

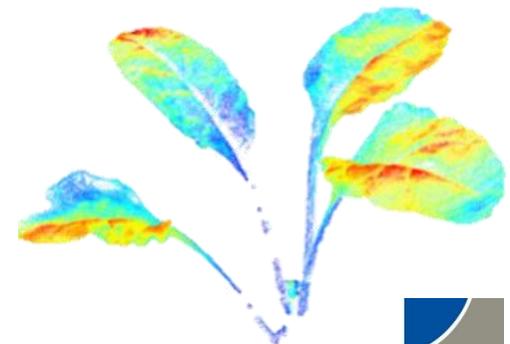
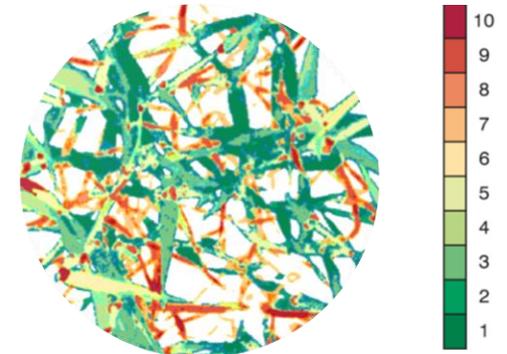
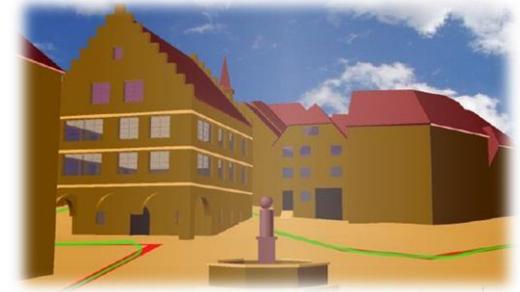
Sensoren im Pflanzenschutz

Dr.-Ing. Jan Behmann



Dr.-Ing. Jan Behmann

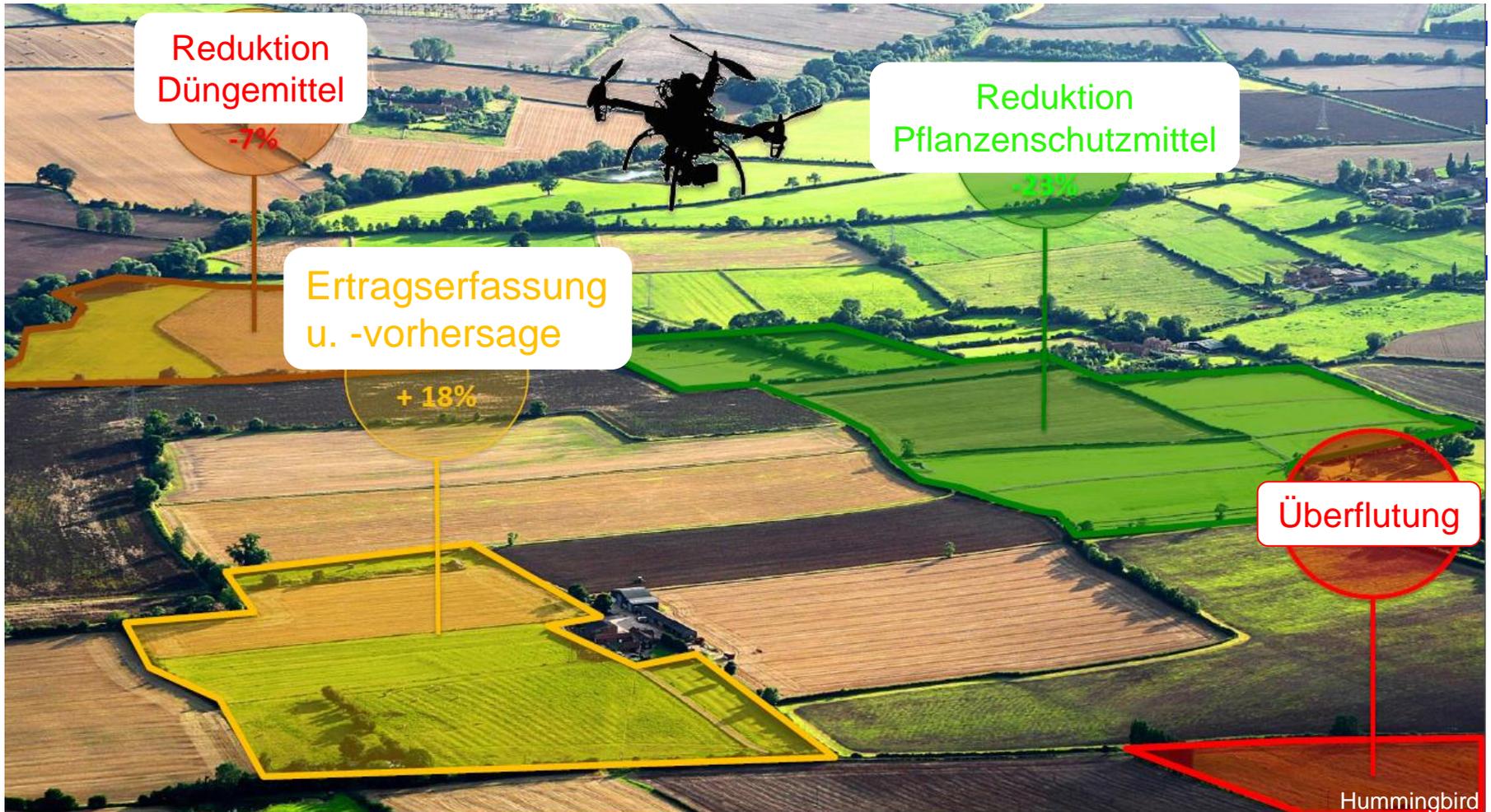
- B.Sc. Geodäsie und Geoinformation (2009):
Intelligente Benutzerführung für die Navigation in 3D-Stadtmodellen
- M.Sc. Geodäsie und Geoinformation (2011):
Merkmalsgewinnung aus spektralen Signaturen für die Detektion von Trockenstress bei Gerste
- Promotionsthema (2016) :
Integration von hyperspektralen Merkmalen und 3D Geometrie für die Klassifikation von Stressprozessen in Pflanzen
- Aktuelles Forschungsprojekt: *Detektion und Identifikation von Krankheiten des Weizens im Feld mittels hyperspektraler Kameras*



Errungenschaften der Digitalisierung

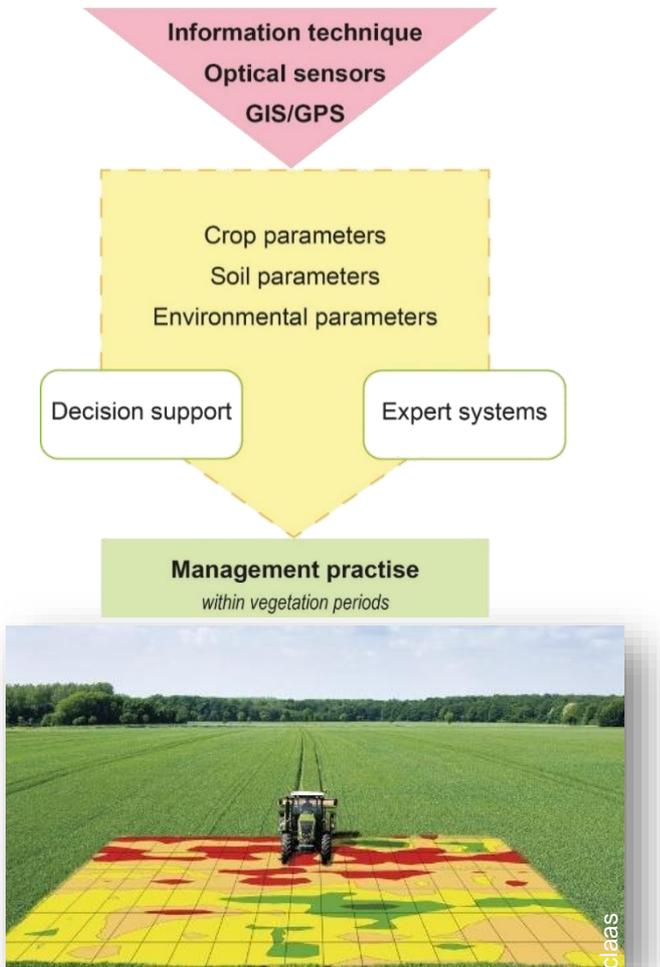
- Aktuell vermischen sich verschiedene IT-Trends wie Big Data, Cloud-Computing und Social Web zum Trend „**Digitalisierung**“
- Die Digitalisierung ist die neue Globalisierung, da wirtschaftliche Prozesse zunehmend digital stattfinden
- Dies hält mit großer Geschwindigkeit Einzug in die Landwirtschaft (*Landwirtschaft 4.0*)
 - Geoinformationssysteme
 - Robotik
 - Sensorik
 - Entscheidungshilfen
 - Datenmanagement (Cloud-Systeme)

