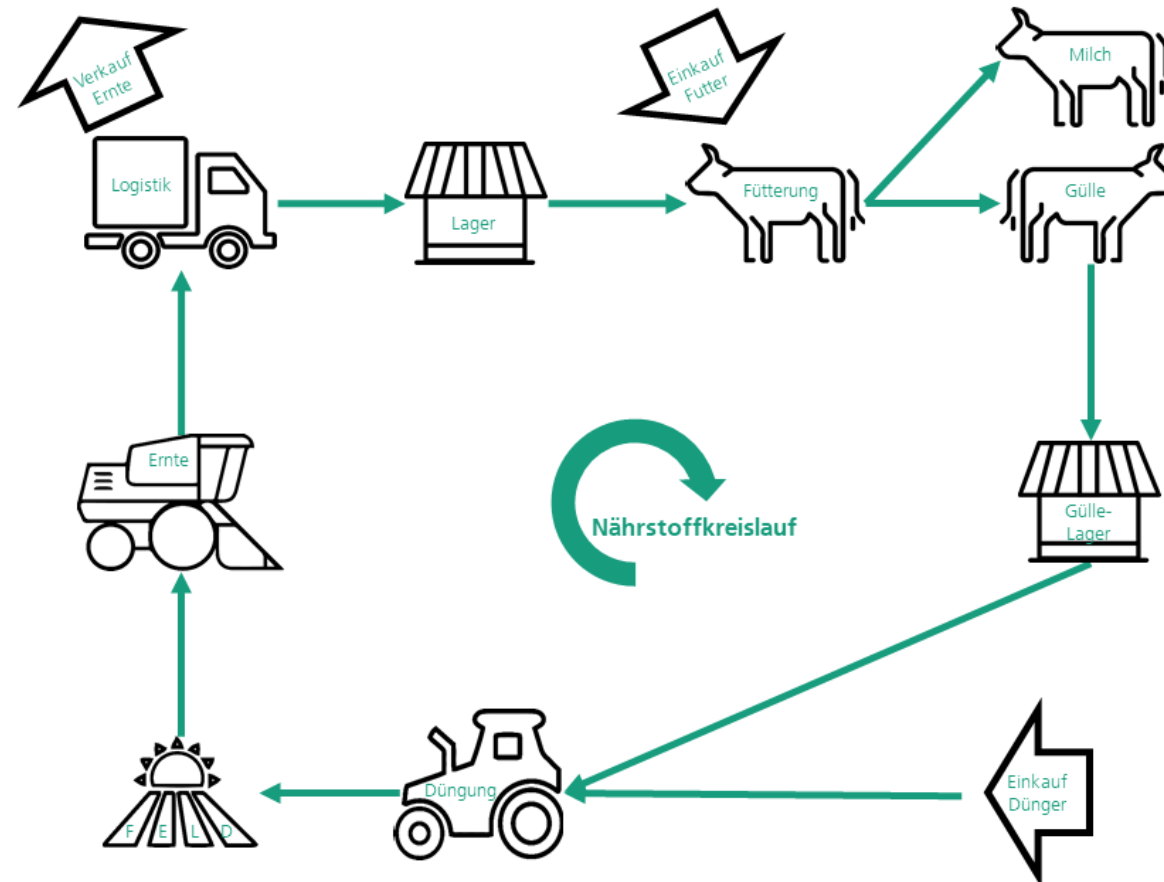


# Bodenstickstoffsensor

## Messprinzip: Laserabsorptionsspektroskopie



# Was ist das Ziel?



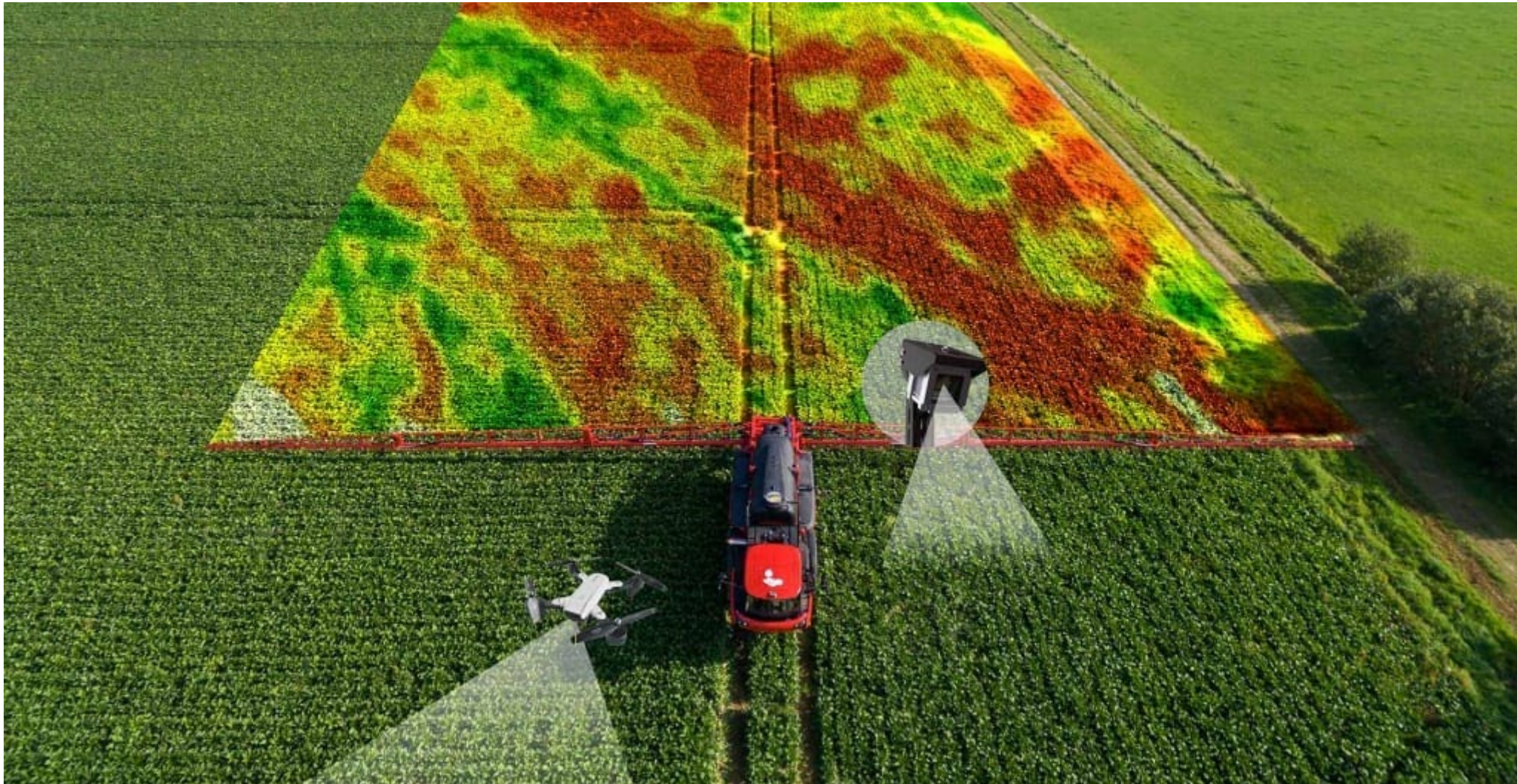
Nährstoffkreisläufe optimieren; Stickstoffnutzungseffizienz erhöhen!

# Smart Spraying





# Spot Spraying





# Drohnen und Ausbringung von PSM

- Ausbringung PSM mit Drohnen
  - Aktuell nur in Weinbergen mit Steillagen zugelassen
  - Einsatz von Drohnenschwärmen möglich



<https://webaro.de/produkt/dji-agras-t30/>



# Aussaat mit dem Roboter



[1]

## ■ Farmdroid

- Aussaat und Hacken (Rüben)
- 900 kg
- Ausgelegt für 20 ha

## ■ Fendt Xaver

- Aussaat
- Gewicht 150-250 kg
- Flächenleistung Schwarm (6 Roboter) rund 3 ha/h



[2]

# Entwicklung Robotik in der Landwirtschaft



<https://lemken.com/de-de/lemken-aktuelles/landtechnik-news/detail/combined-powers>

