

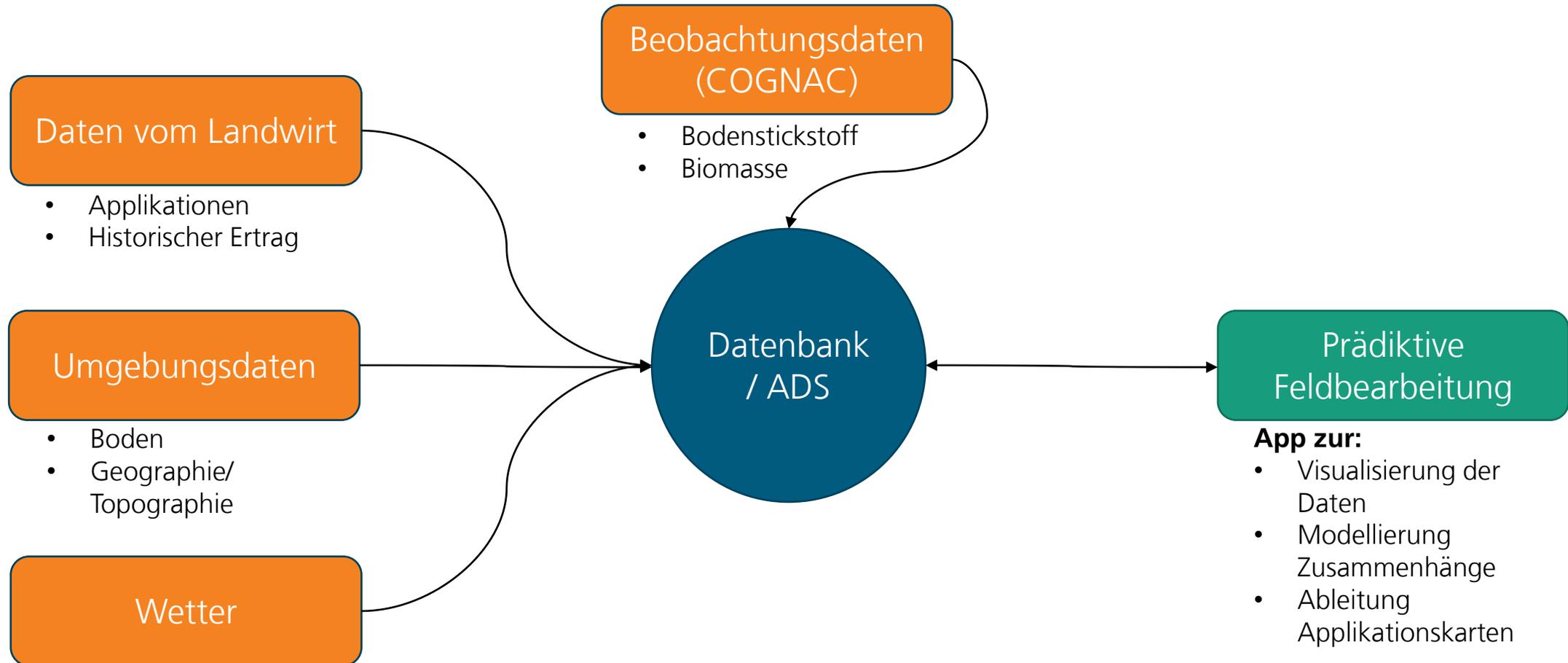


# Digitale Entscheidungsunterstützung

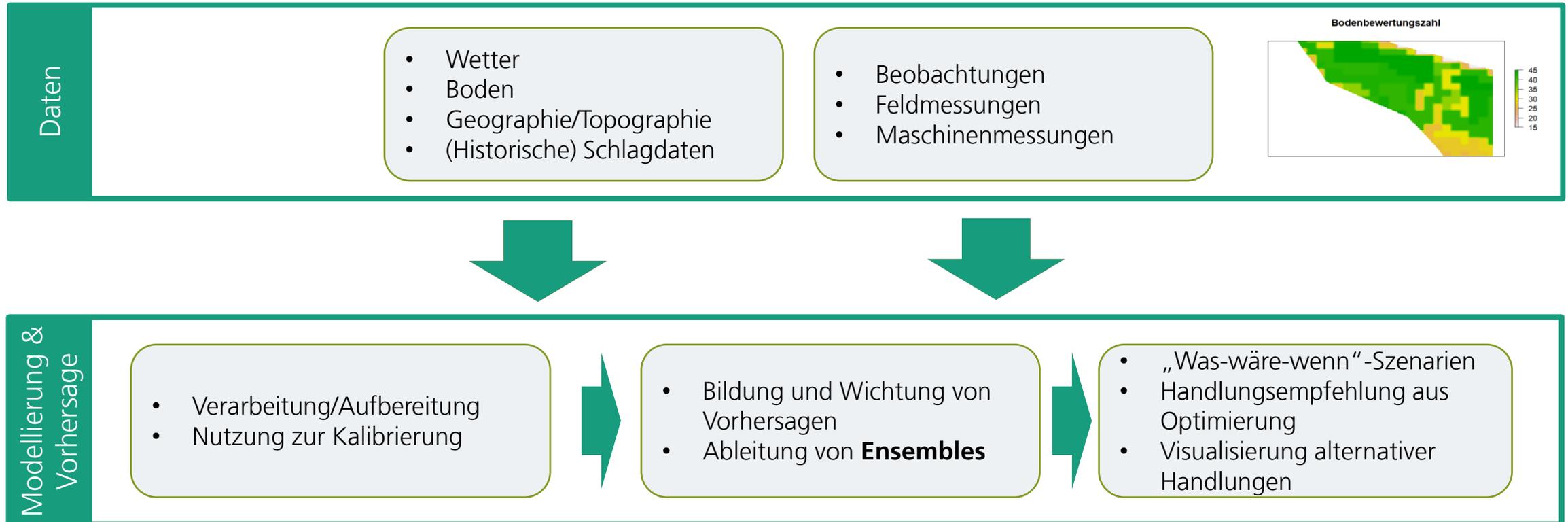
# Prädiktive Feldbearbeitung

Jochen Fiedler, Michael Burger, Sophie Dressler, Urs Baumgart

# Motivation: Handlungsempfehlungen aus verfügbaren Daten ableiten



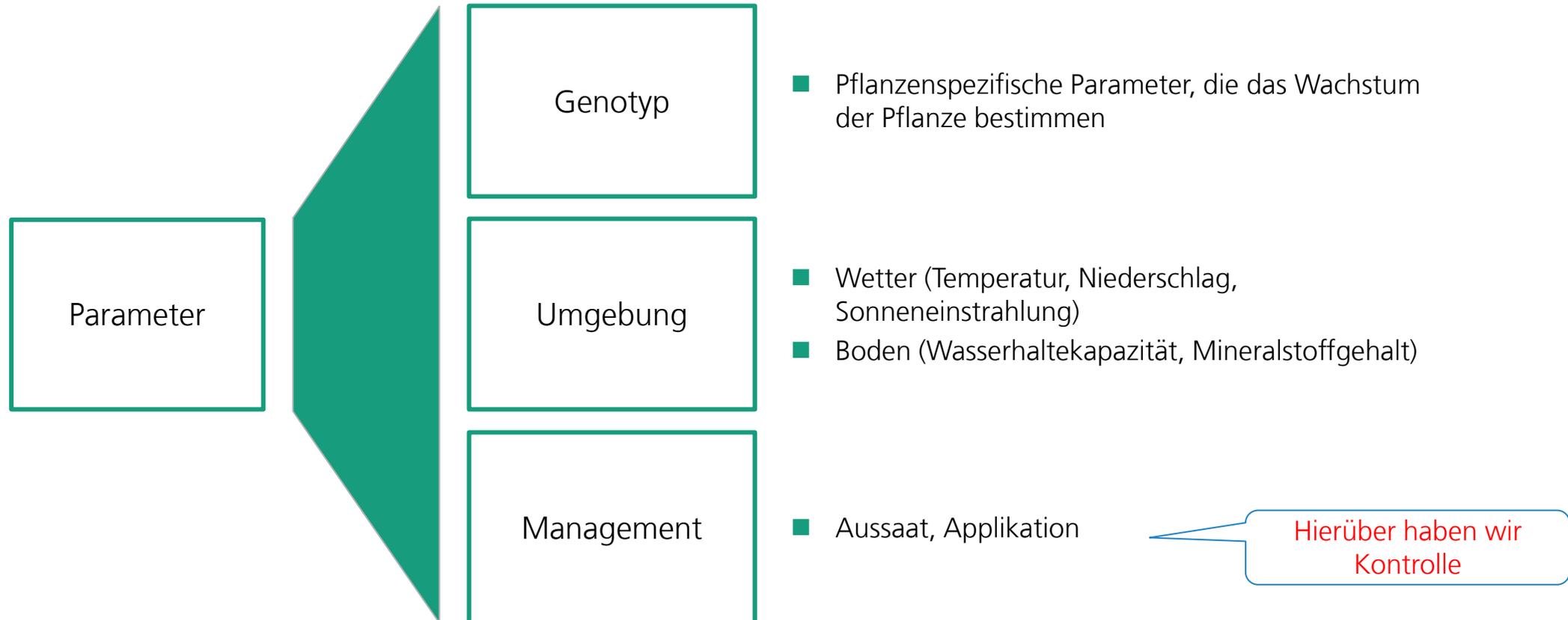
# Workflow



# Pflanzenwachstumsmodellierung

---

# Pflanzenwachstumsmodelle werden von verschiedenen Parametern beeinflusst



# Vorhersage-Ensembles können Parameter-Unsicherheiten abbilden

---

**Problem:** Viele Unsicherheiten in wichtigen Variablen

**Idee:** Berücksichtigung dieser Unsicherheiten durch systematische Bildung von Vorhersage-Ensembles

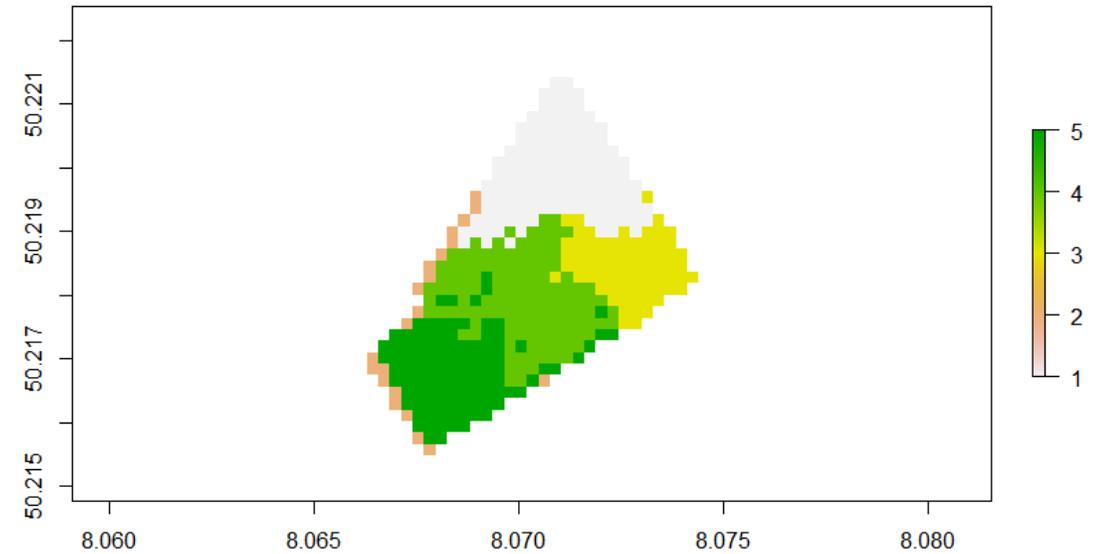
- Etablierte Methode in der Meteorologie
- Konstruktion berücksichtigt