Ertragssicherung durch Präzision



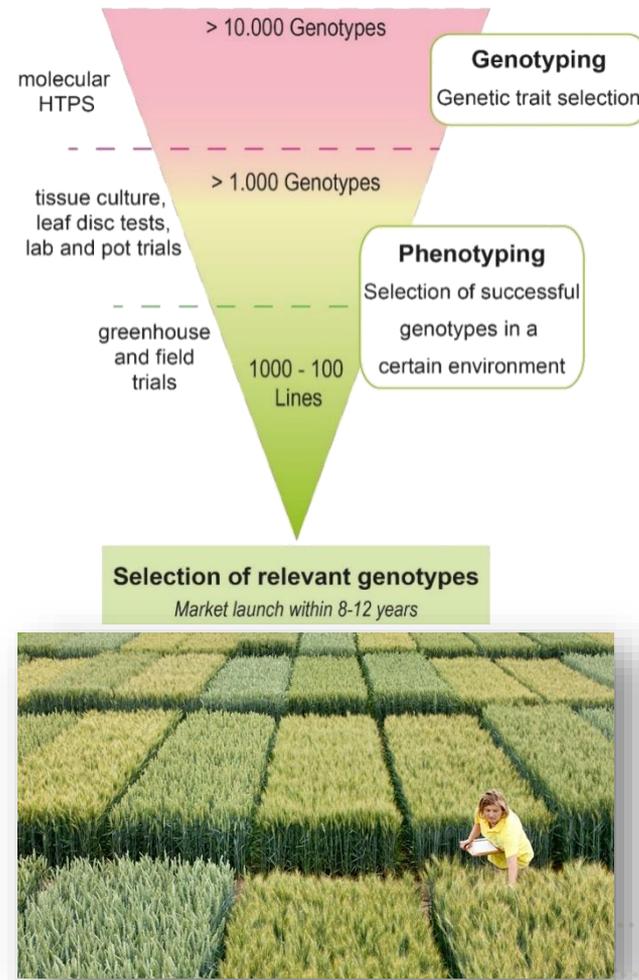
Hummingbird

Präzisionslandwirtschaft



Entscheidungsfindung Pflanzenschutz

Phänotypisierung



Bewertung resistenter Sorten

Schlüsselfragen

- Was ist der Status quo ?
 - Was ist bereits möglich ?
 - Was wurde bereits in praktischen Anwendungen implementiert ?
 - Was sind die Pläne für die Zukunft ?
 - Was ist unrealistisch (?)
- Was sind die Hauptaktivitäten der Agribusiness-Unternehmen ?
- Was ist die Situation der Landwirte ?
- Welche Ausbildung benötigen zukünftig Landwirte und Berater ?
- Was sind die erwarteten Kosten und/oder der ökonomische Vorteil?

Grundidee

Präzisionspflanzenbau und Phänotypisierung

- Einsatz von **optischen Sensoren, GPS, GIS** und **innovativen Datenanalysemethoden** zur Verbesserung pflanzenbaulicher Maßnahmen
- Monitoring von Wachstum und Bestandesentwicklung
 - Wachstumsstadien, Biomasse, Ertrag, Bestandesdichte, Bestandesschluss
- Erfassung von Pflanzenstress
 - Abiotisch: Trockenstress, Nährstoffmangel, Hitze, Kälte
 - **Biotisch: Pflanzenkrankheiten, Insekten, Unkräuter**

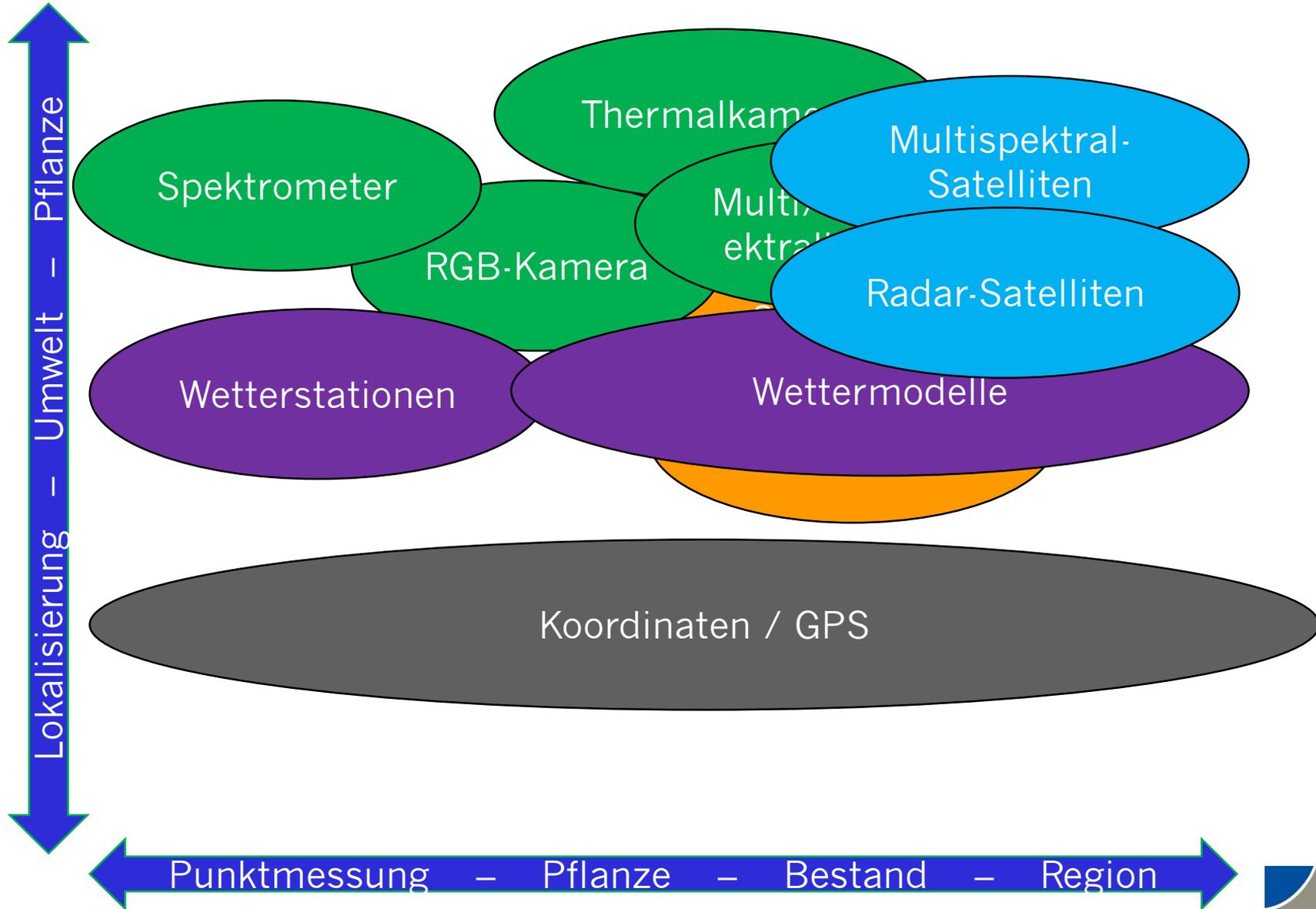


Objektiv, reproduzierbar, automatisch, hoher Durchsatz

Aufgabe von Sensoren

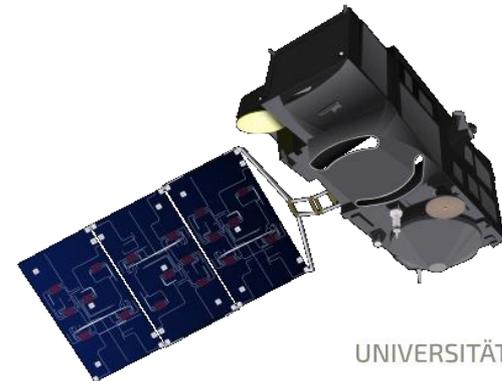
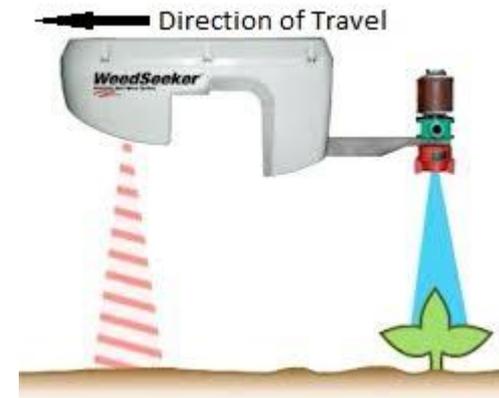
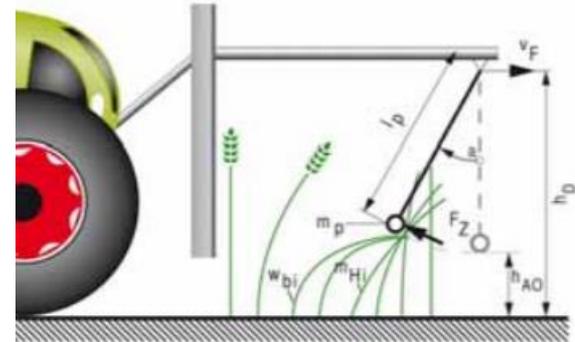
- Liefern (**digitale**) Informationen/Beobachtungen der Realität
 - Vitalität der Pflanze
 - Umweltparameter
 - Lokalisierung
- Verknüpfen **Computermodelle** mit der aktuellen Situation
 - Daten zum Lernen von Modellen
 - Daten zum Validieren von Modellen
 - Kontextdaten zum genauere Prädizieren mittels Modellen
- Anpassung der räumlichen und zeitlichen Auflösung an das **jeweilige Phänomen** erforderlich

Sensoren im Pflanzenschutz



Kommerzielle Sensoren (Auswahl)

