



## Digitale Wertschöpfungsketten für eine nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft

Gefördert durch



Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Unterstützt durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ

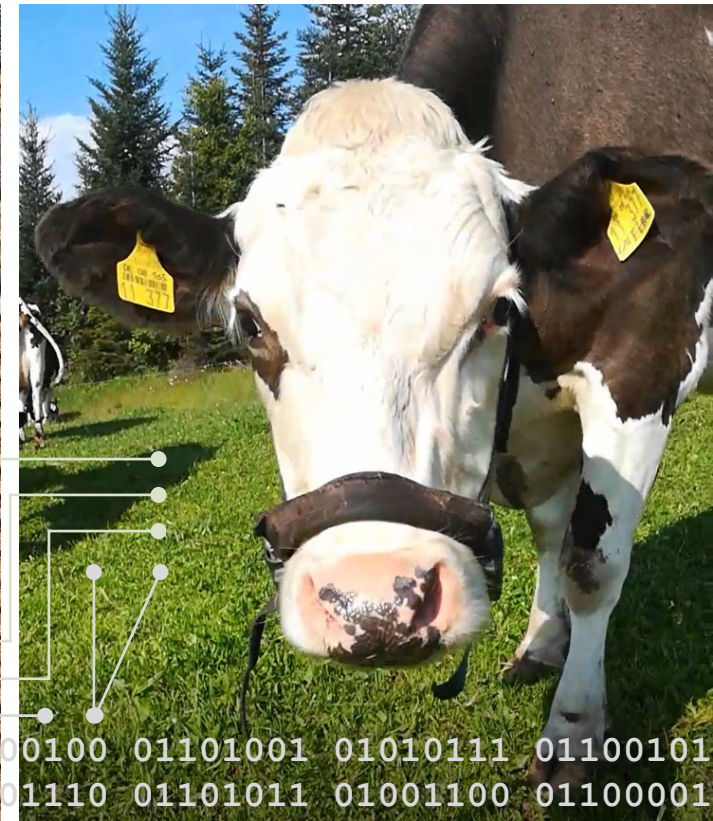
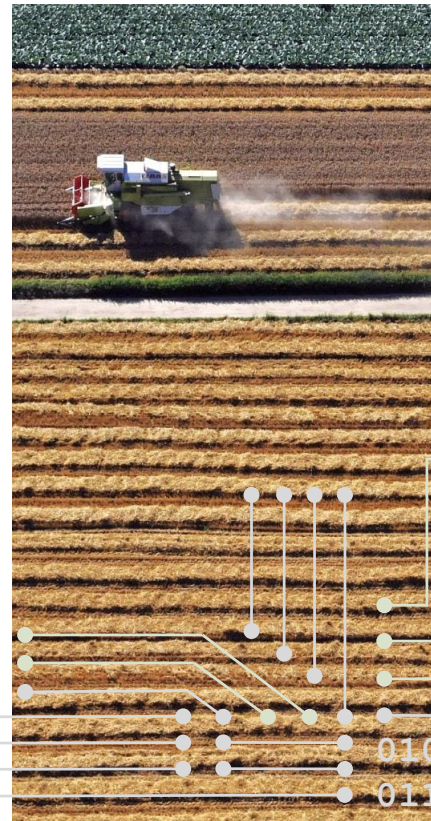
[www.diwenkla.de](http://www.diwenkla.de)



UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen





Digitale  
Wertschöpfungsketten für eine  
nachhaltige kleinstrukturierte  
Landwirtschaft



UNIVERSITÄT  
HOHENHEIM



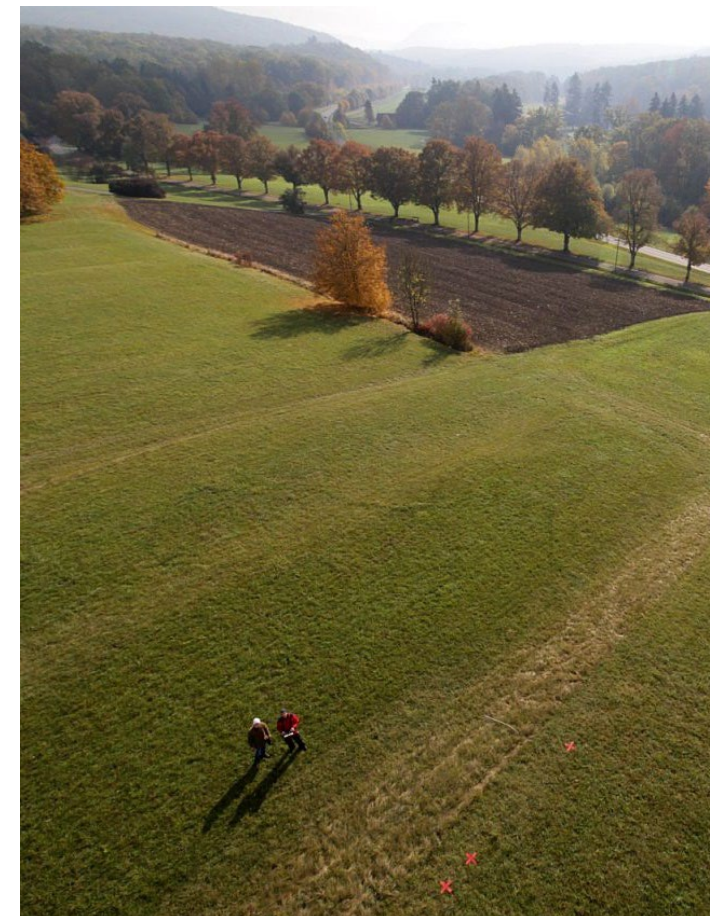
Hochschule  
für Wirtschaft und Umwelt  
Nürtingen-Geislingen



# Projektpräsentation am 3. Februar 2023

## online Winterkonferenz

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger | Prof. Dr. Markus Frank

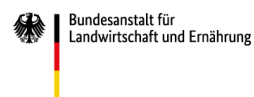


Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Unterstützt  
durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LÄNDLICHEN RAUM  
UND VERBRAUCHERSCHUTZ





# Überblick und Eindrücke aus den DiWenkLa Experimentiereinheiten und Teilprojekten

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger, Universität Hohenheim

- Wo und für wen DiWenkLa forscht
- Wie sich die Experimentiereinheiten kennzeichnen
  - im Grünland
  - im Feldgemüseanbau
  - im Ackerbau
  - in der Pferdehaltung

Prof. Dr. Markus Frank, Hochschule Nürtingen

- Welche Chancen und Herausforderungen digitaler Techniken erkennbar sind
  - für eine ökologisch verträgliche bzw. nachhaltige Produktion
  - für ökonomische Vorteile in landwirtschaftliche Wertschöpfungsketten
  - für sozial verträgliche Innovationen und positive Wirkungen im Betriebsalltag und Umfeld

# Das Experimentierfeld DiWenkLa

## Ziele

- Entwicklung und Etablierung digitalisierter Technologien in der Landwirtschaft und in den Wertschöpfungsketten des Agribusiness
- skalenunabhängiger Einsatz für kleinstrukturierte Betriebe am Beispiel Baden-Württembergs
- Technologien, die Produkte und Dienstleistungen mit Ressourcenschonung effizienter und transparenter machen, inkl. digitaler Zertifizierungsprozesse

## Digitale Experimentierfelder

Mit den digitalen Experimentierfeldern fördert das BMEL die Digitalisierung in der Landwirtschaft.