  - Unsicherheiten in Kombination aus Pflanzen- und Umweltparametern
  - Ensemble-Wettervorhersagen

Einfache Ensembles wurden auch schon in der Pflanzenwachstumsmodellierung genutzt, Martre et al. (2015) oder Rodríguez et al. (2019)

# Bildung von Ensembles

## Ensemblevorhersagen werden mit mehreren Schritten gebildet

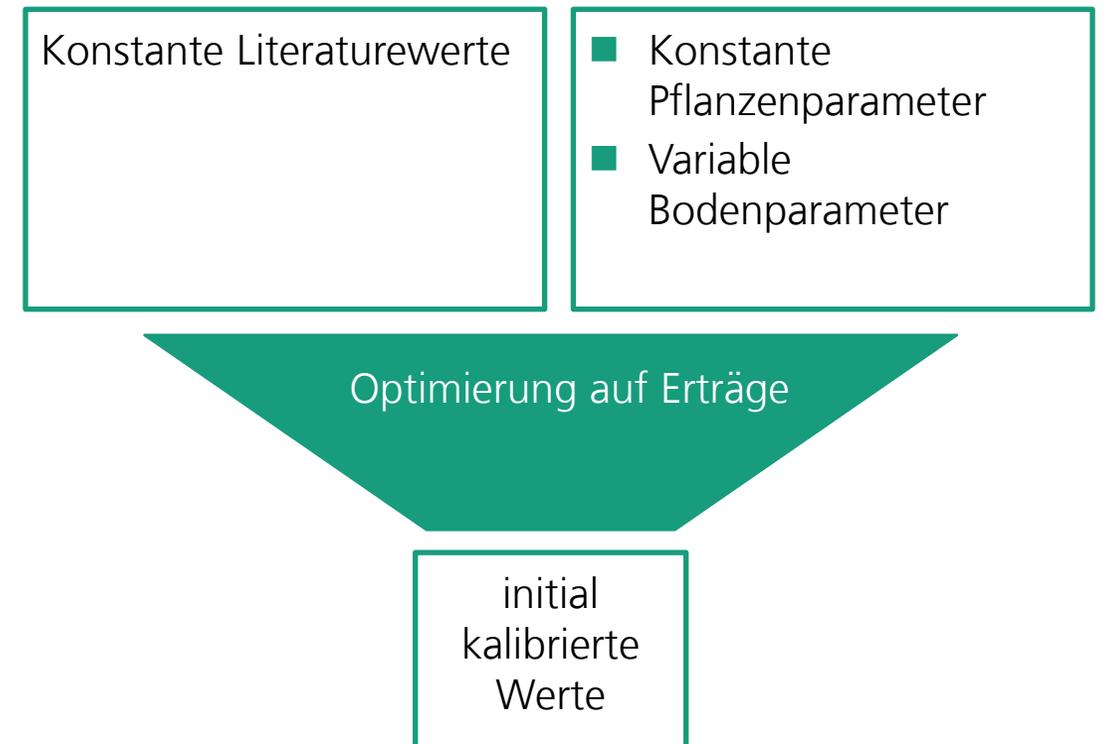
1. **Clustering:** Nutze historische Ertragsdaten in Kombination mit Bodenwertzahlen und Steigungen



# Bildung von Ensembles

## Ensemblevorhersagen werden mit mehreren Schritten gebildet

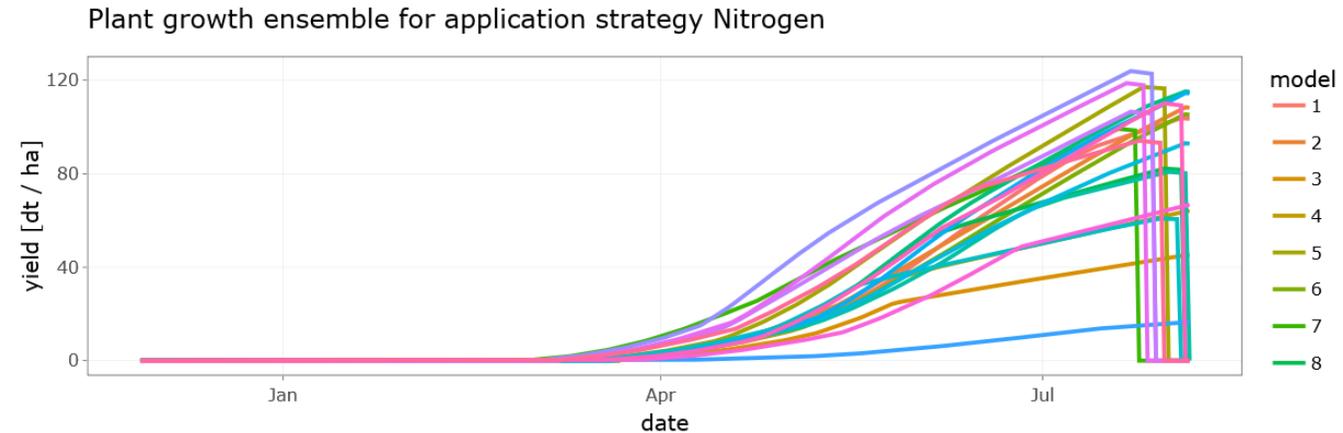
1. **Clustering:** Nutze historische Ertragsdaten in Kombination mit Bodenwertzahlen und Steigungen
2. **Initiale Kalibrierung:** Kombiniere Literaturwerte mit optimierten Pflanzen- und Bodenparametern