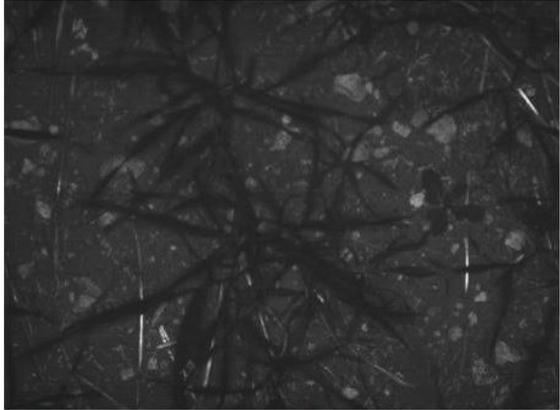
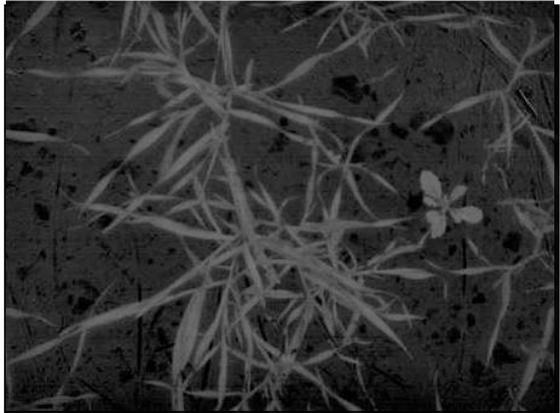
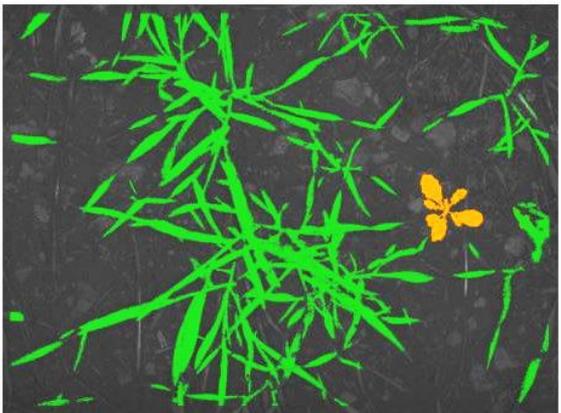
- Vitalität / Stickstoffversorgung
 - Yara N-Sensor
 - Agricon P3-Sensor
 - Claas Cropmeter/Cropsensor
 - Fritzmeier ISARIA
 - Trimble Greenseeker
- Unkrautsensoren
 - Agricon H-Sensor
 - Trimble Weedseeker
- Satelliten
 - Sentinel 1(Radar),
 - Sentinel 2AB, Sentinel 3AB (Multispektral)
 - CNES Spot, Worldview2
 - Auswertung durch z.B. SBI, Xavio FieldManager, Climate FieldView



Unkrautererkennung

Agricon H-Sensor

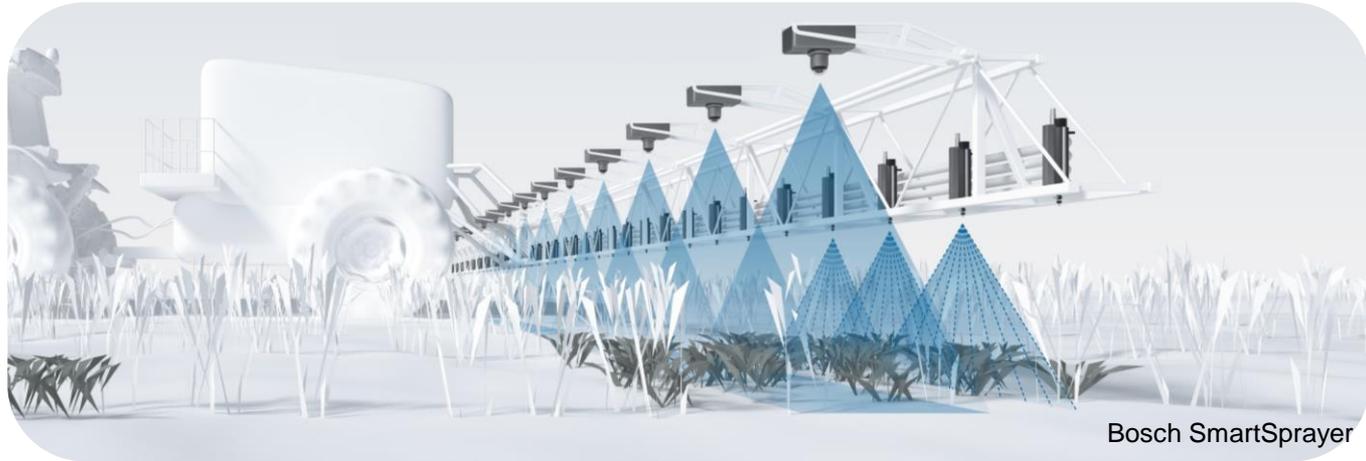


<p>Red</p>  <p>0,4453125x (2/208) False</p>	<p>Infrared</p>  <p>0,4453125x (22/458) False</p>														
<p>Difference</p>  <p>0,4453125x (47/424) False</p>	<p>Result</p>  <p>0,4453125x (20/74) False</p>														
<p>Result Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TRZAW [%]</th> <th>MOCOT [%]</th> <th>DICOT [%]</th> <th>GALAP [%]</th> <th>MATIN [%]</th> <th>COMPLEX [%]</th> <th>ALL [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16,6908</td> <td>0</td> <td>0,96436</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>17,655</td> </tr> </tbody> </table> <p>Messages</p>		TRZAW [%]	MOCOT [%]	DICOT [%]	GALAP [%]	MATIN [%]	COMPLEX [%]	ALL [%]	16,6908	0	0,96436	0	0	0	17,655
TRZAW [%]	MOCOT [%]	DICOT [%]	GALAP [%]	MATIN [%]	COMPLEX [%]	ALL [%]									
16,6908	0	0,96436	0	0	0	17,655									

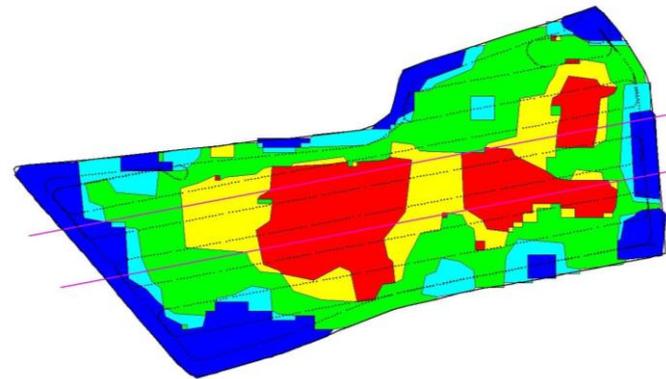
SPAA, 2017

Sensoren - Aktuatoren

- Online-Verfahren
 - Erfassung und Maßnahme in einem Durchlauf



- Offline-Verfahren
 - Trennung von Sensorik und Aktuatoren
- Grenzen des Online-Verfahrens:
 - Detektion der Bedrohung
 - Ausschließlich lokale Behandlung



Schadinsekten

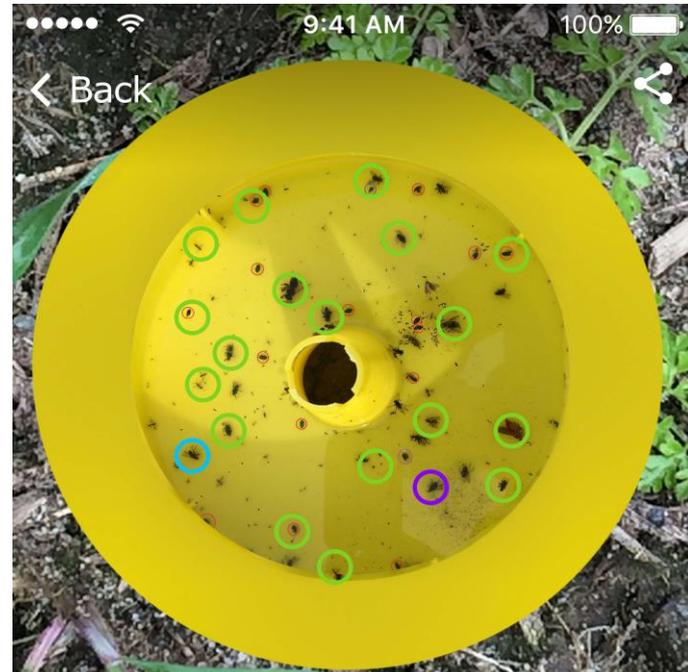
- Forschung an
 - Akustische Sensoren
 - Detektion volatiler Substanzen
 - Laser-Sensoren

Lieske et al., 2017



- Gelbtafel mit vollautomatischer Auswertung

Xarvio Scouting



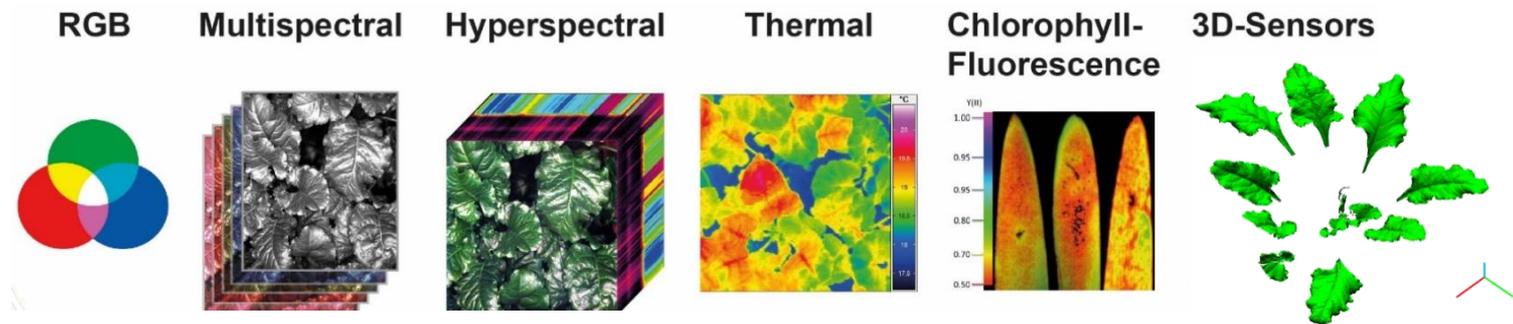
Optische Sensoren für die Erfassung von Krankheiten

- Wirt-Pathogeninteraktionen unterscheiden sich in ihrer Symptomausprägung, dies führt zu spezifischen räumlichen Mustern und spektralen Signaturen