-  Pflanzenbau
  -  Tierhaltung
  -  Bereichsübergreifend
- © BMEL





# Landwirtschaftliche Strukturen in Baden-Württemberg



## Südschwarzwald

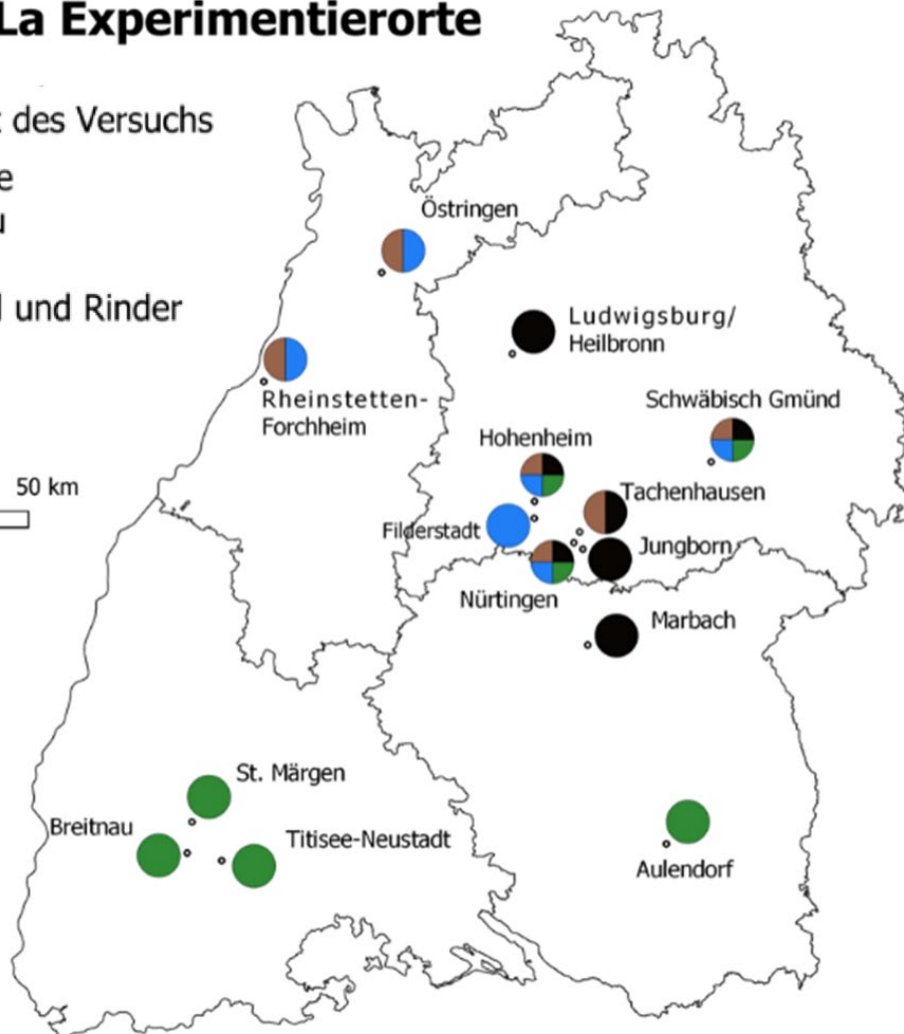
- Topografie mit Höhen- und Steillagen
- Witterungsextreme und hohe Niederschläge
- Grünlandnutzung und extensive Rinderhaltung
- viel Tourismus
- schlechte Anbindung an leistungsfähige Kommunikations- und Informationsnetze

## DiWenkLa Experimentierorte

Orte und Art des Versuchs

- Standorte
- Ackerbau
- Gemüse
- Grünland und Rinder
- Pferde

0 25 50 km



## Metropolregion Stuttgart

- viel Sonderkulturen
- starke Urbanisierung
- starke Interaktion von Bevölkerung und Landwirtschaft
- hohe Anteile an Direktvermarktung
- viel Tierhaltung für Freizeitwecke (z. B. Pferde)

# DiWenkLa Projektstruktur

## **Übergreifende Rahmenprojekte**

- TP 1 Ökologische Begleitforschung und Nachhaltigkeitsmanagement
- TP 2 Ökonomische bzw. betriebswirtschaftliche Begleitforschung
- TP 3 Sozioökonomische Begleitforschung mit Akzeptanz- und Hemmnisanalysen
- TP 4 Wissenstransfer und Multiplikation in den Wertschöpfungsketten

## **Teilprojekte in den Experimentiereinheiten und Modellregionen**

Ackerbau Feldgemüse  
(Salat, Kohl)

- TP 5 Sensorgesteuertes Hacken und Striegeln in Sonderkulturen
- TP 6 Digitalisiertes Pflanzenschutzmonitoring Feldgemüse
- TP 7 Automatisierung Feldgemüsebau
- TP 8 Sensorische Vorerntebeprobung, Messung abiotischer Einflussfaktoren

Ackerbau Getreide und Eiweißpflanzen

- TP 9 Modell-gestützte Entscheidungshilfen zur Optimierung der N-Düngung und des Erntemanagements einschließlich der Ertragsqualität

Grünland und Rinderhaltung

- TP10 Maschinelles Lernen in der weidebasierten Rinderhaltung
- TP11 Grünlandbewirtschaftung und -management
- TP12 Weidemanagement und Tierfütterung

Tierhaltung  
Pferd

- TP13 Digitalisierte Pferdehaltung

## **Projektkoordination**

TP14 – Prof. Dr. Enno Bahrs, Universität Hohenheim  
Prof. Dr. Markus Frank, HfWU Nürtingen-Geislingen

*Wirtschafts- und Experimentierpartner*

*Siehe Liste der Projektpartner und Beteiligung in den TPs*

*Flankierende Unterstützung des Landes Baden-Württemberg*

*durch:*

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)

Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum (LEL)

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW)

Haupt- und Landgestüt Marbach (HuL)

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL)

*Übergreifende Beteiligung und/oder für einzelne Teilprojektfragen*



## Feldgemüse- Anbau

### Hauptaktivitäten

- TP 5 Sensorgesteuertes Hacken und Striegeln in Sonderkulturen
- TP 6 Digitalisiertes Pflanzenschutzmonitoring Feldgemüse
- TP 7 Automatisierung Feldgemüsebau
- TP 8 Sensorische Vorerntebeprobung, Messung abiotischer Einflussfaktoren