# Bildung von Ensembles

## Ensemblevorhersagen werden mit mehreren Schritten gebildet

- 1. Clustering:** Nutze historische Ertragsdaten in Kombination mit Bodenwertzahlen und Steigungen
- 2. Initiale Kalibrierung:** Kombiniere Literaturwerte mit optimierten Pflanzen- und Bodenparametern
- 3. Bildung Ensembles:** Leite aus den Unsicherheiten bei der Optimierung in Kombination mit Wettervorhersageensembles ein Ensemble ab

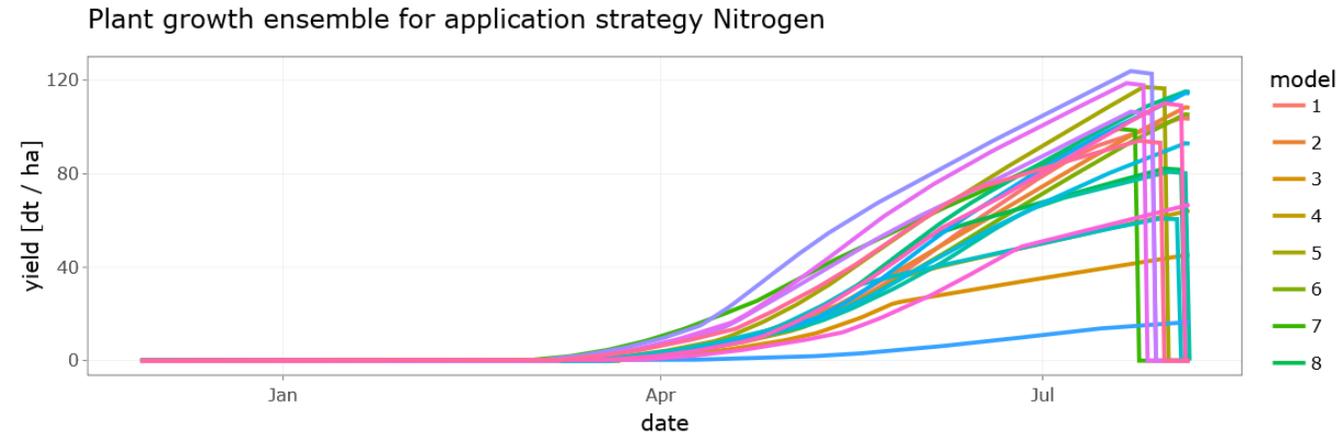


# Ziehen von Schlüssen aus Ensembles ist nicht trivial

Unsicherheiten können die Ensembles weit streuen lassen

**z. B. durch stark variierende Wetterverläufe**

Konstruiere **probabilistische Vorhersagen** welche dann quantitativ evaluiert werden können



*Generiertes Vorhersageensemble mit 20 Mitgliedern*

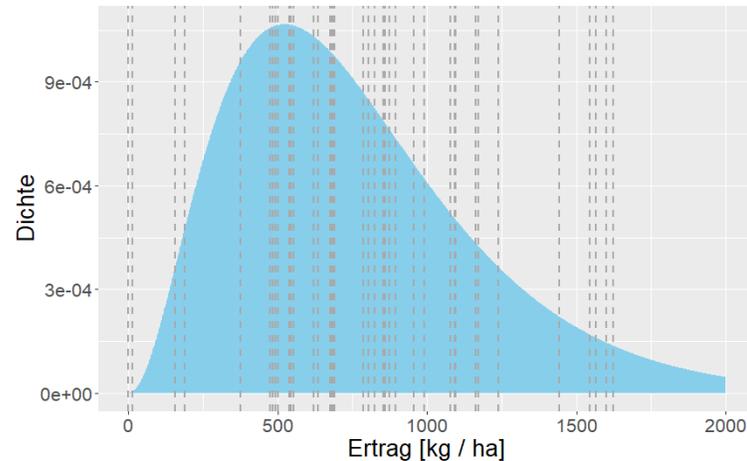
# Ensemble model output statistic (EMOS)

Ensemble-Vorhersage

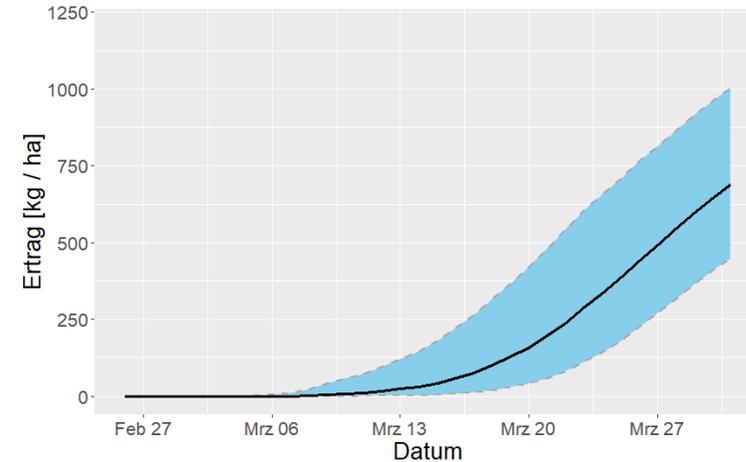
- Wähle geeignete Verteilung (Gamma)
- Mittelwert ist Linearkombination der einzelnen Ensembles
$$Y = a + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$
- Für die Varianz nehmen wir
$$c + d \cdot \text{var}(X)$$
- Im Fall  $a = c = 0, d = 1$  und  $b_1 = \dots = b_n = 1/n$  hat die Verteilung Mittelwert und Varianz des Ensembles (wir nennen es *simple EMOS*)

# Probabilistische Vorhersage für unser Beispiel

Probabilistische Vorhersage für einzelnen Zeitpunkt



Zeitliche Entwicklung der probabilistischen Vorhersagen



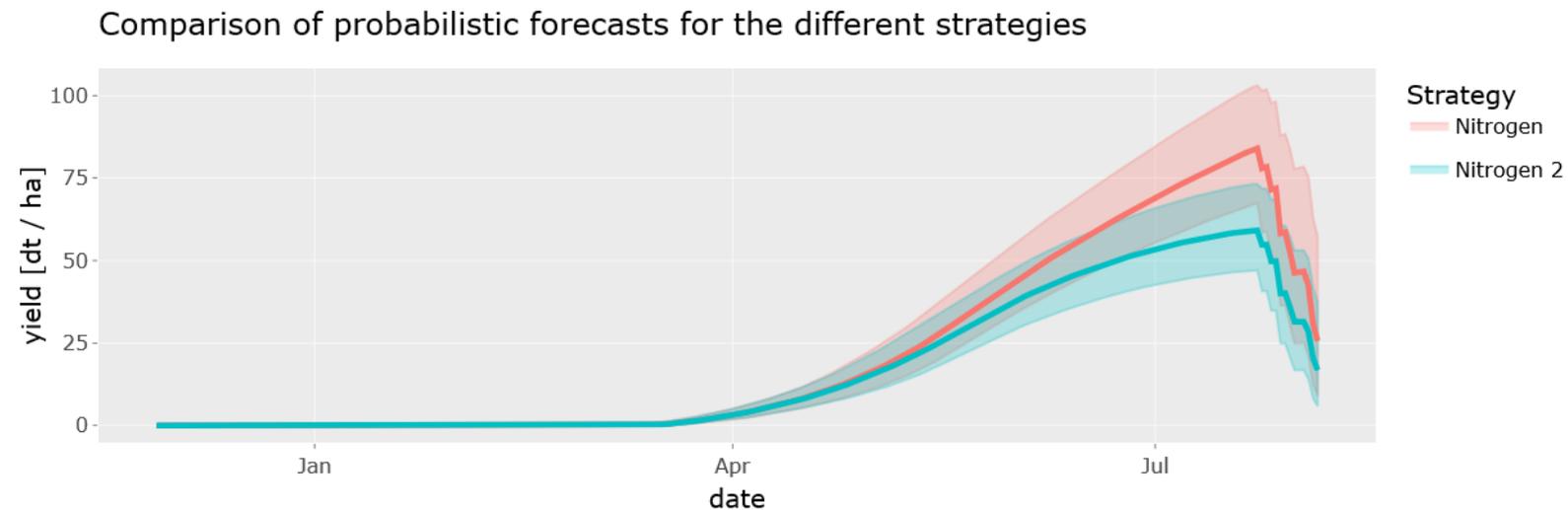
- Nutzung von simpel EMOS
- Erhalte Kurve von probabilistischen Vorhersagen
- Blaue Fläche zeigt den Abstand zwischen den Quartilen, der Median ist die schwarze Kurve