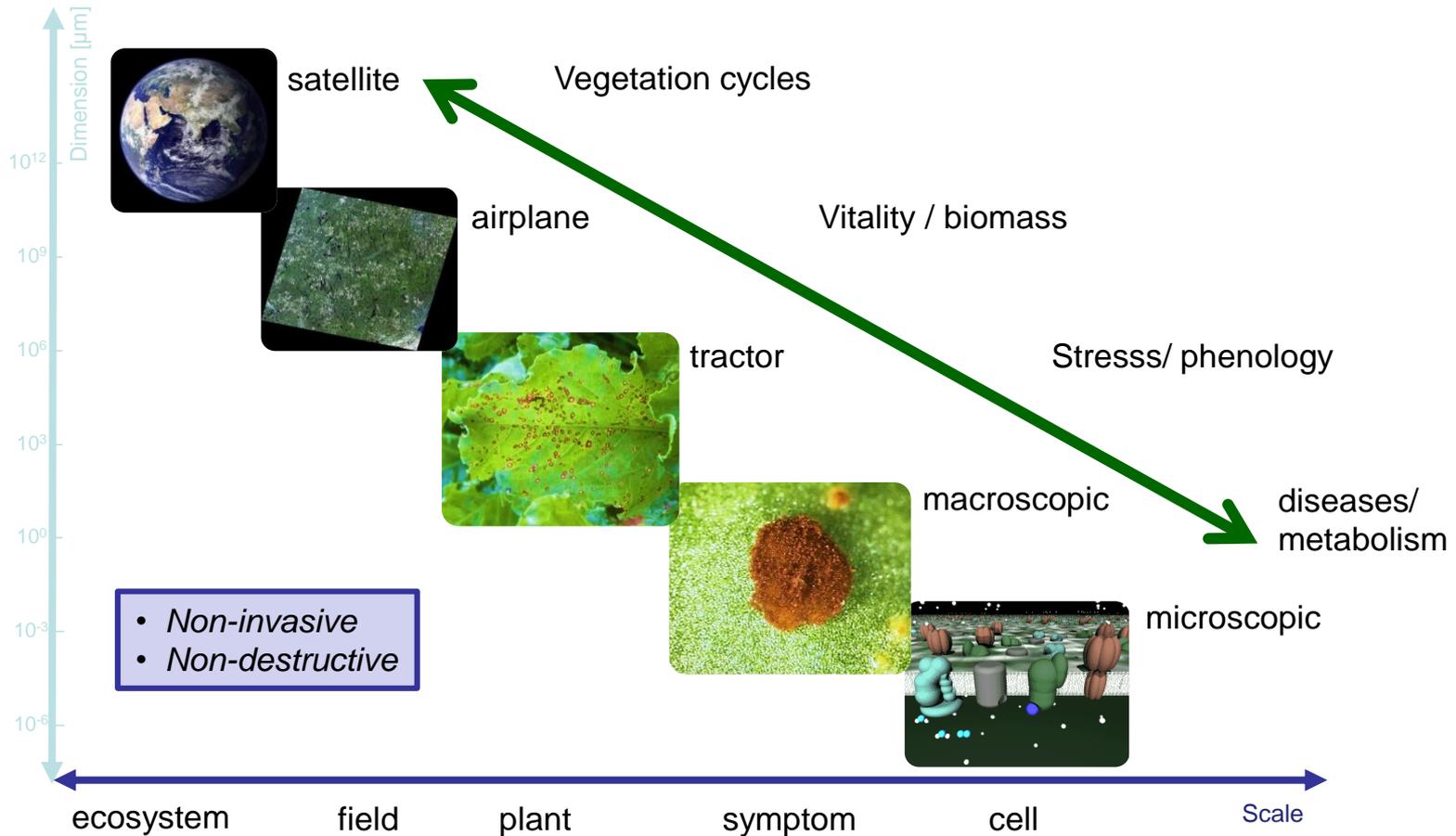
Mahlein et al. 2012, Plant Meth

- Sensortechnologien ermöglichen eine reproduzierbare und objektive Erfassung von Pflanzenkrankheiten

Rumpf et al 2010, Comp El Agr



Erfassung von Interaktionsparametern auf verschiedenen Skalen



Spektrale und räumliche Auflösung von optischen Sensoren



Monochrom

RGB

Spectroscopy

Multispectral

Hyperspectral

Räumliche Information

Ja

Ja

Nein

Ja

Ja

Anzahl Bänder

1

3

Einige bis hunderte

3 bis 10

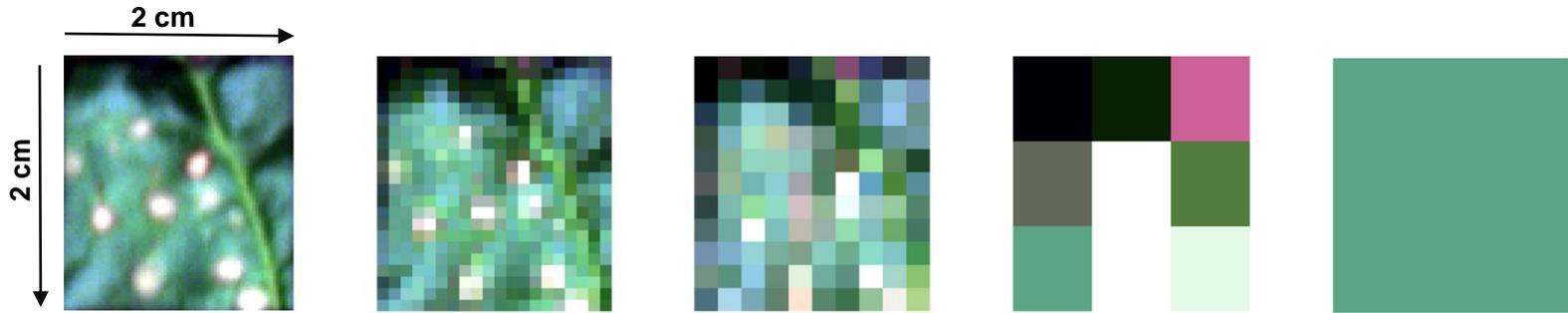
Einige bis hunderte

Daten

wenig

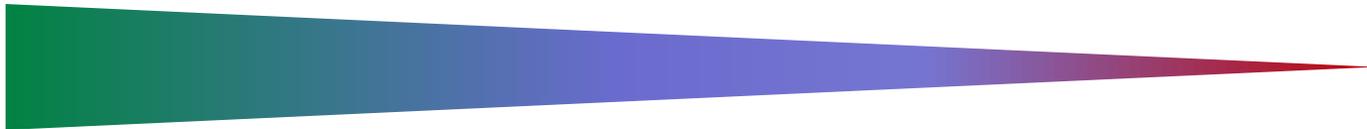
viel

Abhängigkeit zwischen räumlicher Auflösung und Sensitivität/Genauigkeit

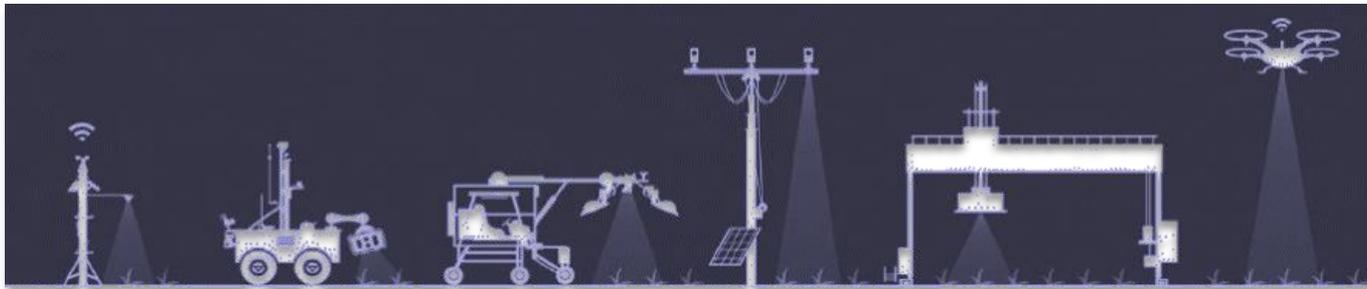


Pixelsize:	0.19 mm	0.85 mm	2 mm	6.3 mm	20 mm
Distance:	50 cm	100 cm	200 cm	400 cm	800 cm