## TP 5 Sensorgesteuertes Hacken u. Striegeln in Sonderkulturen

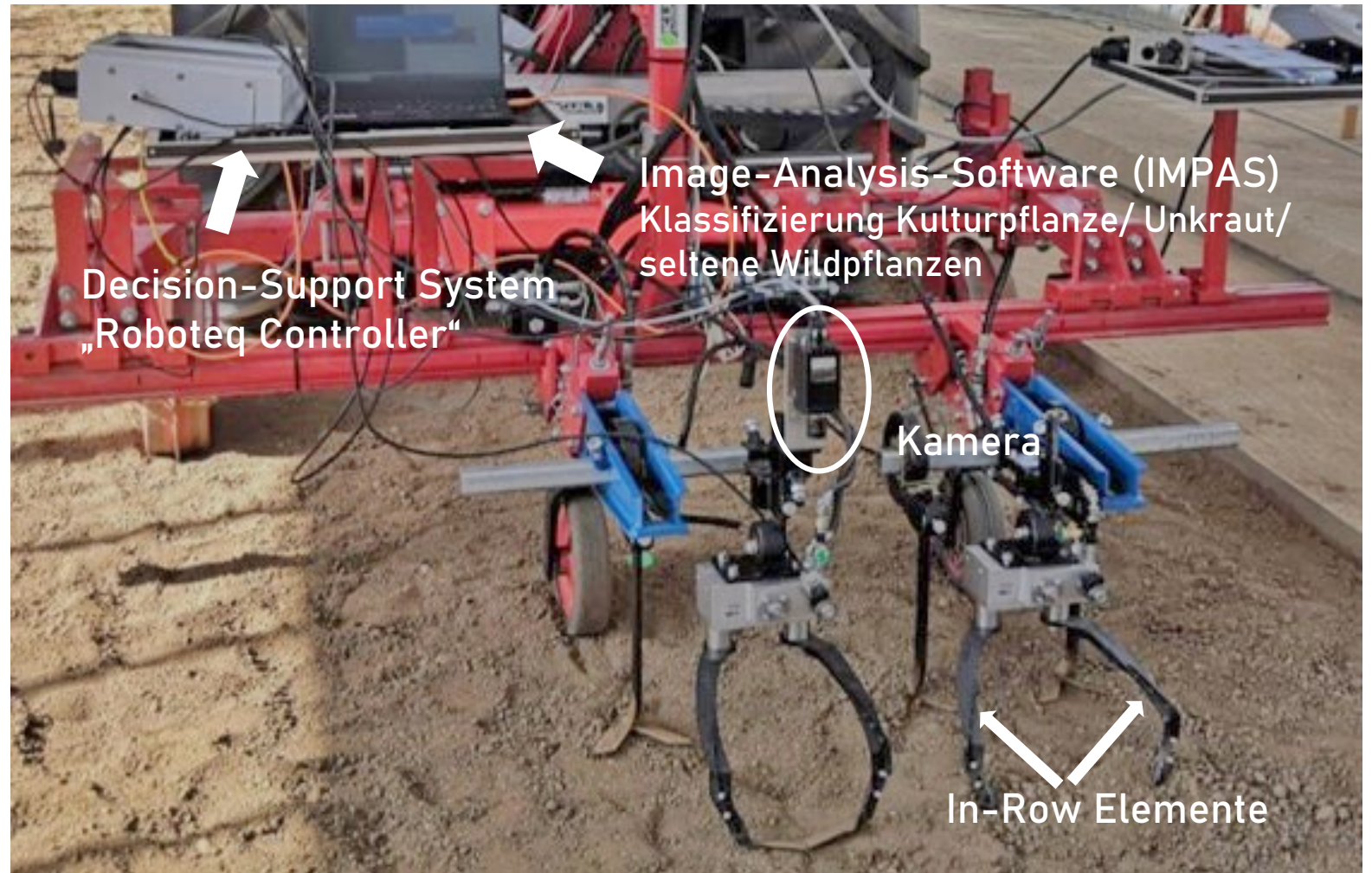
Kamera-basierte  
Pflanzenerkennung

15 Bilder/sec

KI-basierte Klassifizierung:  
Kulturpflanzen  
Unkraut  
seltene Wildpflanzen

KI trainiert anhand von  
Bilddatenbanken

Steuerung der Hackelemente  
nach ökonomischen  
Schadschwellen



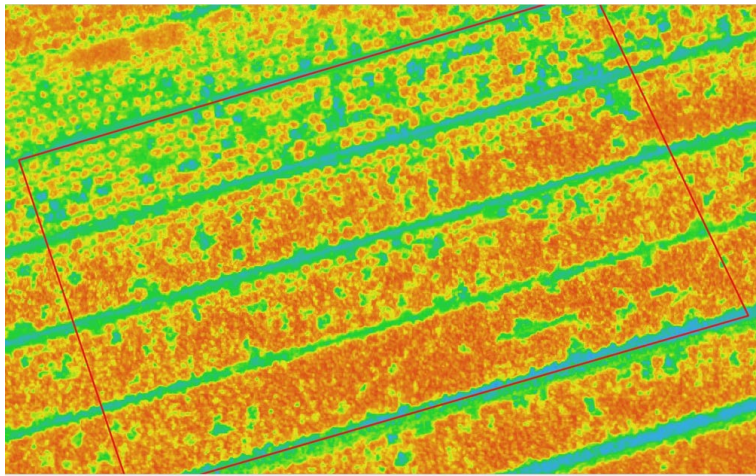


# TP 6 Digitalisiertes Pflanzenschutzmonitoring Feldgemüse

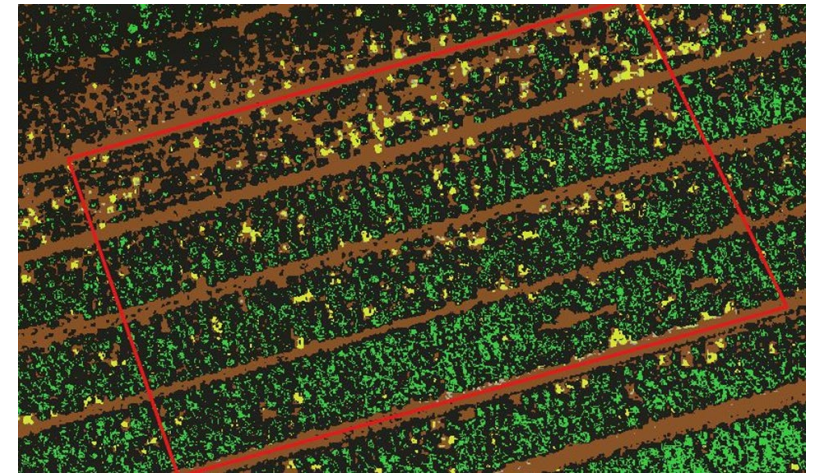
## Ergebnisse:



Pseudo RGB-Bild eines Salatfeldes auf den Fildern mit ausgeprägtem Pathogenbefall in fortgeschrittenem Stadium



NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) falschfarben Darstellung der Bilddaten