<https://agxeed.com/>



# Studie „Scouting the Autonomous Agricultural Machinery Market“

Year 2035	Entirely human driven (no technological assistance)	Assisted human driven (with technological assistance, e.g. GPS)	Supervised autonomous	Entirely autonomous machine
High technology, large-scale markets (North America & Australia)	●	●	●	●
Western European markets	●	●	●	●
Small-scale Asian markets	●	●	●	●
Low technology, large-scale markets (Latin America)	●	●	●	---
Eastern European markets	●	●	●	---
African & Middle East markets	●	●	●	---

Year 2045	Entirely human driven (no technological assistance)	Assisted human driven (with technological assistance, e.g. GPS)	Supervised autonomous machines	Entirely autonomous machines
High-technology, large-scale markets (North America & Australia)	●	●	●	●
Western European markets	●	●	●	●
Small-scale Asian markets	●	●	●	●
Low-technology, large-scale markets (Latin America)	●	●	●	●
Eastern European markets	●	●	●	●
African & Middle Eastern Markets	●	●	●	●

# Herausforderungen

## Technology-related influence factors

**Sensors and Actuation**

**Pattern Recognition**

**Decision Making Process**

Complexity of Autonomous Actions

Standards

Laws and Legislation

**Trust and Acceptance**

## Market-related influence factors

Change of climate and natural conditions

Consolidation in the agricultural industry and change of food production systems

**Farm productivity and profitability**

Demographic and social change

Political and economic framework

Regulatory and pest/disease pressure



# Realität in 2050?





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



**Fraunhofer IESE**

**Jens Henningsen**

[jens.henningsen@iese.fraunhofer.de](mailto:jens.henningsen@iese.fraunhofer.de)