Information content



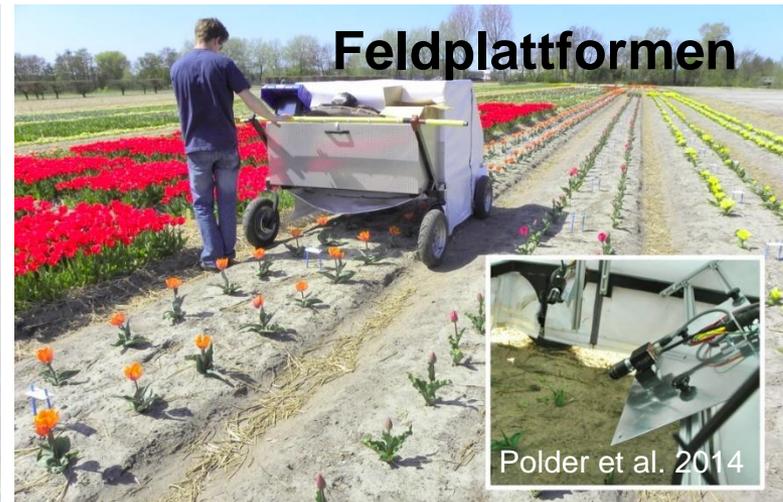
Platform



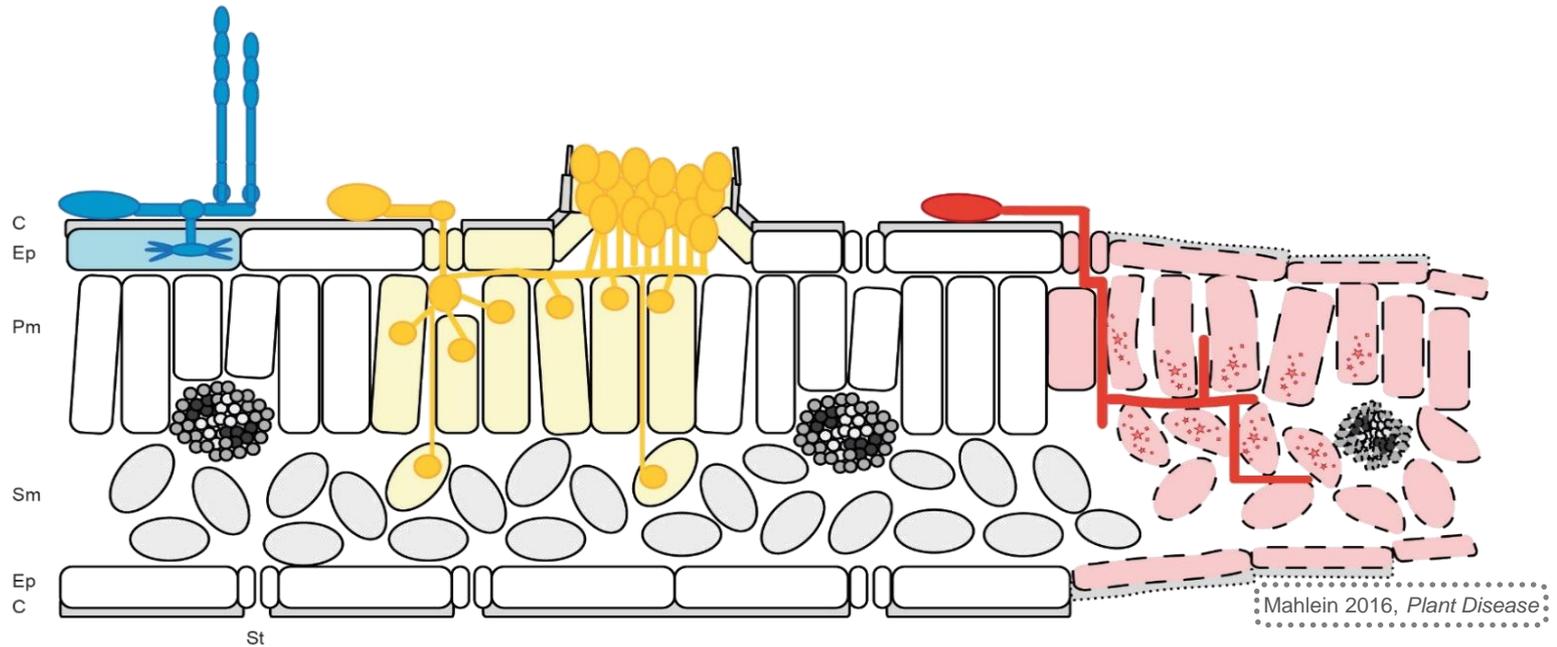
Auflösung entscheidet über die Genauigkeit:



Plattformen



Pflanzen - Pathogen Interaktionen



Mehltau



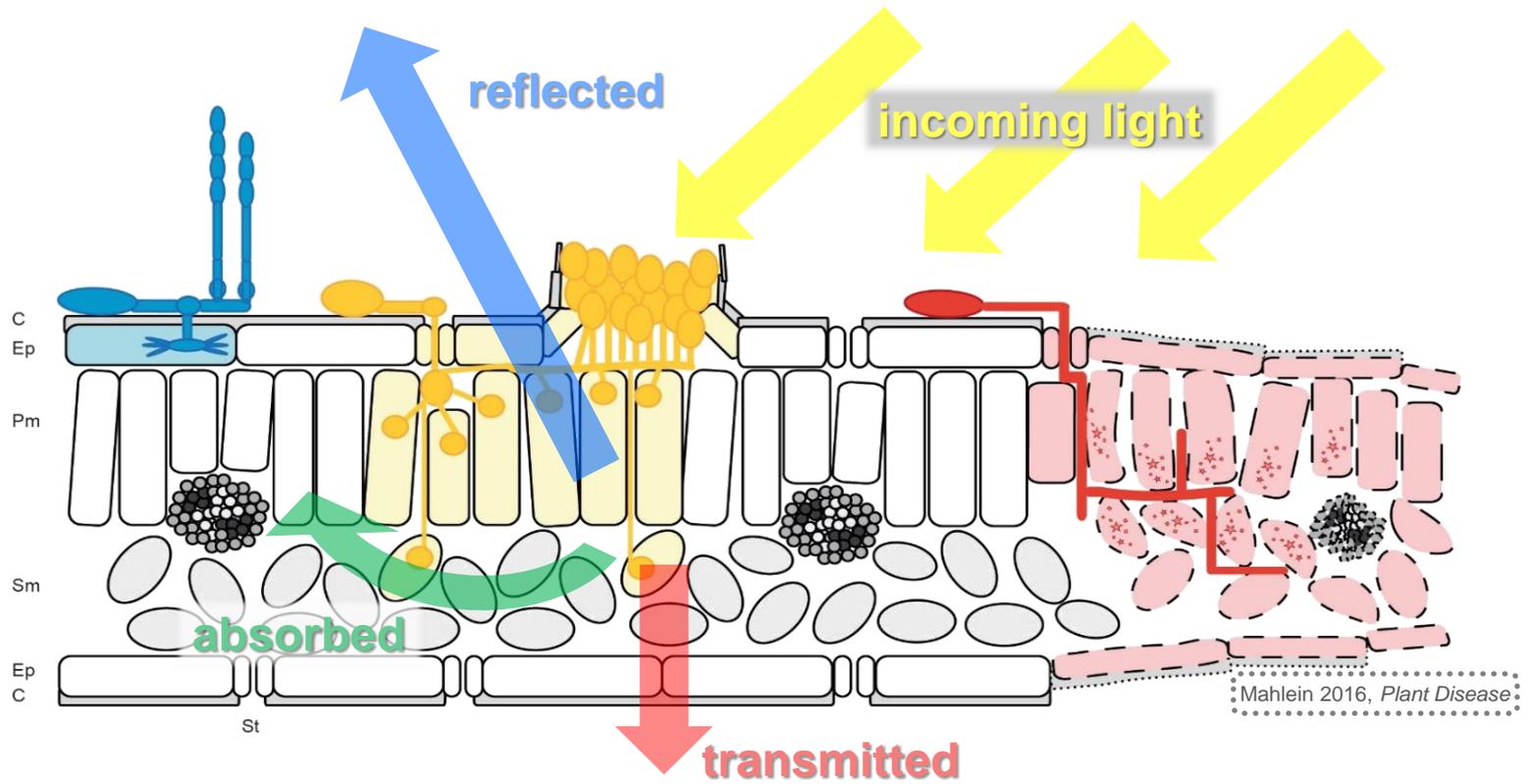
Zuckerrübenrost



Cercospora Blattflecken



Pflanzen - Pathogen Interaktionen



Mehltau



Zuckerrübenrost

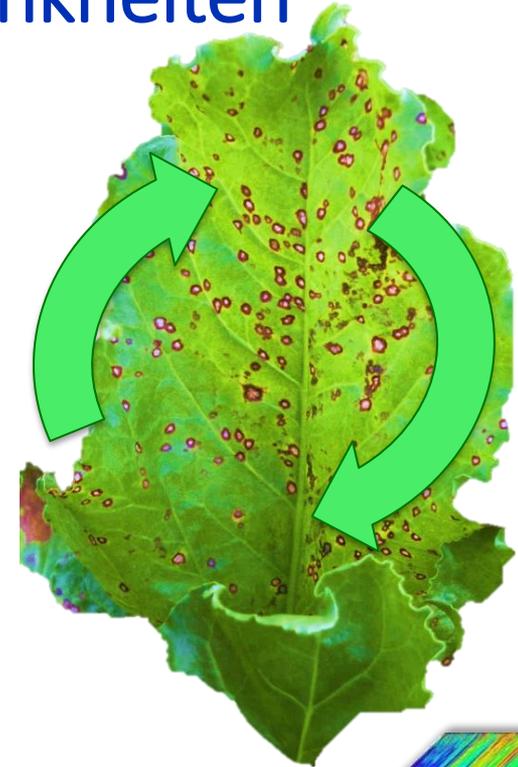


Cercospora Blattflecken

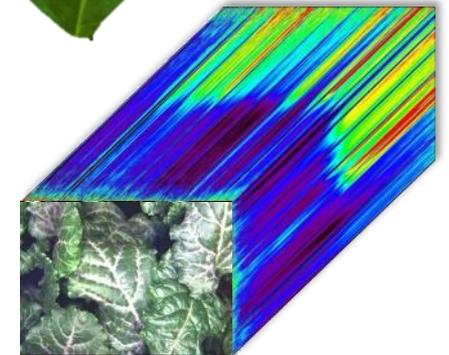


Einfluss von Pflanzenkrankheiten

- Veränderungen im Pigmenthaushalt
- Veränderungen im Wasserhaushalt
- Anreicherung und Abbau von Metaboliten
- Veränderungen in der Zell und Blattstruktur
- Anreicherung von pilzlichen Toxinen
- Veränderungen in der Source-Sink Relation



Physiologische und metabolische Eigenschaften beeinflussen die optischen Eigenschaften von Pflanzen



Optische Sensoren für die Erfassung von Krankheiten

- Wirt-Pathogeninteraktionen unterscheiden sich in ihrer Symptomausprägung, dies führt zu spezifischen räumlichen Mustern und spektralen Signaturen

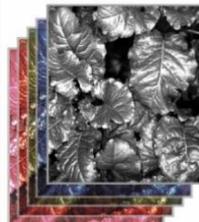
Mahlein et al. 2012, Plant Meth

- Sensortechnologien ermöglichen eine reproduzierbare und objektive Erfassung von Pflanzenkrankheiten

Rumpf et al 2010, Comp El Agr



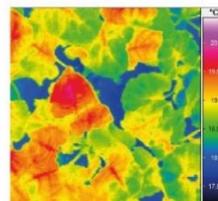
Multispectral



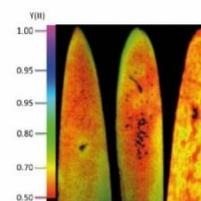
Hyperspectral



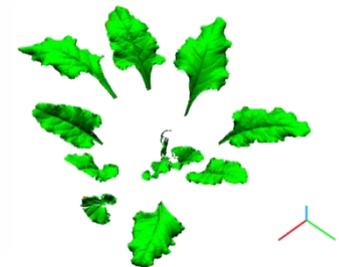
Thermal



Chlorophyll-Fluorescence



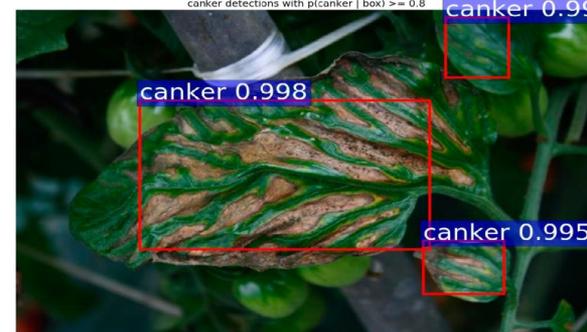
3D-Sensors



Apps zur Krankheitsidentifikation (RGB)