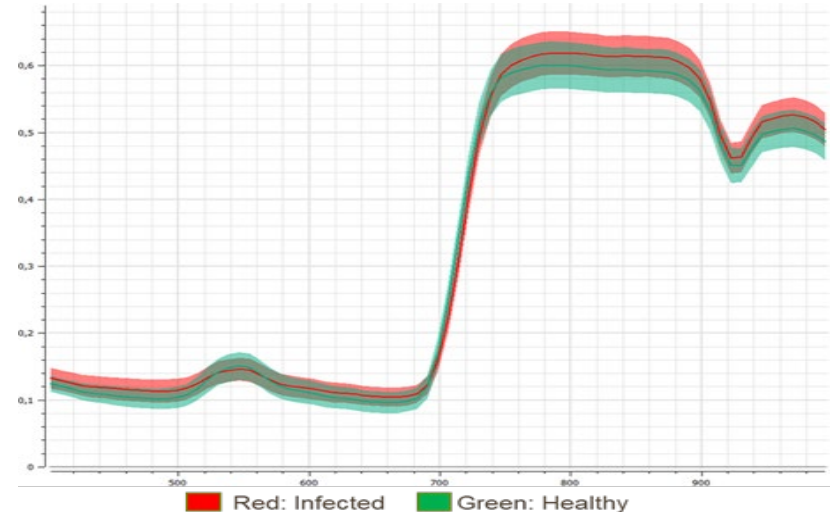


Klassifizierung des Feldes mit unüberwachtem Machine Learning

Control				
Infected				
	3a	3b	3c	3d

Links:  
 3a: RGB der Pflanze  
 3b: Pseudo RGB eines Blattes  
 3c: unüberwachtes Machine Learning  
 3d: überwachtes Machine Learning

Rechts:  
 Spektrale Signatur einer mit Sklerotinia inokulierten Kohlpflanze (rot) und einer gesunden Kontrollpflanze







## TP 7 Automatisierung Feldgemüsebau

### Automatisierte Bestandsetablierung

Roboter-  
plattform

Kamera-  
kontroll-  
system

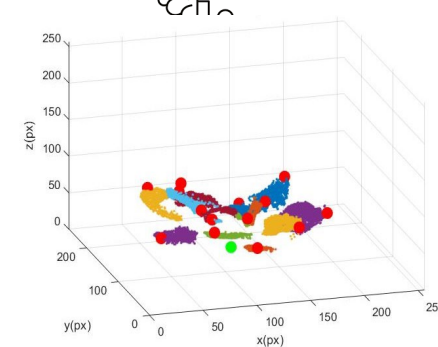
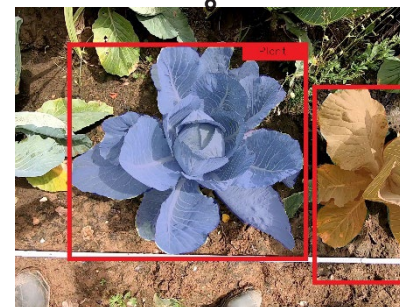
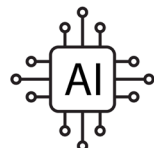
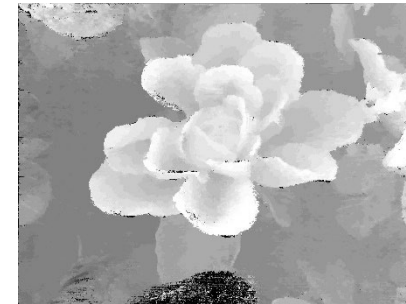
Pflanz-  
einheit



### Automatisierte Bestandsevaluierung



SfM



Blattfläche  
Blattanzahl  
Blattlänge  
Blattwinkel  
Fruchtvolumen  
Farbinfo.  
Pflanzenpos.



## TP 8 Sensorische Vorerntebeprobung, Messung abiotischer Einflussfaktoren

### Sensorische Vorerntebeprobung bei Eissalat

- Heterogenität des Nitratgehalts innerhalb eines Schlags: 2020, 2022
- Testung sensorischer Möglichkeiten zur Erfassung des Nitratgehalts: 2020-2023
- Umsetzung in digitale Formate für einfache, nichtdestruktive Informationserfassung: 2022/3



### Messung abiotischer Einflussfaktoren bei Weißkohl

- Erfassung von Einflussfaktoren auf Kulturdauer, Ertrag und Qualität: 2020, 2021, 2022
- Datenaufbereitung für prozessorientiertes Modell: 2022
- Umsetzung zur Prognose von Wachstum und Entwicklung des Genotyps, Empfehlung: 2021/2





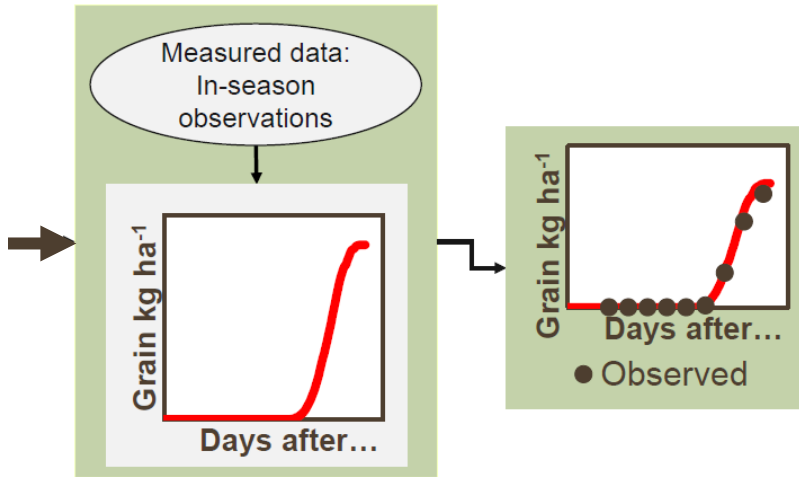


## Hauptaktivitäten

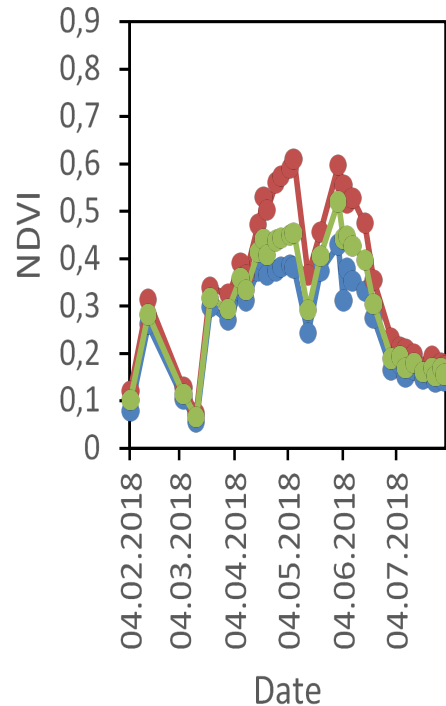
TP 9 Modellgestützte Entscheidungshilfen zur Optimierung der N-Düngung und des Erntemanagements einschließlich der Ertragsqualität



# TP 9 Modellgestützte Entscheidungshilfen zur Optimierung der N-Düngung und des Erntemanagements einschließlich der Ertragsqualität