# Ableitung von Handlungsempfehlungen

Handlungen können nun anhand ihrer Unterschiede in den probabilistischen Vorhersagen bewertet werden

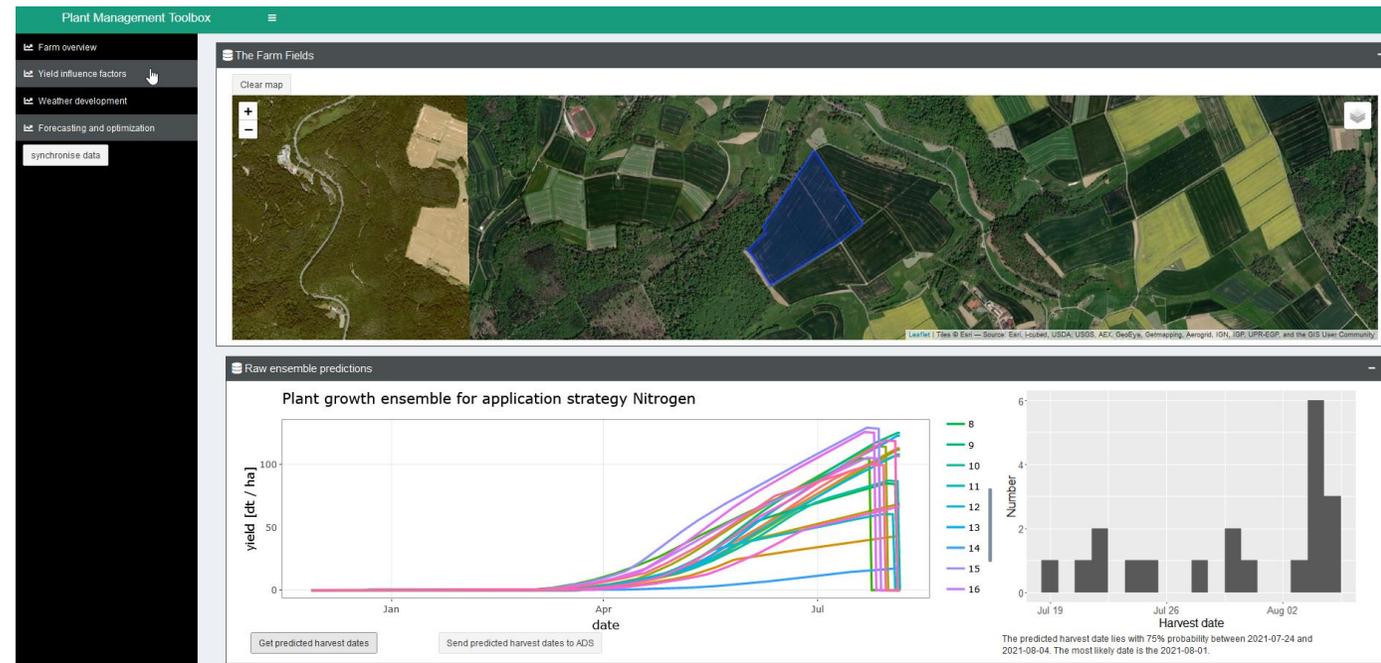
Der Graph zeigt unterschiedliche Prognosen für unterschiedliche Applikationsstrategien

**Dabei sehen wir, dass die erste Strategie der anderen überlegen ist**



# Zusammenfassung

- Aus vorhandenen Daten lassen sich Informationen visualisieren und ableiten
  - Datenlage ist oft noch nicht gut genug
  - dies reduziert die Möglichkeiten in der Auswertung und den Informationsgewinn
- Mittels Pflanzenwachstumsmodellen lassen sich Prognosen erstellen
  - mit deren Hilfe lassen sich verschiedene Handlungen miteinander vergleichen
  - hybrider Ansatz, der physikalische Modelle mit empirisch abgeleiteten Parametern setzt
  - Biomasse-Messungen während der Saison haben das Potenzial die Vorhersagen deutlich besser zu kalibrieren



# Kontakt

---



**Dr. Neele Leuthäuser**

**Optimierung - OR**

**Tel. +49 631 31600-4621**

**Fax +49 631 31600-5621**

**[neele.leithaeuser@itwm.fraunhofer.de](mailto:neele.leithaeuser@itwm.fraunhofer.de)**

Fraunhofer ITWM

Fraunhofer-Platz 1

67663 Kaiserslautern

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



# Robuste Erntekampagnenplanung

Neele Leithäuser, Neil Jami, Pascal Wortel

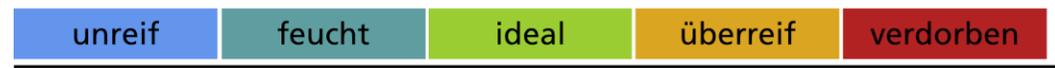
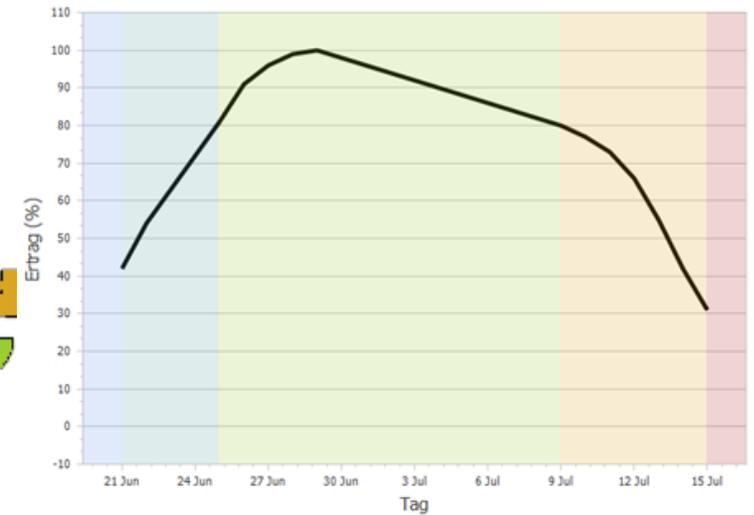
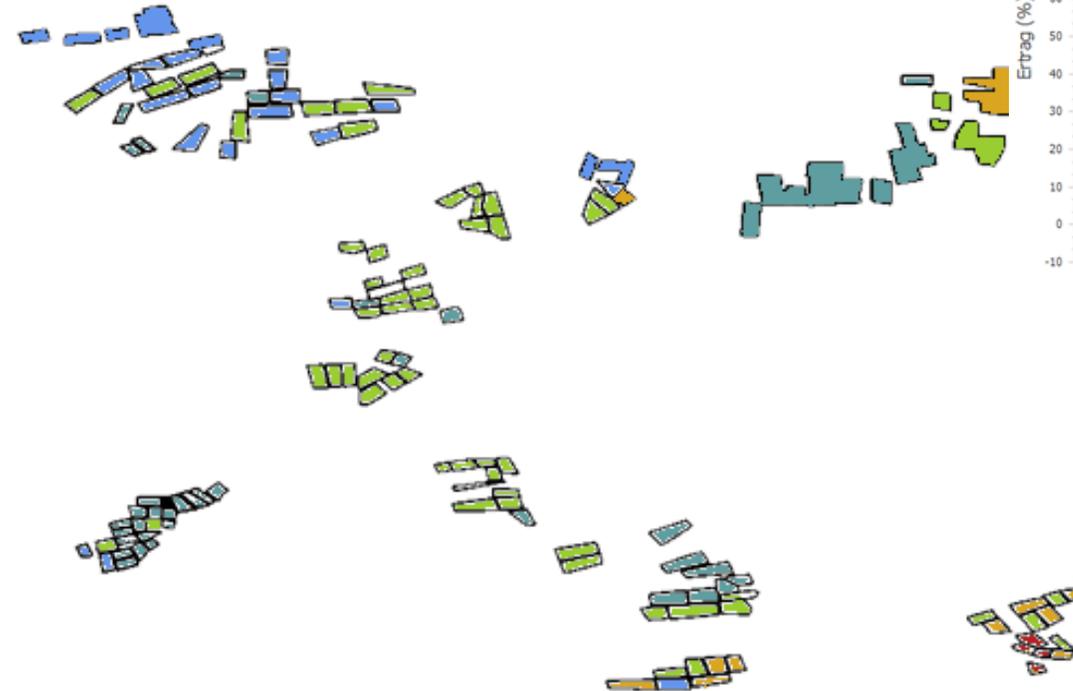
# Robuste Erntekampagnenplanung in aller Kürze

## Die Zielgruppe

- Große Lohnunternehmen
- Große landwirtschaftliche Betriebe

mit komplexer Erntelogistik:

- Mehrere Erntegespanne
- Viele unbekannte Felder
- Große regionale Ausdehnung
- Heterogene Erntezeitpunkte
  - Fruchtsorten
  - Höhenlagen
  - Klimatische Bedingungen
  - ...