(a)



(b)

Fuentes et al., 2017

- Plantix, Plantvillage Nuru
 - Xarvio Scouting, BASF Maglis
- häufig basierend auf DeepLearning Techniken

“Smarte” Krankheitserkennung



ISIP Rübenblatt-Scan

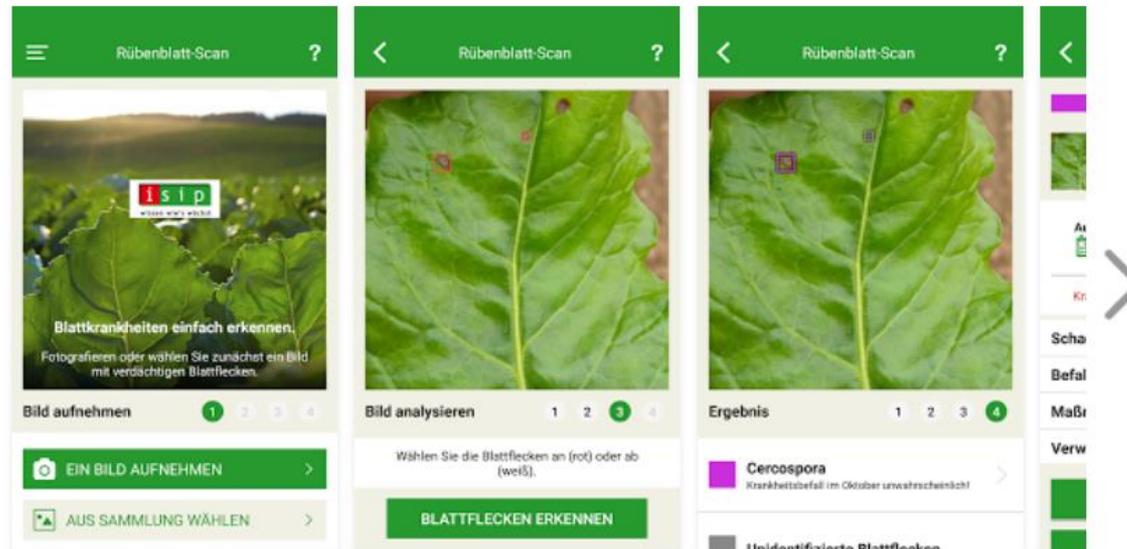
ISIP e.V. Tools

★★★★★ 3

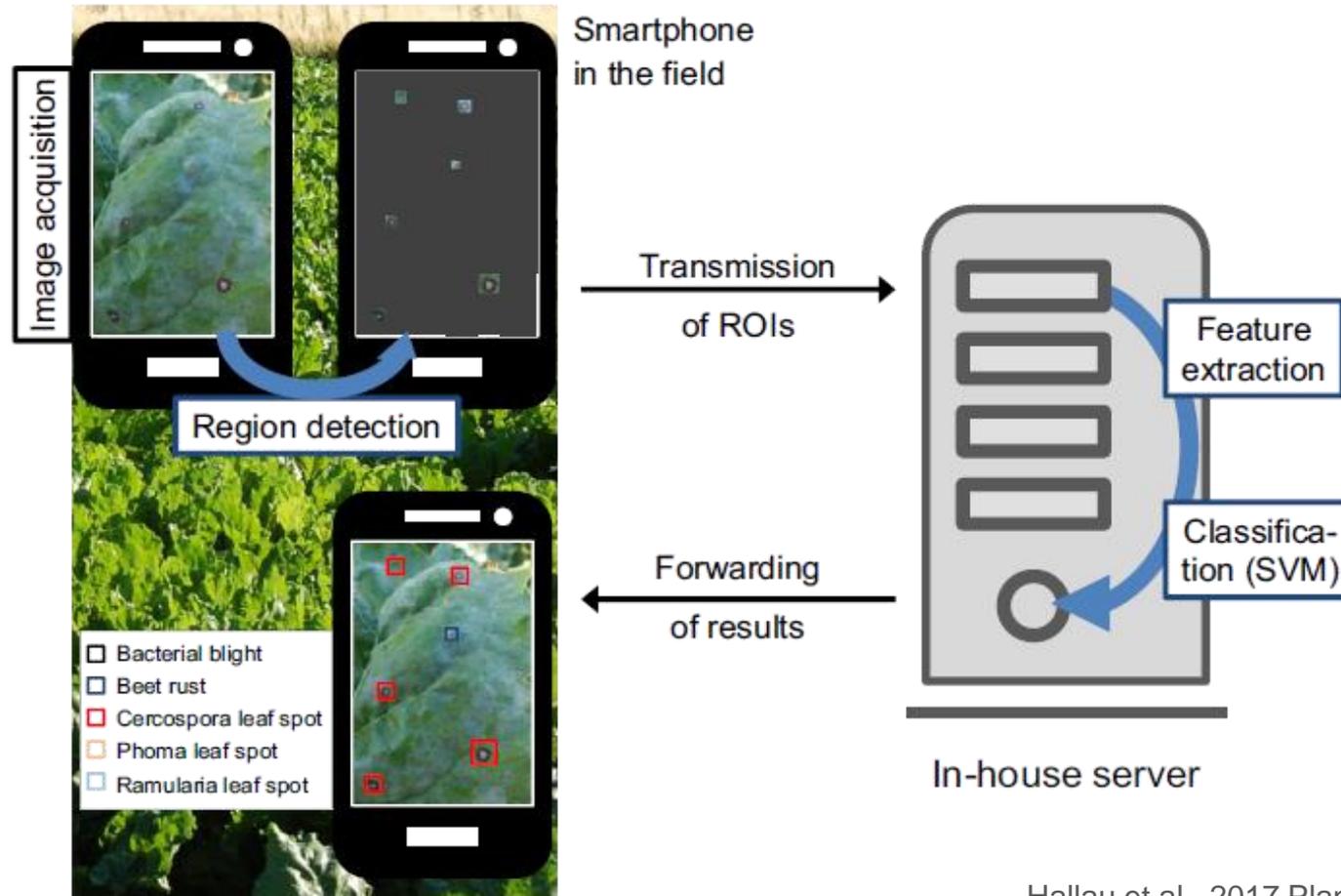
USK ab 0 Jahren

Zur Wunschliste hinzufügen

Installieren



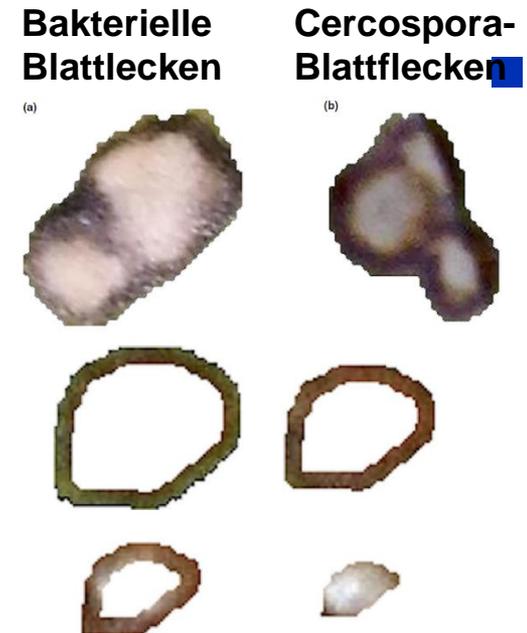
“Smarte” Krankheitserkennung



“Smarte” Krankheitserkennung

- Detektion von Blattkrankheiten mit einer Genauigkeit von >93 %, Identifikation >83 %:
 - Cercospora-Blattflecken, Ramularia-Blattflecken, Phoma-Blattflecken, Rübenrost
 - Bakterielle Blattflecken
- Klassifizierung mittels Support Vector Machines
 - Segmentierung der Blattflecken
 - Merkmale: Erosion bands, Local binary patterns,...
- Verbindung zu ISIP CERCBET

- Veröffentlicht als “**Rübenblatt-Scan**” über ISIP
- *Erhältlich in App-Stores für Android und iOS*



Hallau et al., 2017 *Plant Pathology*

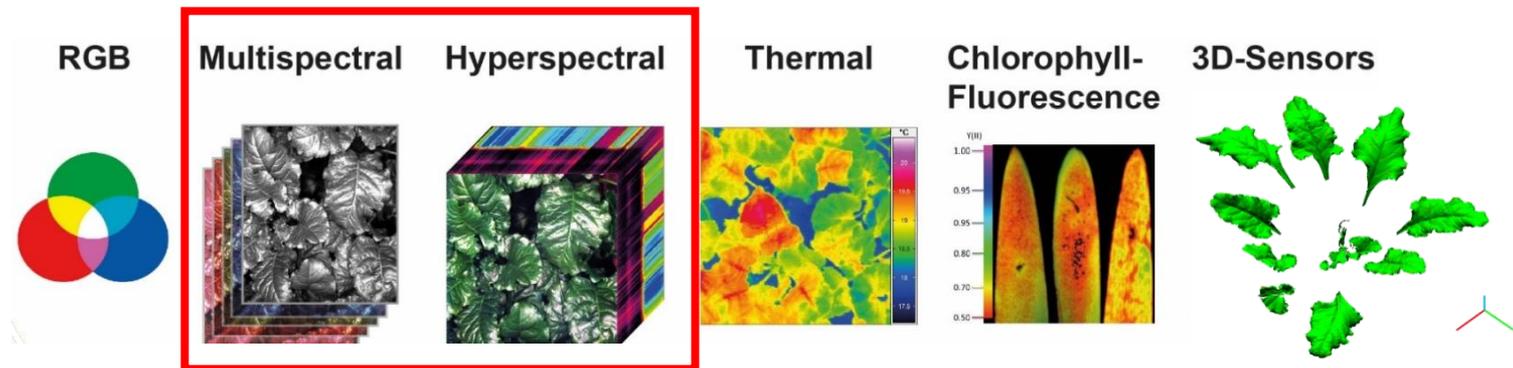
Optische Sensoren für die Erfassung von Krankheiten