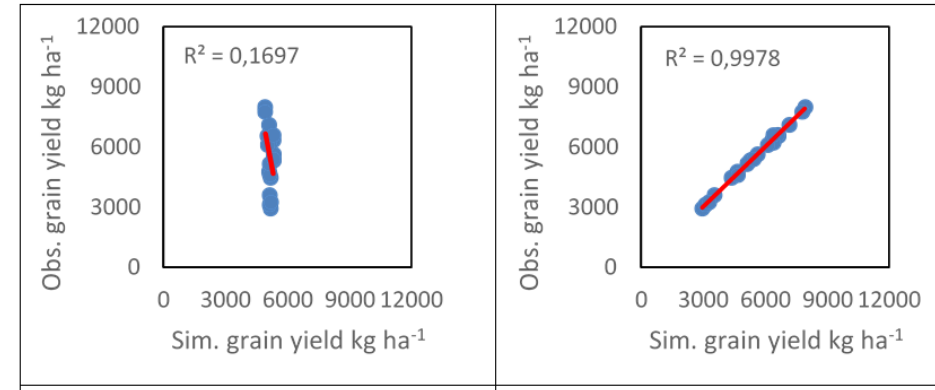


Decision Support System for  
Agrotechnology Transfer (DSSAT)  
Programm zur Simulation des  
Pflanzenwachstums

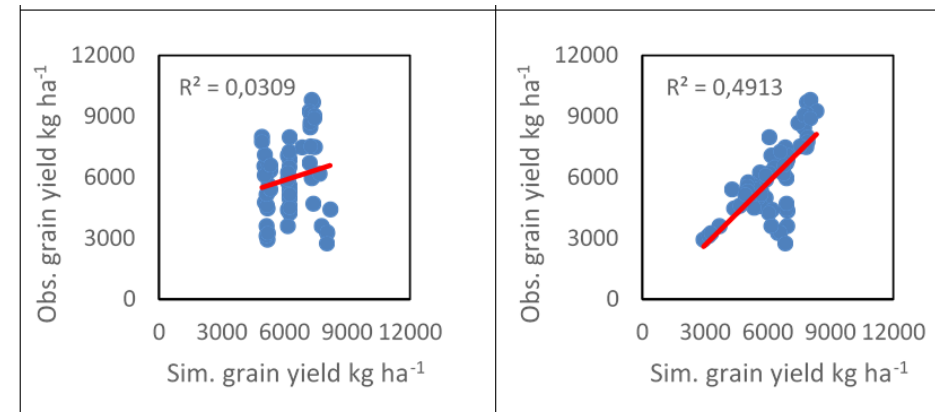


NDVI-Polygonen/Plot  
basierenden  
Durchschnittswert

Anpassung 1-jährig



Anpassung mit mehrjährigen Datensätzen



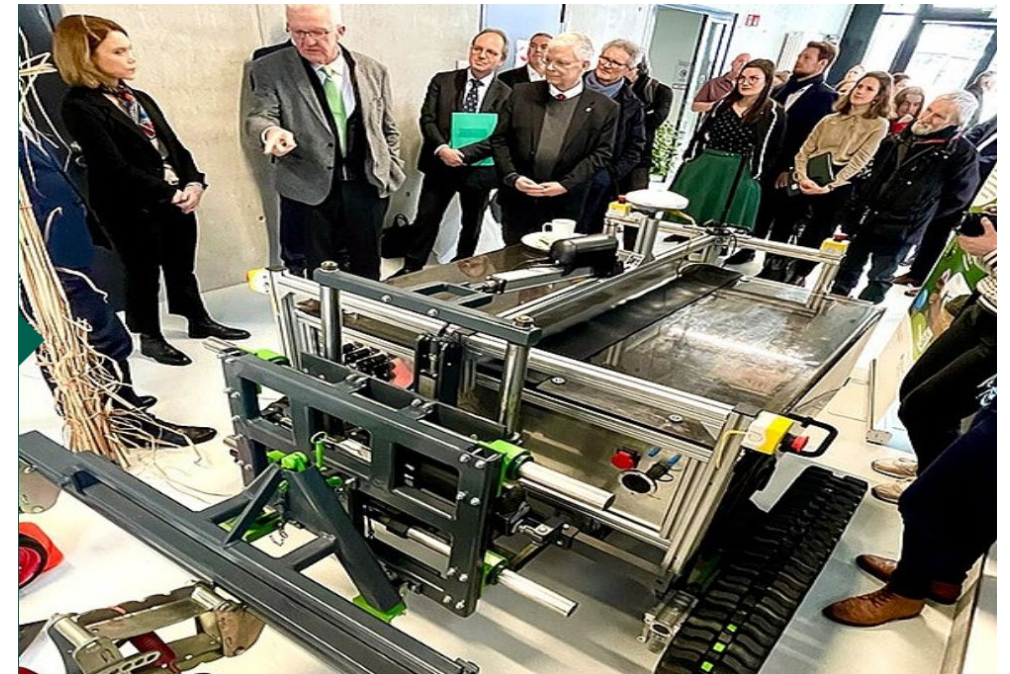
Simulationsergebnisse Kornenertrag  
mit dem entwickelten Softwaretool

# Eindrücke aus Experimentiereinheit „Ackerbau mit Gemüse, Getreide, Eiweißpflanzen“

Vorstellung Agrarroboter auf Digital-Gipfel 2022 der Bundesregierung



Vorstellung Agrarroboter beim Besuch BW-Wissenschaftsministerin und -Ministerpräsident







# Grünland mit Rinderhaltung

## Hauptaktivitäten

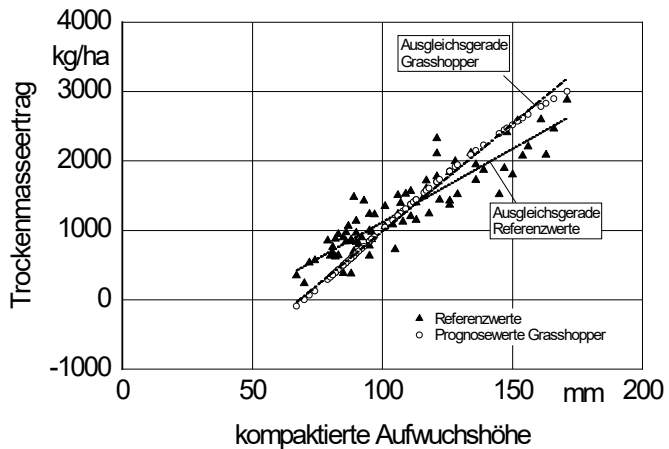
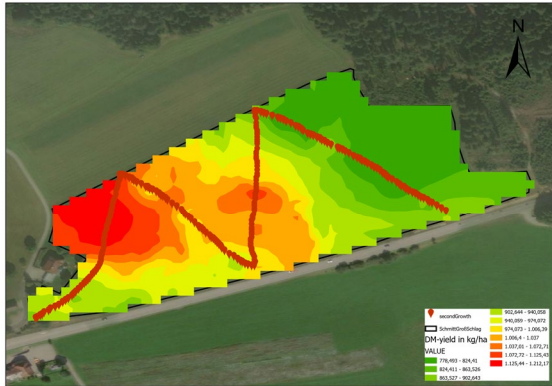
TP10 Maschinelles Lernen in der weidebasierten Rinderhaltung