# Robuste Erntekampagnenplanung in aller Kürze

## Die Zielgruppe

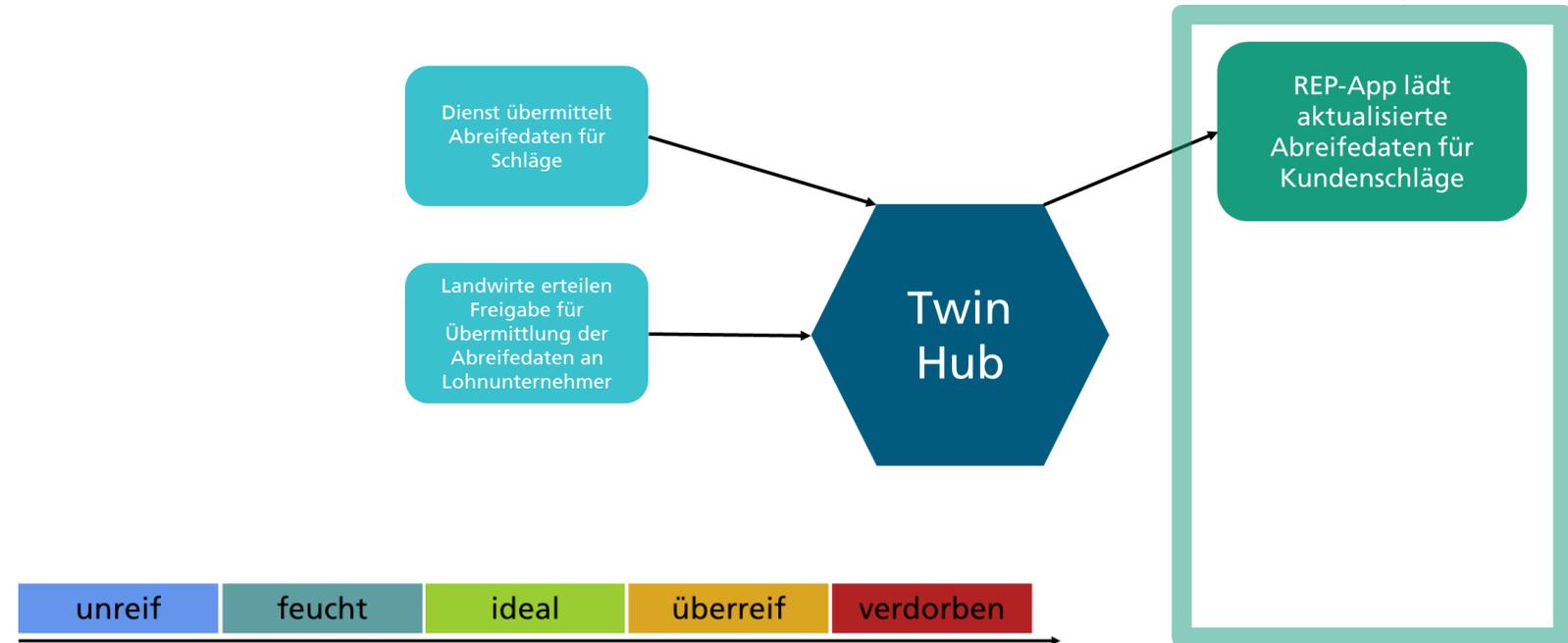
- Große Lohnunternehmen
- Große landwirtschaftliche Betriebe

mit komplexer Erntelogistik:

- Mehrere Erntegespanne
- Viele unbekannte Felder
- Große regionale Ausdehnung
- Heterogene Erntezeitpunkte
  - Fruchtsorten
  - Höhenlagen
  - Klimatische Bedingungen
  - ...

## Voraussetzung

- Externer Dienst, der die Abreifeprognosen der Schläge bereitstellt



# Robuste Erntekampagnenplanung

in aller Kürze

## Die Zielgruppe

- Große Lohnunternehmen
- Große landwirtschaftliche Betriebe

mit komplexer Erntelogistik:

- Mehrere Erntegespanne
- Viele unbekannte Felder
- Große regionale Ausdehnung
- Heterogene Erntezeitpunkte
  - Fruchtsorten
  - Höhenlagen
  - Klimatische Bedingungen
  - ...

## Voraussetzung

- Externer Dienst, der die Abreifeprognosen der Schläge bereitstellt

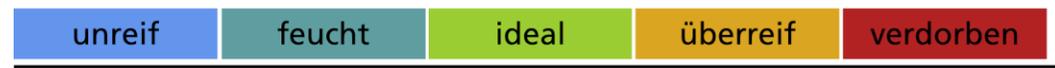
## Die Planungsaufgabe

### Freiheitsgrade:

- Welches Ernteteam erntet welches Feld an welchem Tag?

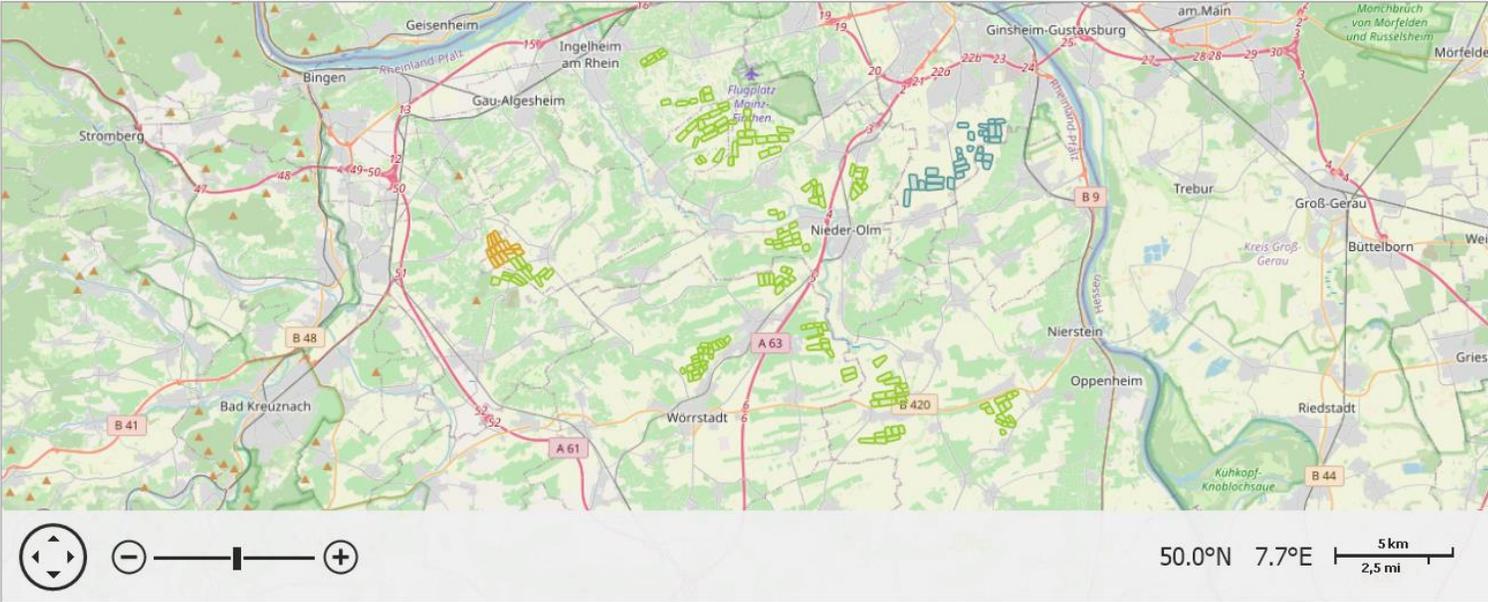
### Ziele:

- Ernte möglichst alle Felder im **idealen** Zeitraum.
- Reduziere die Transportkosten soweit wie möglich.
- Nutze so wenig Ressourcen (Personal / Maschinen) wie möglich.