- Wirt-Pathogeninteraktionen unterscheiden sich in ihrer Symptomausprägung, dies führt zu spezifischen räumlichen Mustern und spektralen Signaturen

Mahlein et al. 2012, Plant Meth

- Sensortechnologien ermöglichen eine reproduzierbare und objektive Erfassung von Pflanzenkrankheiten

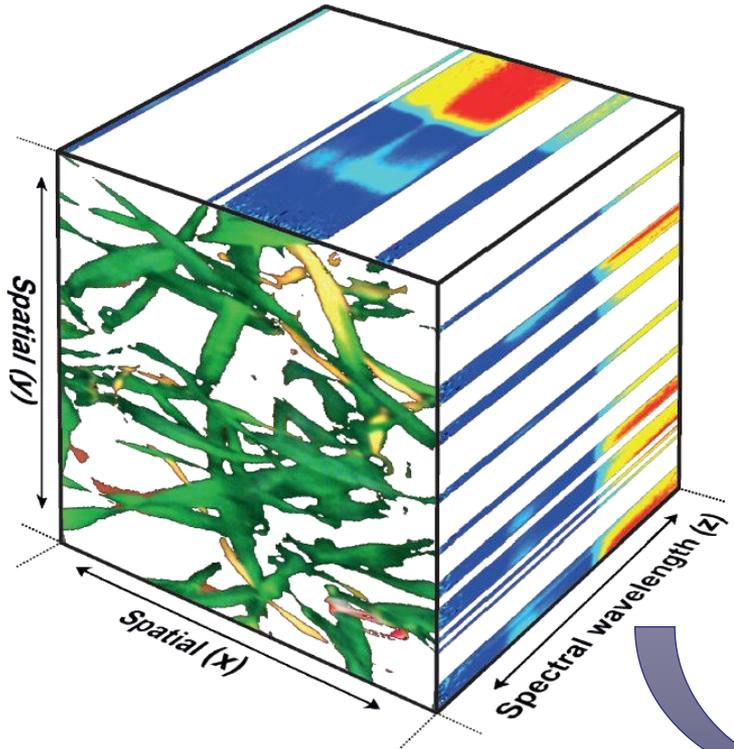
Rumpf et al 2010, Comp EI Agr



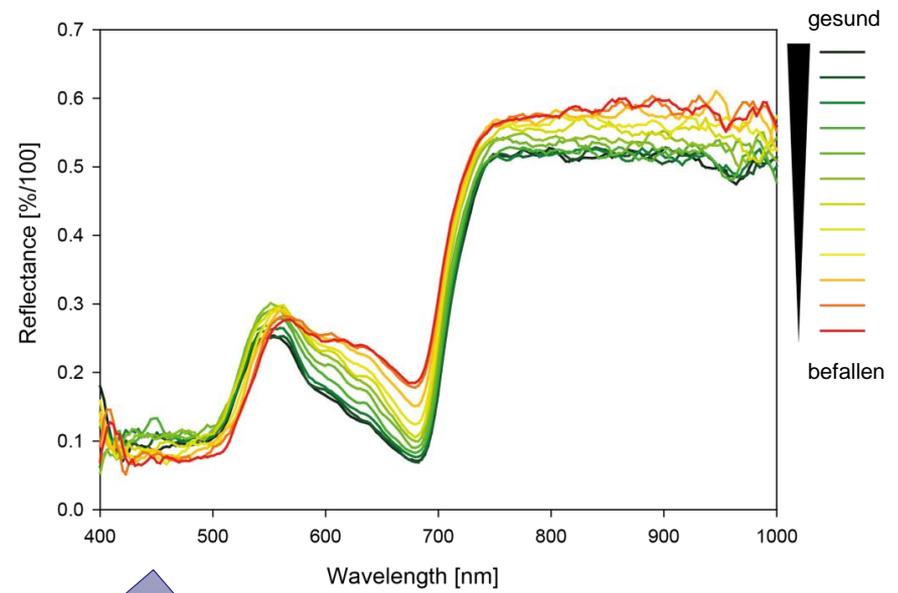
Hyperspektrale Bilddaten



Hyperspektraler Bildwürfel



Spektrale Signatur

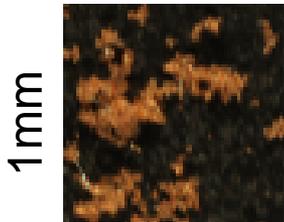


1 Signatur pro Pixel

Hyperspektrale Sensorik auf variablen Skalen

Mikroskop

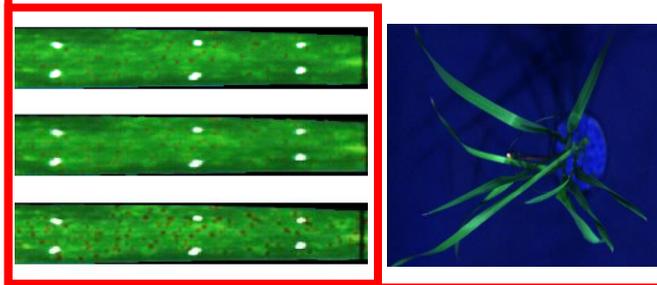
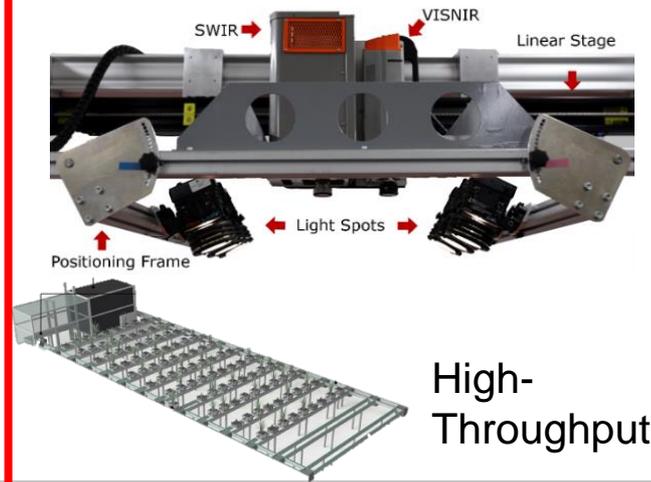
Einzelne Sporen & Symptome



1mm

Labor

Blätter- & Pflanzen-Skala



Freiland

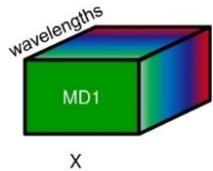
Bestand- & Feld-Skala



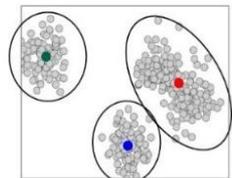
Automatische Detektion von Cercospora Blattflecken



HSI Cube



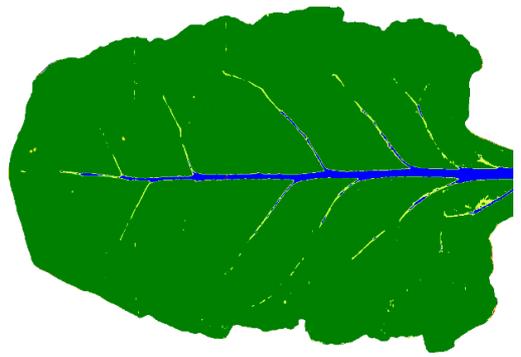
Clustering



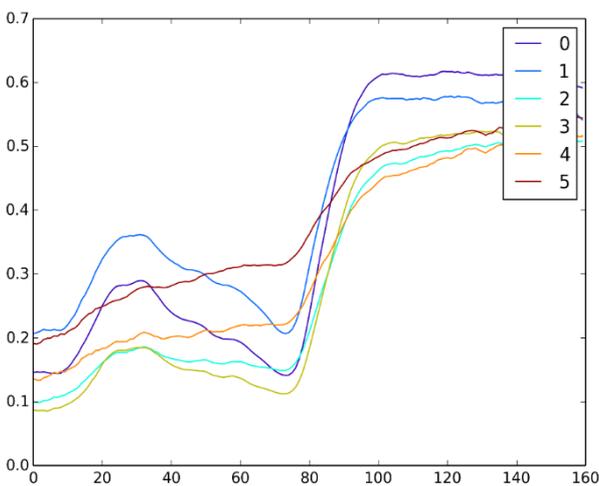
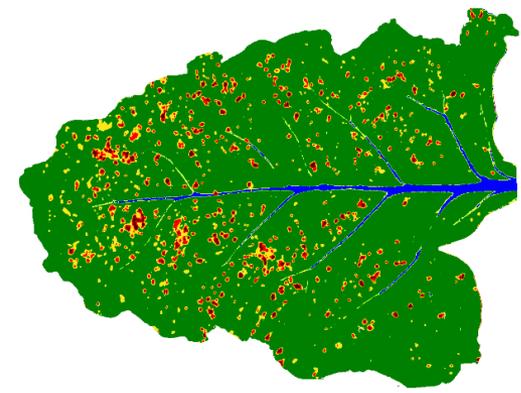
Erfassung von Klustern mit dem größten Abstand zu gesunden Pixeln

Erfassung eines Simplex pro Cluster -> Darstellung der Cluster über wenige Extreme