TP11 Grünlandbewirtschaftung und -management

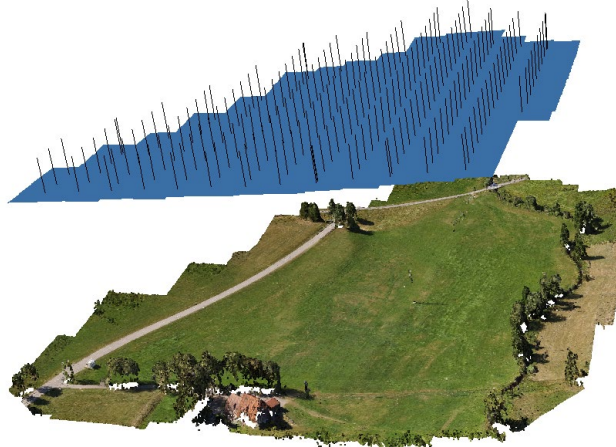
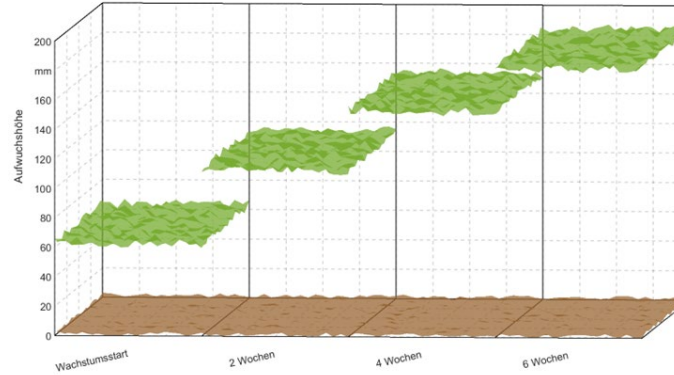
TP12 Weidemanagement und Tierfütterung

# TP11 Grünlandbewirtschaftung und -management

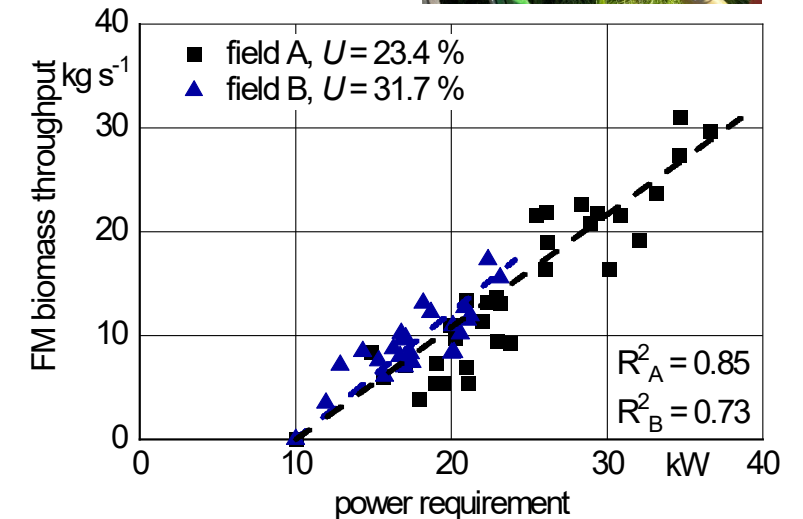
Angepasste Ertragsprognose mit Hilfe eines Rising Plate Meters



Ertragsprognose auf Basis von Fernerkundungsdaten durch Drohnenbefliegungen



Teilflächenspezifische Ertragsmessung bei der Grünlandmahd





# TP12 Weidemanagement und Tierfütterung



Futteraufnahme auf der Weide

Evaluierung von Sensortechnologien auf heterogenen Grünlandstandorten



Grasshopper™  
[www.moregrass.ie](http://www.moregrass.ie)



Ziel: Entwicklung einer Entscheidungshilfe für digitales Weidemanagement







# TP10 Maschinelles Lernen in der weidebasierte Rinderhaltung

Kalibrationskurven im Grünland- und Weidemanagement verbessern

- digitale Oberflächenmodelle: vielversprechende Ergebnisse
- Kombination unterschiedlicher Messdaten mit Hilfe des Maschinellen Lernens

Projekt-Server



CPU: 8 Kerne RAM: 86 GB

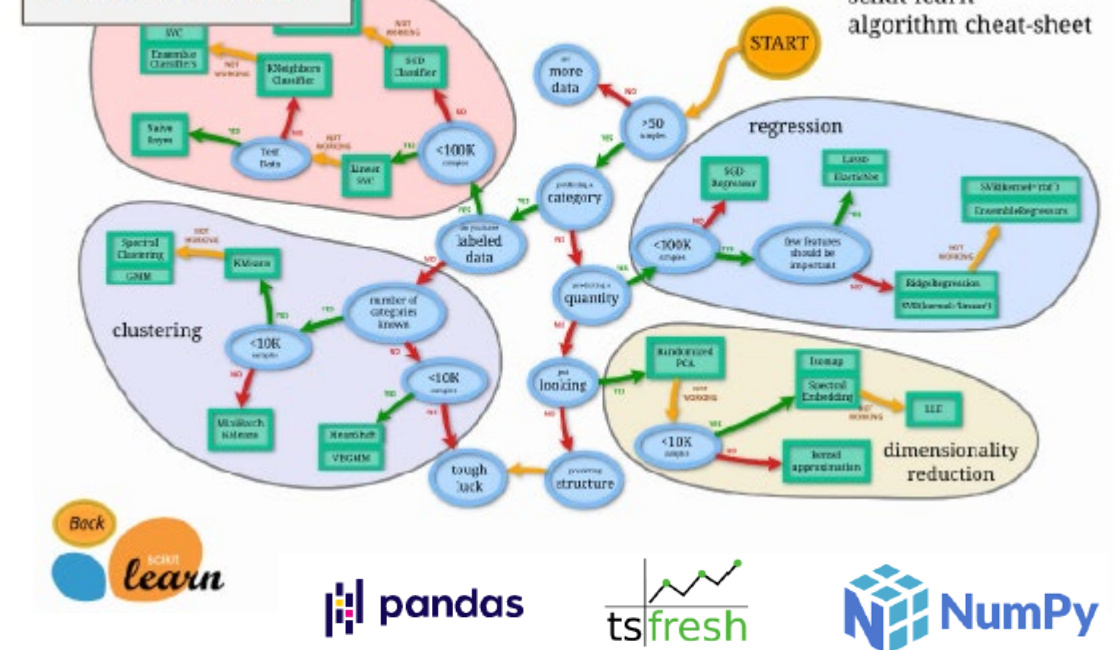
Programmcode

```

9   if v_dask:
10      from dask.distributed import Client
11      CLIENT = Client(n_workers=local_w
12                      memory_limit=local
13                      print(CLIENT.scheduler_info()['se
14      if only_base_conf_run:
15          print(f'Pipeline runs with config
16          run_pipeline(configs_pipeline[0])
17      else:
18          for i, config in enumerate(configs
19              print(f'Pipeline runs with co
20              if i == 0:
21                  run_pipeline(config)
22                  #run_pipeline(config, app
23              else:
24                  GLOBAL_SIGNATURE.sig = ''
25                  run_pipeline(config)
26
  