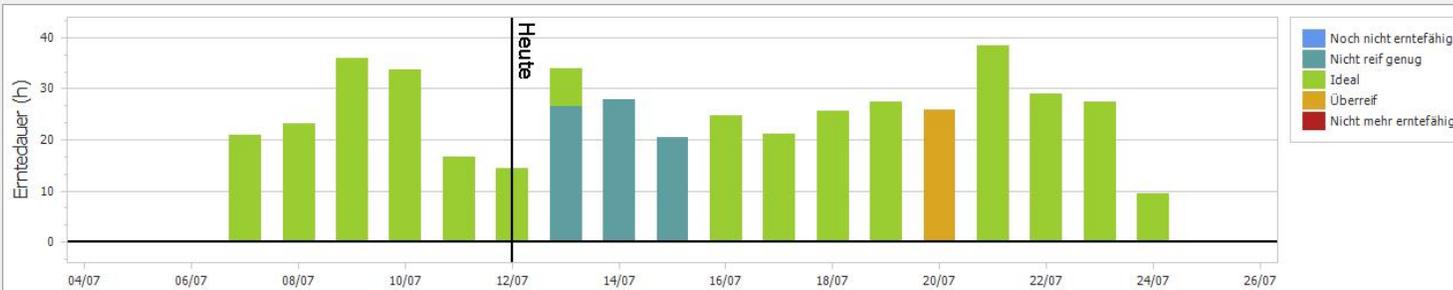


# Plan am 12.07.2022

Feldfärbung Abreifeprognose für geplantes Erntedatum



## Voraussichtlicher Plan



## Überblick der Anpassungen

**!** Die neuen Abreifeprognosen führen zu einer deutlichen Verschlechterung der Bewertung des aktuellen Plans. Wir schlagen darum alternative Pläne vor.

- Aktueller Plan
- Alternative N°1
- Alternative N°2
- Alternative N°3
- Alternative N°4

Übernehmen

## Felder

Name	Früheste Ernte	Voraussichtliche Ernte	Späteste Ernte	Voraussichtliche Abreife
Feld 0	13.07.2022	13.07.2022	13.07.2022	Nicht reif genug
Feld 1	13.07.2022	13.07.2022	13.07.2022	Nicht reif genug
Feld 2	13.07.2022	13.07.2022	13.07.2022	Nicht reif genug
Feld 3	13.07.2022	13.07.2022	13.07.2022	Nicht reif genug
Feld 4	14.07.2022	14.07.2022	14.07.2022	Nicht reif genug
Feld 5	14.07.2022	14.07.2022	14.07.2022	Nicht reif genug
Feld 6	13.07.2022	13.07.2022	13.07.2022	Nicht reif genug
Feld 7	09.07.2022	09.07.2022	09.07.2022	Ideal
Feld 8	09.07.2022	09.07.2022	09.07.2022	Ideal
Feld 9	09.07.2022	09.07.2022	09.07.2022	Ideal
Feld 10	09.07.2022	09.07.2022	09.07.2022	Ideal
Feld 11	09.07.2022	09.07.2022	09.07.2022	Ideal
Feld 12	10.07.2022	10.07.2022	10.07.2022	Ideal
Feld 13	10.07.2022	10.07.2022	10.07.2022	Ideal
Feld 14	10.07.2022	10.07.2022	10.07.2022	Ideal

## KPIs

Schedule	Ernteverlust	Mährescher Fahrkosten
Aktueller Plan		2200
Alternative N°1		1470
Alternative N°2		1560
Alternative N°3		1770
Alternative N°4		1920

# Robuste Erntekampagnenplanung in aller Kürze

## Die Zielgruppe

- Große Lohnunternehmen
- Große landwirtschaftliche Betriebe

mit komplexer Erntelogistik:

- Mehrere Erntegespanne
- Viele unbekannte Felder
- Große regionale Ausdehnung
- Heterogene Erntezeitpunkte
  - Fruchtsorten
  - Höhenlagen
  - Klimatische Bedingungen
  - ...

## Externer Dienst

- Abreifeprognosen der Schläge

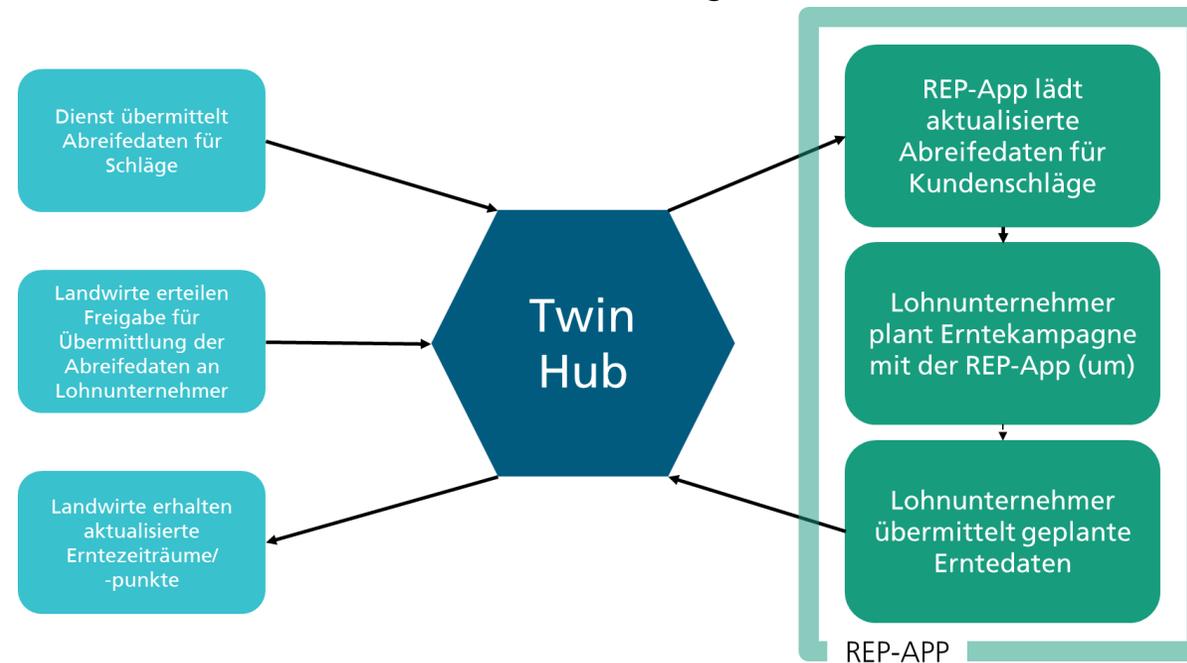
## Die Planungsaufgabe

**Freiheitsgrade:**

- Welches Ernteteam erntet welches Feld an welchem Tag?