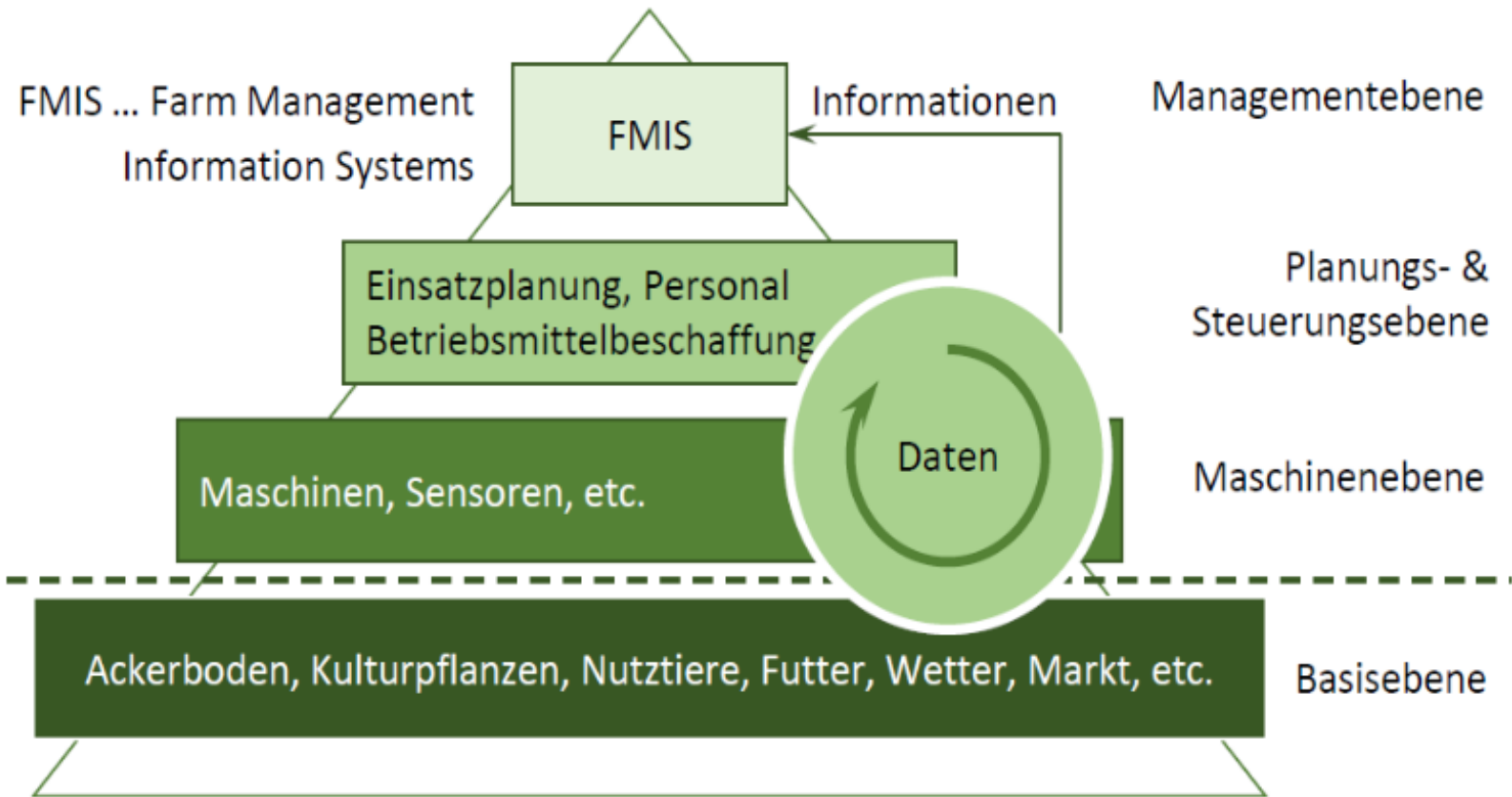
-----

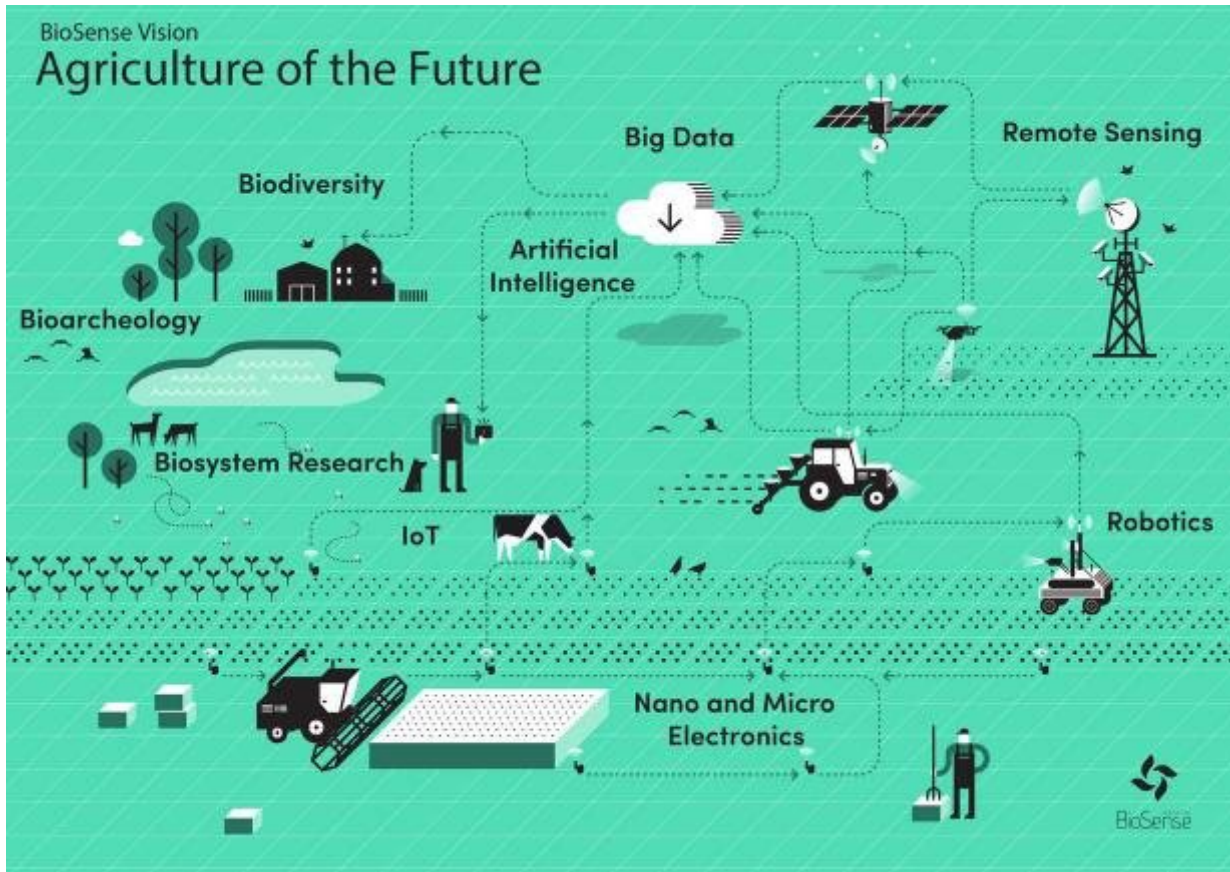
Fraunhofer-Platz 1