```



Bibliotheken



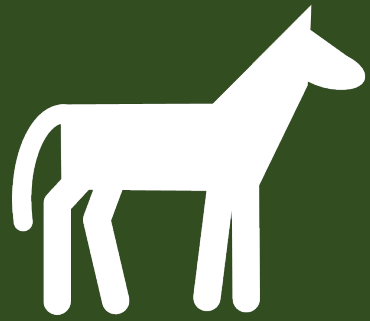


# Grünland mit Rinderhaltung

**Grünlandtag:** Digitale Techniken im Grünland und in der Rinderhaltung  
mit Projektbetrieben Schwarzwald  
mit weiteren interessierten Landwirten  
Wissenstransfer und Abstimmung

**VDI-MEG AgEng-Land.Technik 2022**





Pferde-  
haltung

Hauptaktivitäten

TP13 Digitalisierte Pferdehaltung





# TP13 Digitalisierte Pferdehaltung

## Untersuchungsschwerpunkte:

- ▶ Ermittlung von Tierwohlparametern unter Einsatz von Digitalisierung.
- ▶ digitale Sicherungssysteme mit Warnfunktion für die Gesundheitsüberwachung, Weidehaltung und Hütesicherheit.
- ▶ automatisierte Fütterungsalternativen, die Tierwohlaspekte sicher stellen und Arbeitszeit einsparen.
- ▶ automatisierte oder teilautomatisierte Entmistungssysteme zur Entlastung der Betriebsabläufe.

## Digitalisierung ermöglicht:

- Verbesserung von Wirtschaftlichkeit, Ökonomie und Sicherheit
- Bewertung von Haltungs- u. Fütterungssystemen
- Mehr Tierwohl (Pferdefütterung, Aktivitätsbudget der Tiere erfassen und dokumentieren)







# Digital gestützte Systeme in der Pferdehaltung unter Berücksichtigung von Tierwohlparametern




Entmisteroboter  
PriBot im Einsatz



Automatische Fütterung



Halfter zur Messung der Kaufrequenz  
Pedometer zur Aktivitätsmessung  
Gurt zur Messung der Herzfrequenz



**Ökonomische &  
Ökologische  
Begleit-  
forschung**

**Hauptaktivitäten**

**TP 1 Ökologische Begleitforschung und  
Nachhaltigkeitsmanagement**





# Nachhaltigkeitsbewertung in der Wertschöpfungskette

## On Farm Research - Experimentiereinheit „Ackerbau“

- TFS Aussaat
- TFS Düngung
- TFS Pflanzenschutz
- Mechanische Unkrautregul.



### Versuchsflächen

Weizen: ~ 50 ha

Soja: ~ 50 ha

Mais: ~ 40 ha





# Erträge aus On-Farm-Versuchen zu TFS-Düngung 2020-22

## Wintergerste 2020:

TFS Düngung:	7,80 t/ha
Uniforme Düngung:	7,26 t/ha

---

**Mehrertrag: 0,54 t/ha (+7,4%)**

## Winterweizen 2020:

TFS Düngung:	10,89 t/ha
Uniforme Düngung:	10,36 t/ha

---

**Mehrertrag: 0,53 t/ha (+5,1%)**

## Winterweizen 2022:

TFS Düngung:	6,18 t/ha
Uniforme Düngung:	5,77 t/ha

---

**Mehrertrag: 0,41 t/ha (+7,1%)**

## Winterweizen 2022:

TFS Düngung:	8,61 t/ha
Uniforme Düngung:	7,90 t/ha

---

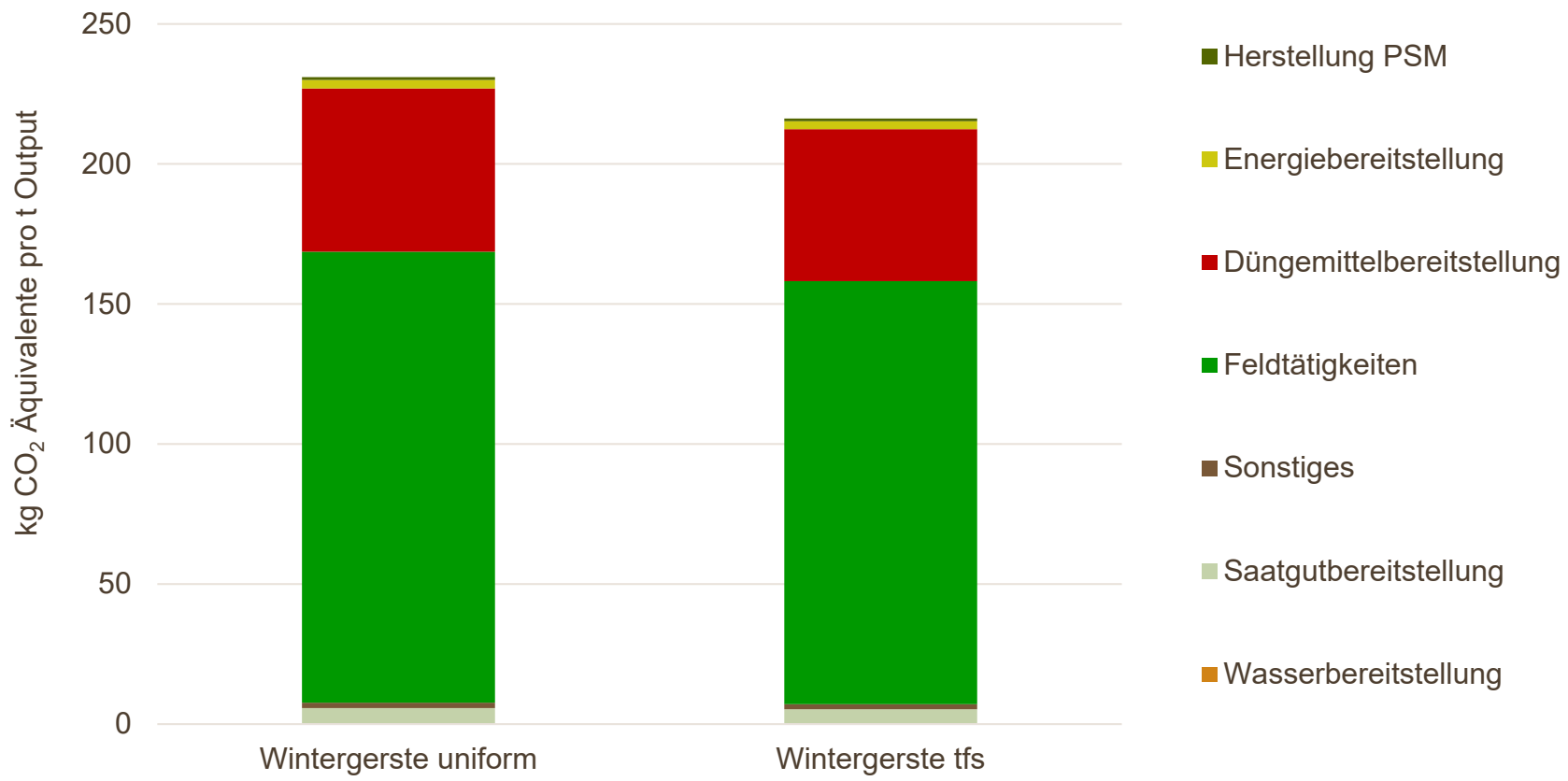
**Mehrertrag: 0,71 t/ha (+8,99%)**

**Vorläufige Ergebnisse weisen auf Mehrerträge durch TFS-Düngung im Winterweizen hin  
Unterstützung von Versuchsergebnissen des Experimentierfelds „Diabek“ (Bayern)**