## Die Lösung

- Entscheidungsunterstützung mit der **REP-APP**



# Kontakt

---



**Dr. Neele Leuthäuser**

**Optimierung - OR**

**Tel. +49 631 31600-4621**

**Fax +49 631 31600-5621**

**[neele.leithaeuser@itwm.fraunhofer.de](mailto:neele.leithaeuser@itwm.fraunhofer.de)**

Fraunhofer ITWM

Fraunhofer-Platz 1

67663 Kaiserslautern

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



# Digitale Abbildung von Nährstoffkreisläufen

Jens Henningsen, Christof Schroth

# Digitale Abbildung von Nährstoffkreisläufen

## Motivation und Ziel

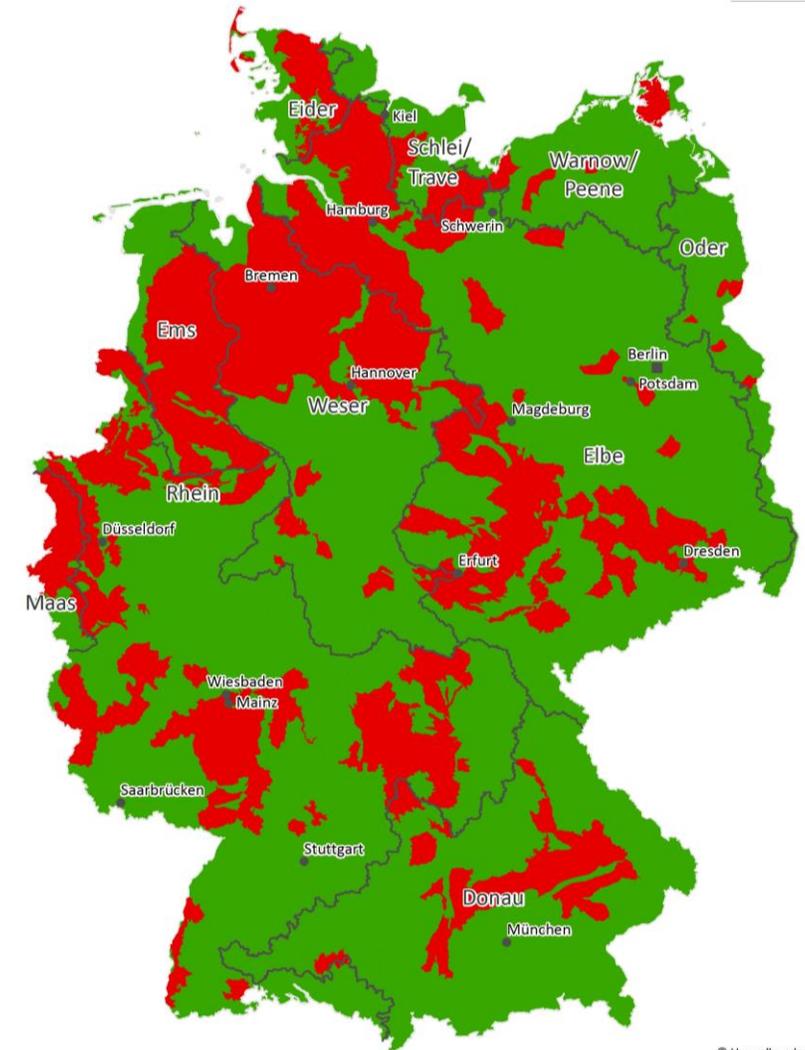
### Umweltbelastungen

- Grundwasserbelastungen durch Nitrat und Phosphat (rote und gelbe Gebiete)
- Lachgasemissionen

### Restriktionen und Verordnungen

- Düngeverordnung und Stoffstrombilanzverordnung
- Weitere Restriktionen wahrscheinlich: EU-Farm2Fork Strategie (Reduktion Nährstoffverluste um 50%, Reduktion Düngeeinsatz um 20%)

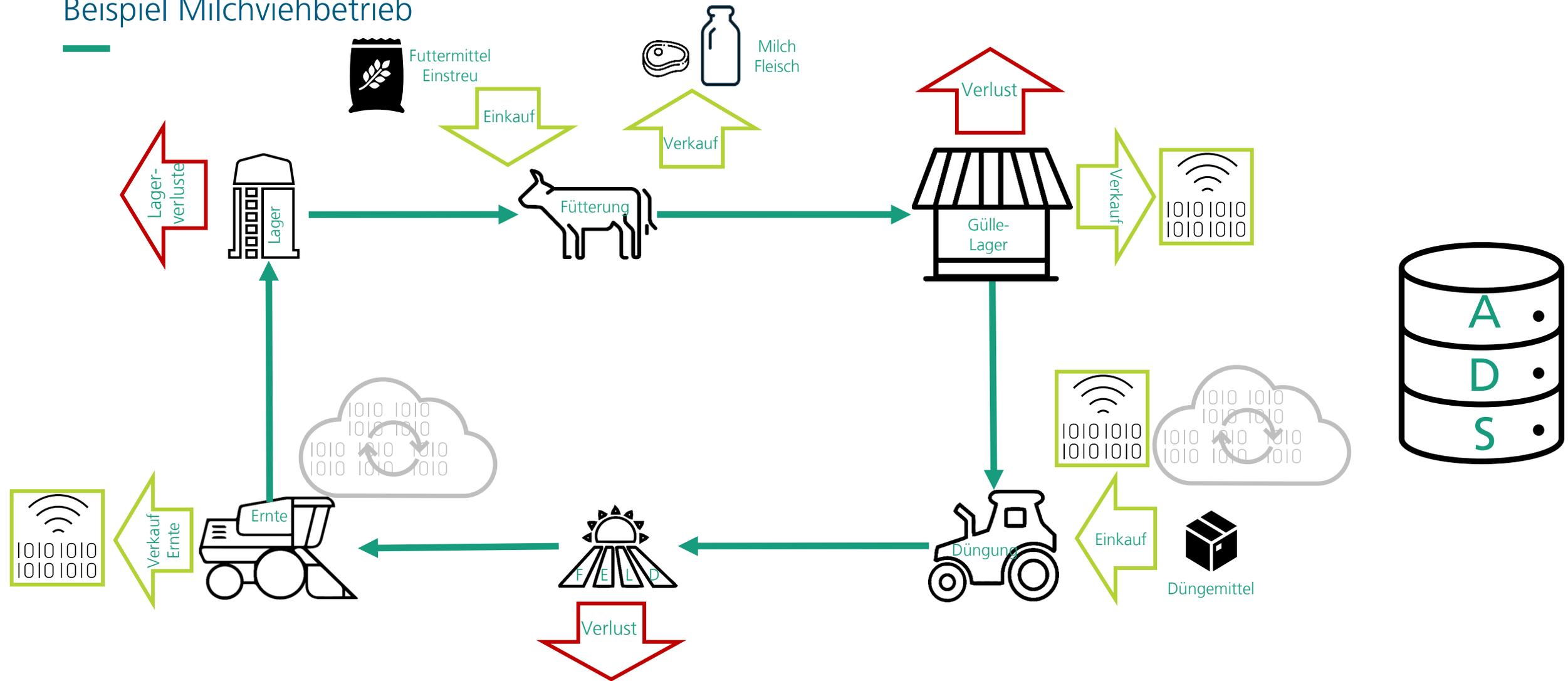
→ Lösung: Einfache, digitale Hilfsmittel um steigenden Arbeits- und Dokumentationsaufwand zu bewältigen