67663 Kaiserslautern

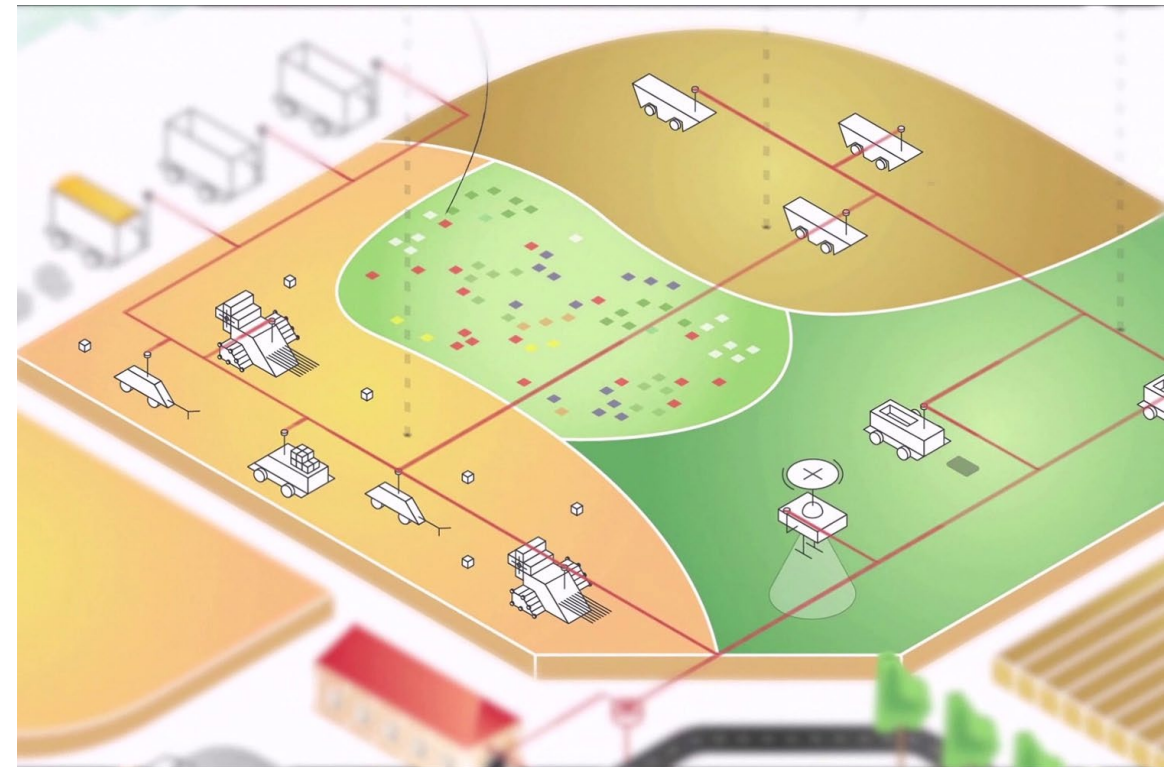
[www.iese.fraunhofer.de](http://www.iese.fraunhofer.de)