# Nachhaltigkeitsbewertung am Beispiel Klimawandel

## Wirkungskategorie Klimawandel - Wintergerste



tfs Düngung reduziert CO<sub>2</sub> Äquivalente um 6,4%





# Betriebswirtschaftlichkeit digitaler Technologie am Beispiel der teilflächenspezifischen Düngung

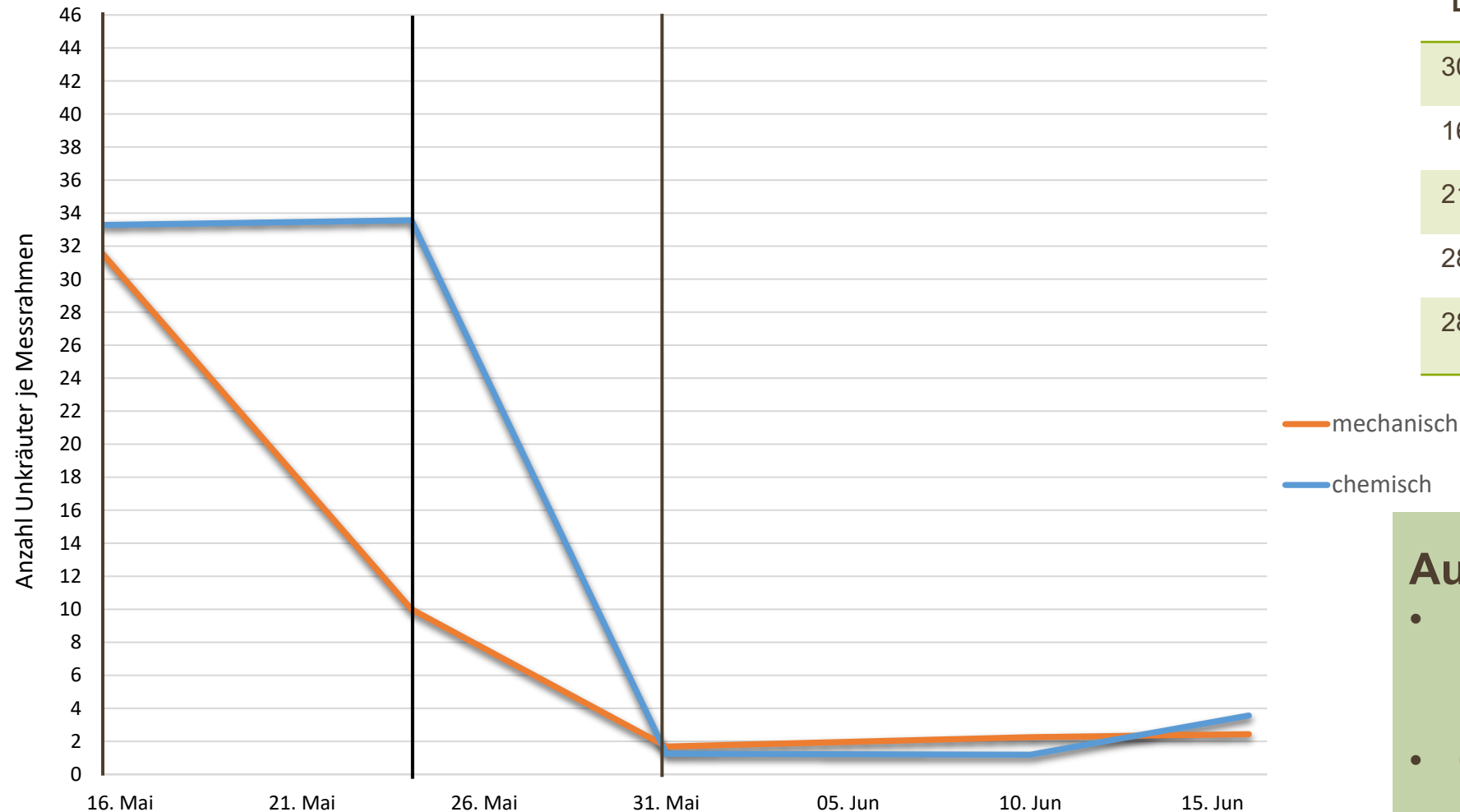
<b>Anschaffungspreis</b>	<b>12.808 €</b>
<b>(Differenz)</b>	
Zinssatz	3%
Nutzungsdauer	10 a
Abschreibung	1.280,80 €
Zinsen	192,12 €
Reparaturkosten 2%	256,12 €
Jährliche Lizenzen	298,00 €
Summe	2.027,04 €
Mehrerlös je Hektar	66,10 €/ha
<b>Mindestfläche</b>	<b>30,7 ha</b>

## Modellrechnung auf Basis der vorläufigen Versuchsergebnisse:

- Berechnungen beziehen sich auf Getreideanbau mit TFS-Düngung
- Amortisierung der notwendigen Investitionen für TFS-Düngung bereits mit geringer Ackerfläche



# Mechanische Unkrautregulierung mit optisch-geführten Hackgerät und Variostriegel



Datum	mechanisch	chemisch
30.04.22	Aussaat	Aussaat
16.05.22	Hacke	PS Spritze
21.05.22	Striegel	-
28.05.22	Hacke	-
28.05.22	Striegel	-

## Ausblick:

- Mechanische Unkrautregulierung mit Bandspritzung
- Ökonomische Bewertung



## Fazit & Ausblick

- Ökonomische und ökologische Leistung der **Teilflächen-spezifischen Düngung** von Winterweizen für kleinstrukturierte Betriebe evtl. größer als gemeinhin angenommen
  - Ansatz ist „praxis-reif“, die ökonomische Attraktivität muss betriebs-individuell bewertet werden.
- Mechanische Unkrautregulierung mit **optisch-geführten Hackgeräten** liefert gute Ergebnisse, ein Vergleich mit der Bandspritzung steht jedoch noch aus.
- Bislang geringe Erfahrungen mit **modell-gestütztem Pflanzenschutz**
- **Mehr Daten und Versuche sind erforderlich, um eine abschließende Bewertung digital-gestützter Entscheidungshilfen für BaWü vornehmen zu können**



# Einsatz für eine nachhaltige LW in kleinen Strukturen

## Chancen und Herausforderungen

- Ökologisch
- Ökonomisch
- Sozial

am Beispiel verfügbarer  
teilflächenspezifischer Techniken im  
Pflanzenbau



**Vielen Dank für  
Ihre Interesse**

## Kontakt

Prof. Dr. Stefan Böttinger

Universität Hohenheim

[boettinger@uni-hohenheim.de](mailto:boettinger@uni-hohenheim.de)

Prof. Dr. Markus Frank

HfWU Nürtingen-Geislingen

[markus.frank@hfwu.de](mailto:markus.frank@hfwu.de)