© Umweltbundesamt, 11/2017

# Überblick Nährstoffkreislauf

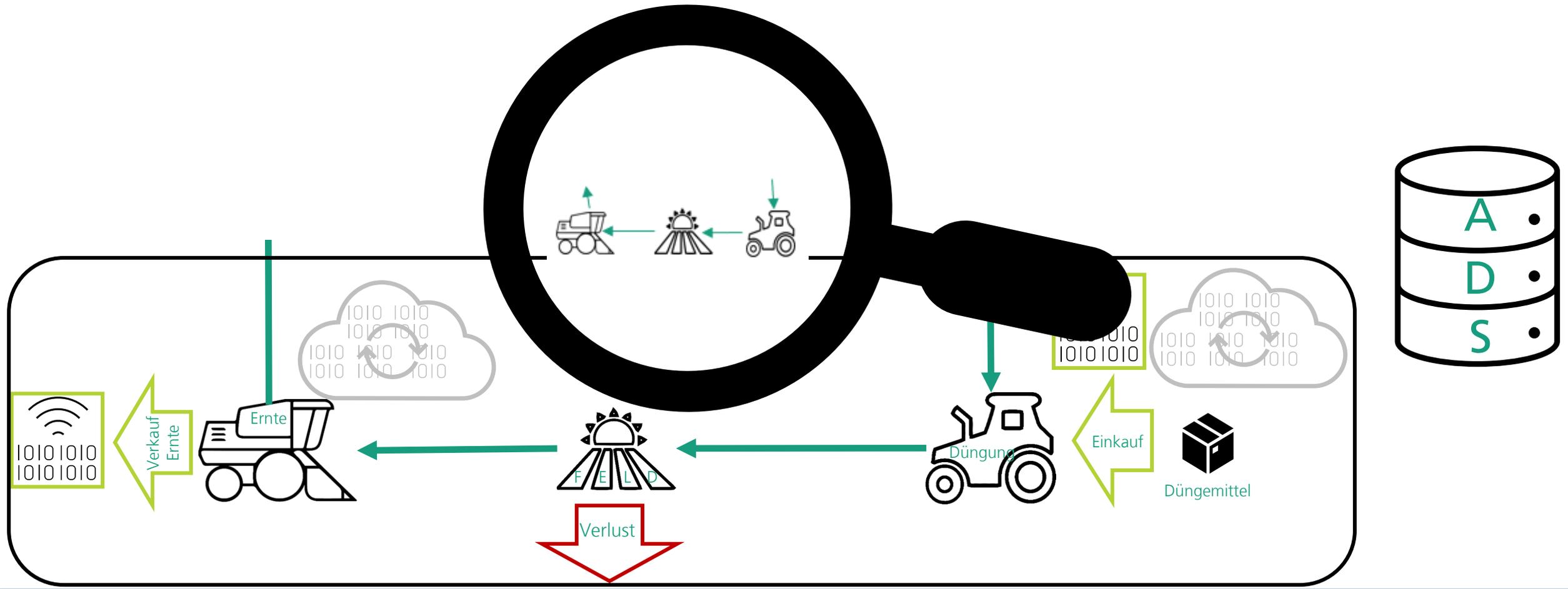
## Beispiel Milchviehbetrieb



# Überblick Nährstoffkreislauf

Beispiel Milchviehbetrieb

Fokus auf den Ackerbau



# Datenqualitätskomponente

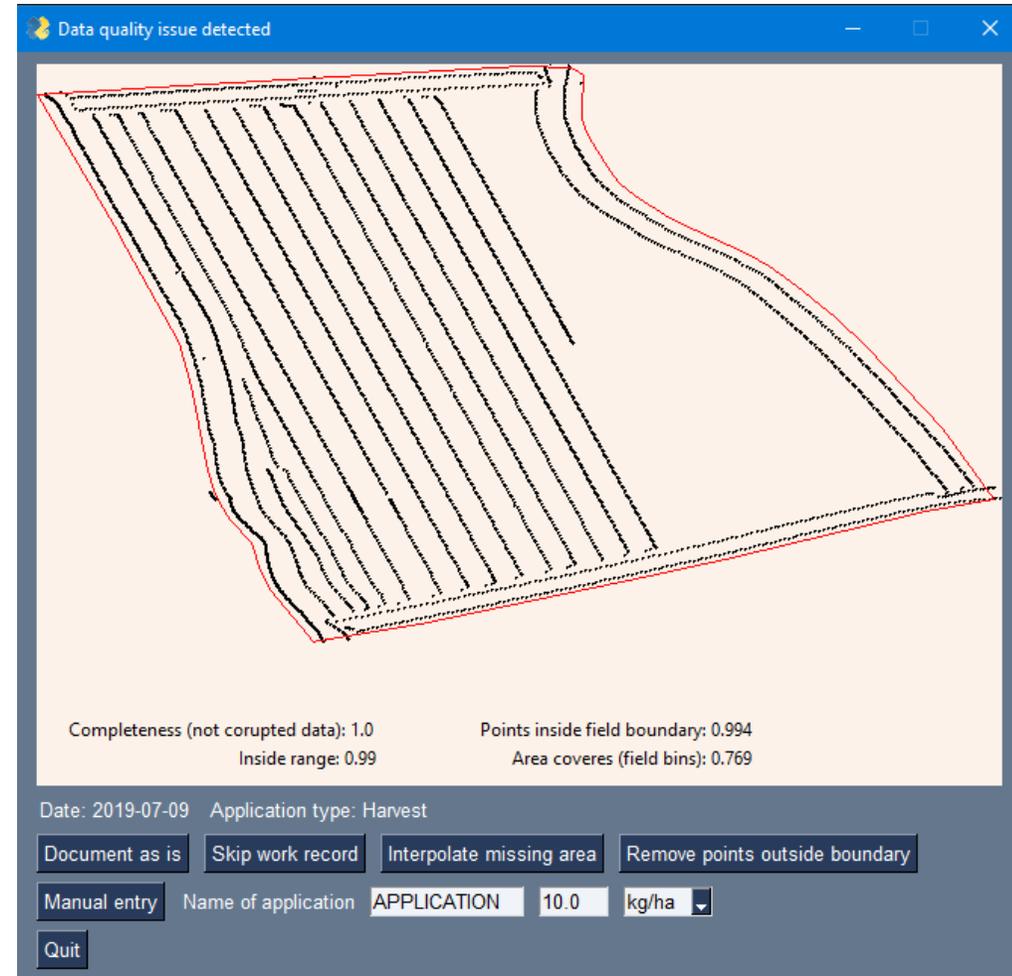
In Zusammenarbeit mit EU Projekt „Demeter“

## Herausforderungen

- Komplexität von Nährstoffkreisläufen
- Heterogene Daten (liegen nicht immer digital vor), z. T. unterschiedliche Dateiformate
- **Mangelnde Datenqualität der geo-referenzierten Daten**
- Landwirt hat keine Möglichkeit, bei der automatischen Dokumentation die Daten zu korrigieren

## Lösung

- Entwicklung Datenqualitätsservice im EU H2020 Projekt „Demeter“ ([Link](#))
- Entwicklung Desktop-App „N-documentation“ mit möglicher Interaktion bei Datenqualitätsmängeln

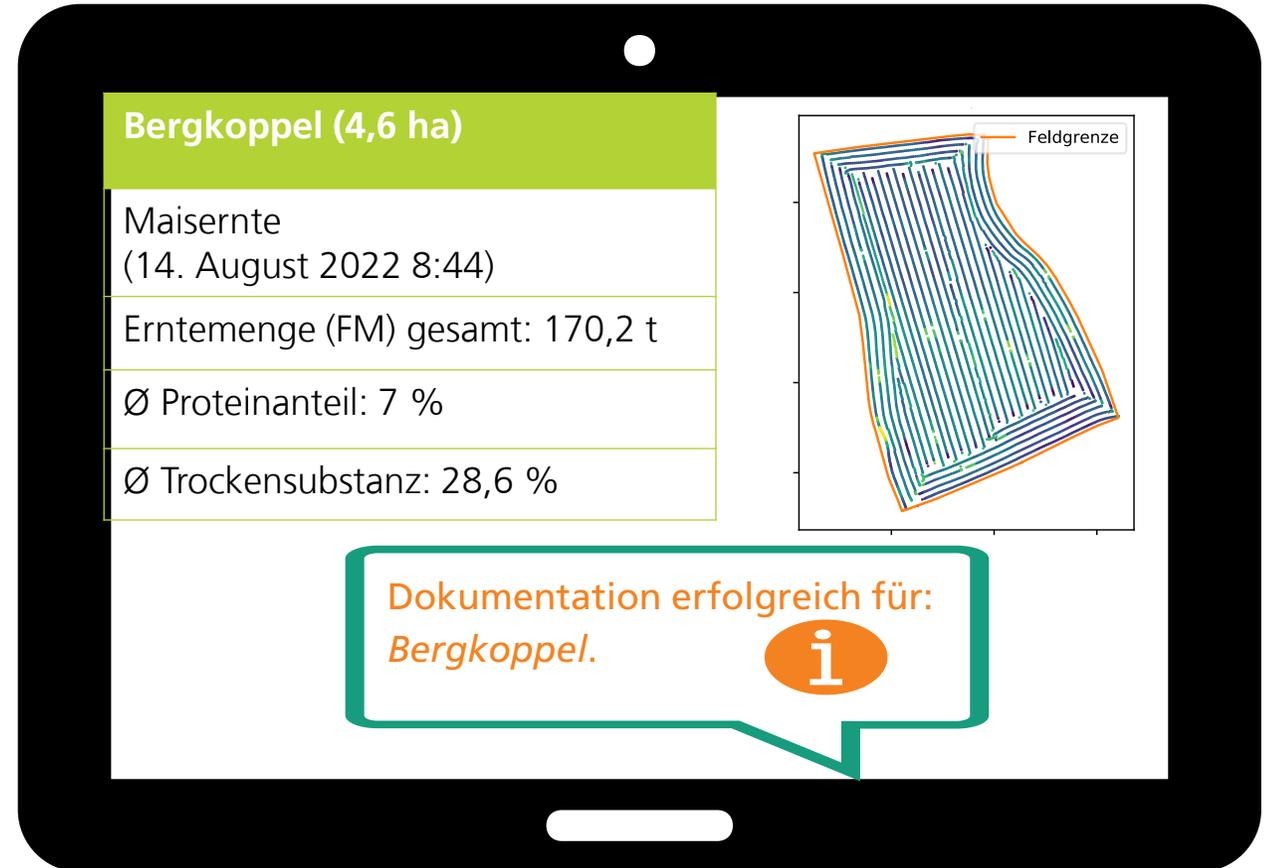


# Dokumentation und Ausblick

## Ackerschlagkartei und Stoffstrombilanz

### Automatisierte Dokumentation

- Prüfung der Datenqualität essenziell
- Automatisierte Dokumentation von Teilschritten in Ackerschlagkartei
- Erste Schritte Richtung automatisierte Erstellung von Stoffstrombilanzen (Vergleich Sensor(NIR)- und Richtwerte)
- Georeferenzierte Daten ermöglichen Optimierungen von Nährstoffkreisläufen



# Kontakt

---



**Jens Henningsen**

**Tel. +49 631 6800-2295**

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

**Christof Schroth**

**Tel. +49 631 6800-2208**

**[christof.schroth@iese.fraunhofer.de](mailto:christof.schroth@iese.fraunhofer.de)**

Fraunhofer IESE

Fraunhofer-Platz 1

67663 Kaiserslautern

[www.iese.fraunhofer.de](http://www.iese.fraunhofer.de) | [LinkedIn](#) | [Twitter](#) | [YouTube](#)