Planung → Analyse → Entscheidung

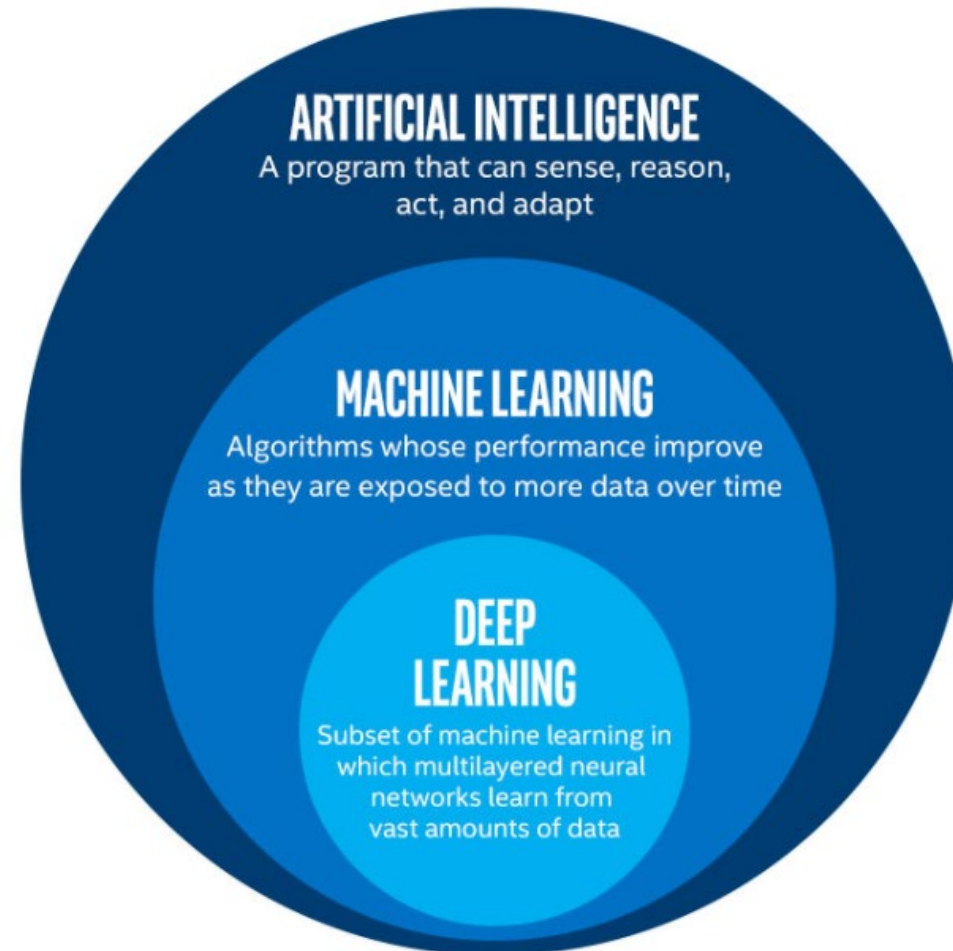




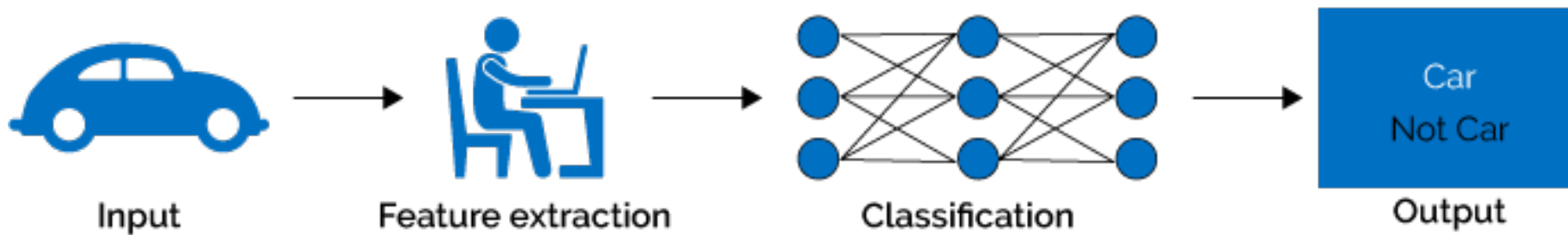
## Spot Farming



# AI, ML and DL



# Machine Learning





# ML and DL differ in their development