9 dai



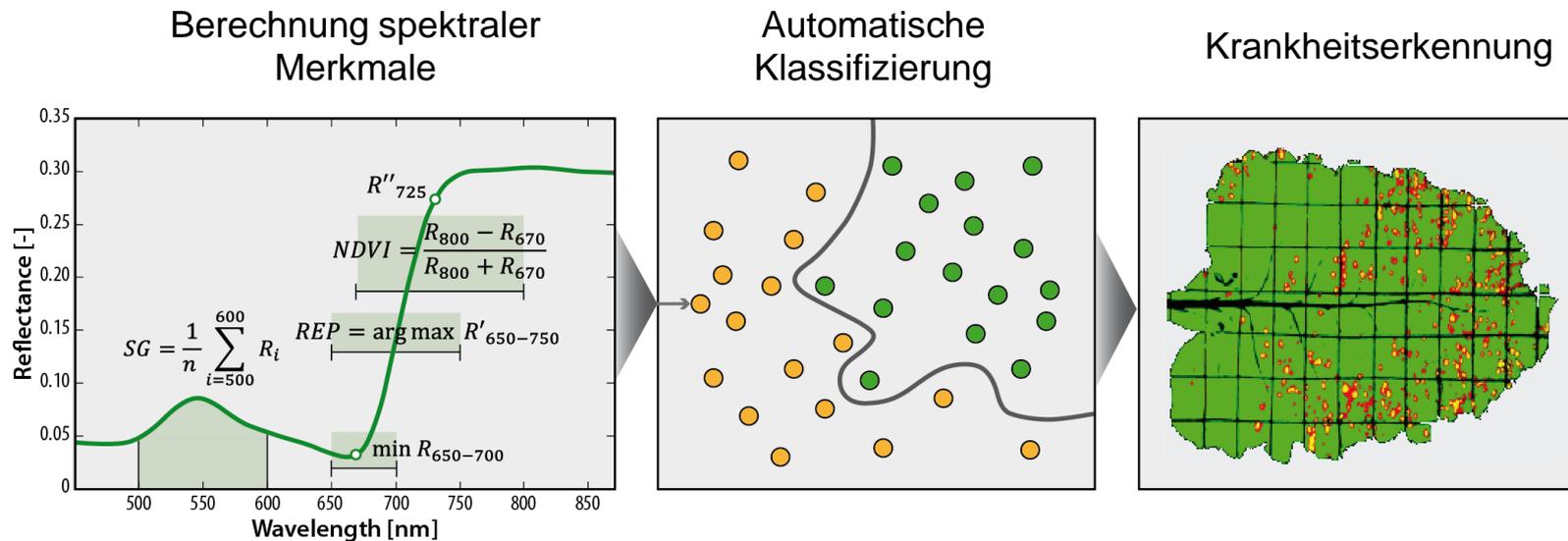
15 dai



Mahlein et al., unpublished 2017

Früherkennung von Pflanzenkrankheiten

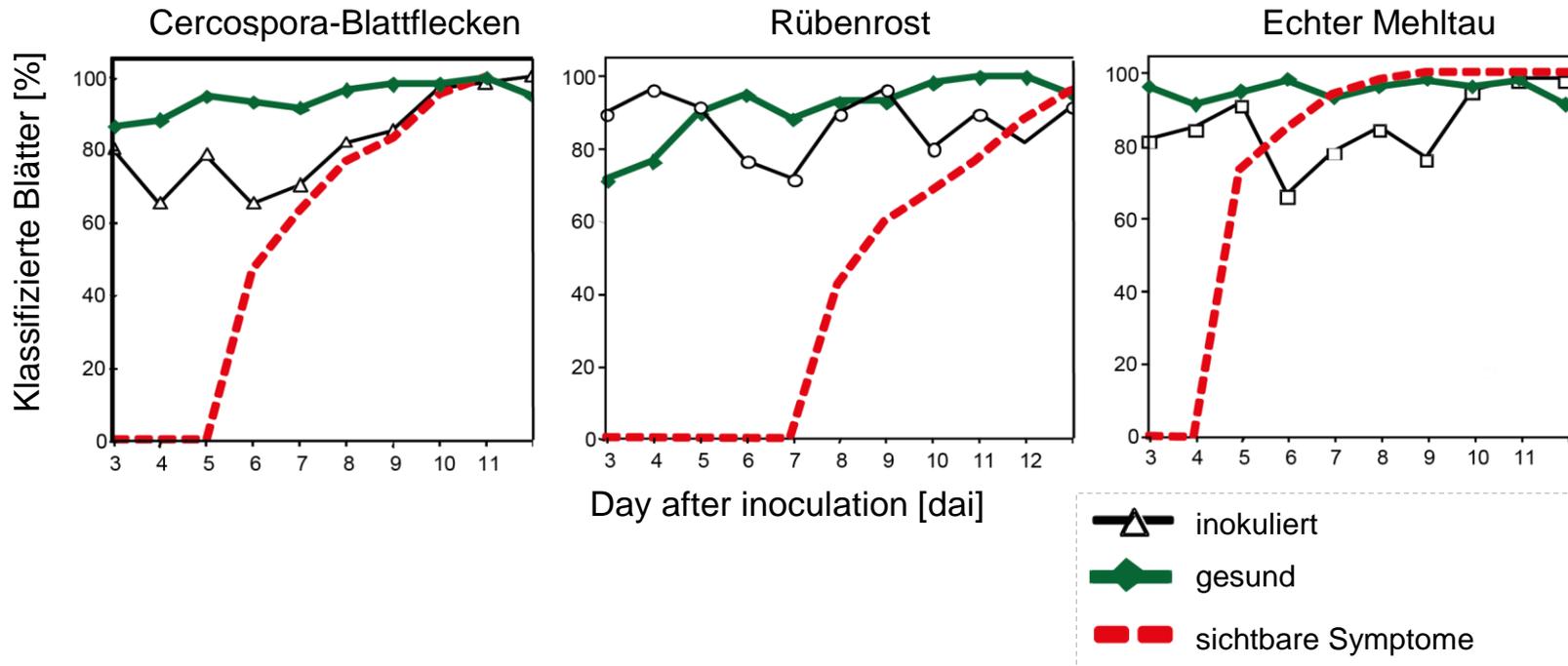
- Vor sichtbaren Symptomen?



Behmann et al. 2015, Precision Agriculture

Früherkennung von Pflanzenkrankheiten

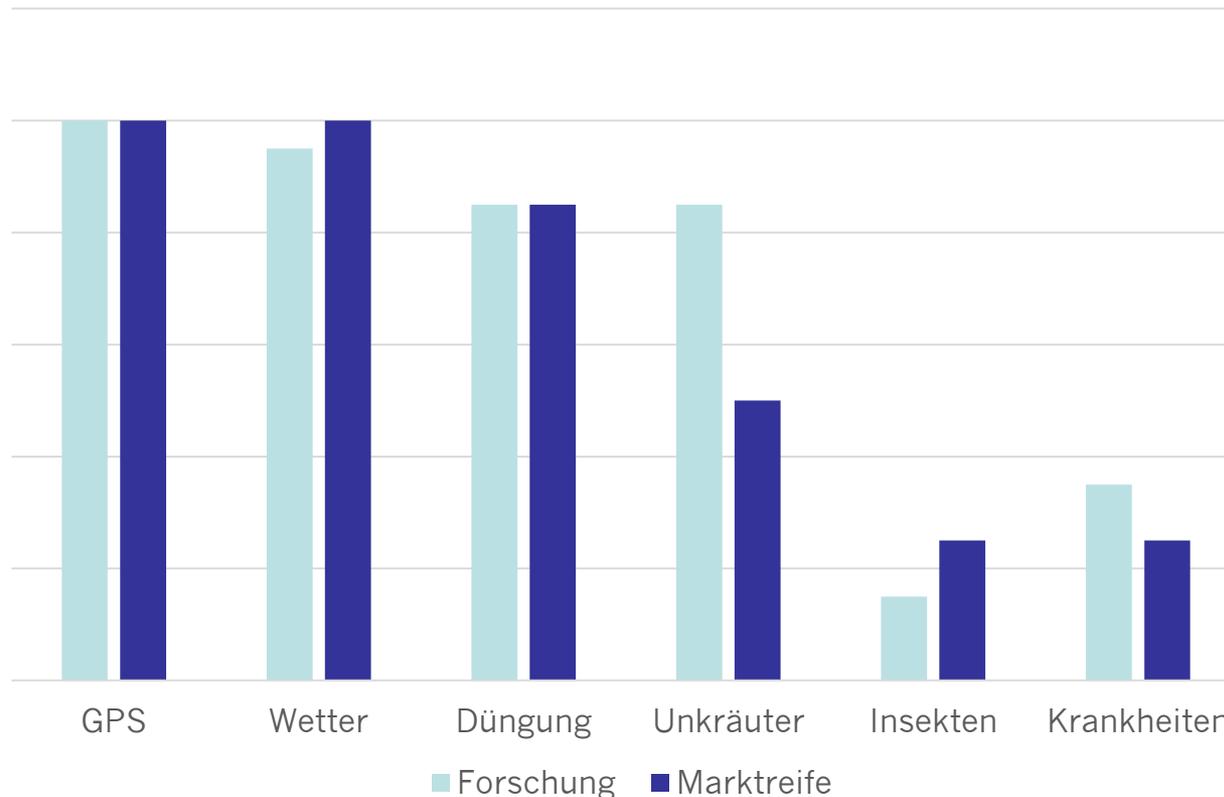
- Überwachte Klassifikation mittels „Support Vector Machines (SVM)“



Rumpf et al. 2010, *Computers and Electronics in Agriculture*

Zusammenfassung und aktuelle Herausforderungen

- **Detektion, Quantifizierung und Identifizierung** von abiotischen und biotischen Stressoren ist möglich



Zusammenfassung und aktuelle Herausforderungen

- **Detektion, Quantifizierung und Identifizierung** von abiotischen und biotischen Stressoren ist möglich
- **Skalenunabhängige Muster** für eine Übertragung von der Blattebene auf die Bestandesebene sind große Herausforderung

Zusammenfassung und aktuelle Herausforderungen

- Detektion, Quantifizierung und Identifizierung von abiotischen und biotischen Stressoren ist möglich
- **Skalenunabhängige Muster** für eine Übertragung von der Blattebene auf die Bestandesebene sind große Herausforderung

- **Transfer** von Forschungsergebnissen in die **Praxis**
- Definition von **geeigneten Plattformen** und **spezifischen Sensoren**
- Integration in das Konzept des **Integrierten Pflanzenschutzes**
- Verbindung zu **Expertensystemen** und **Vorhersagemodellen**

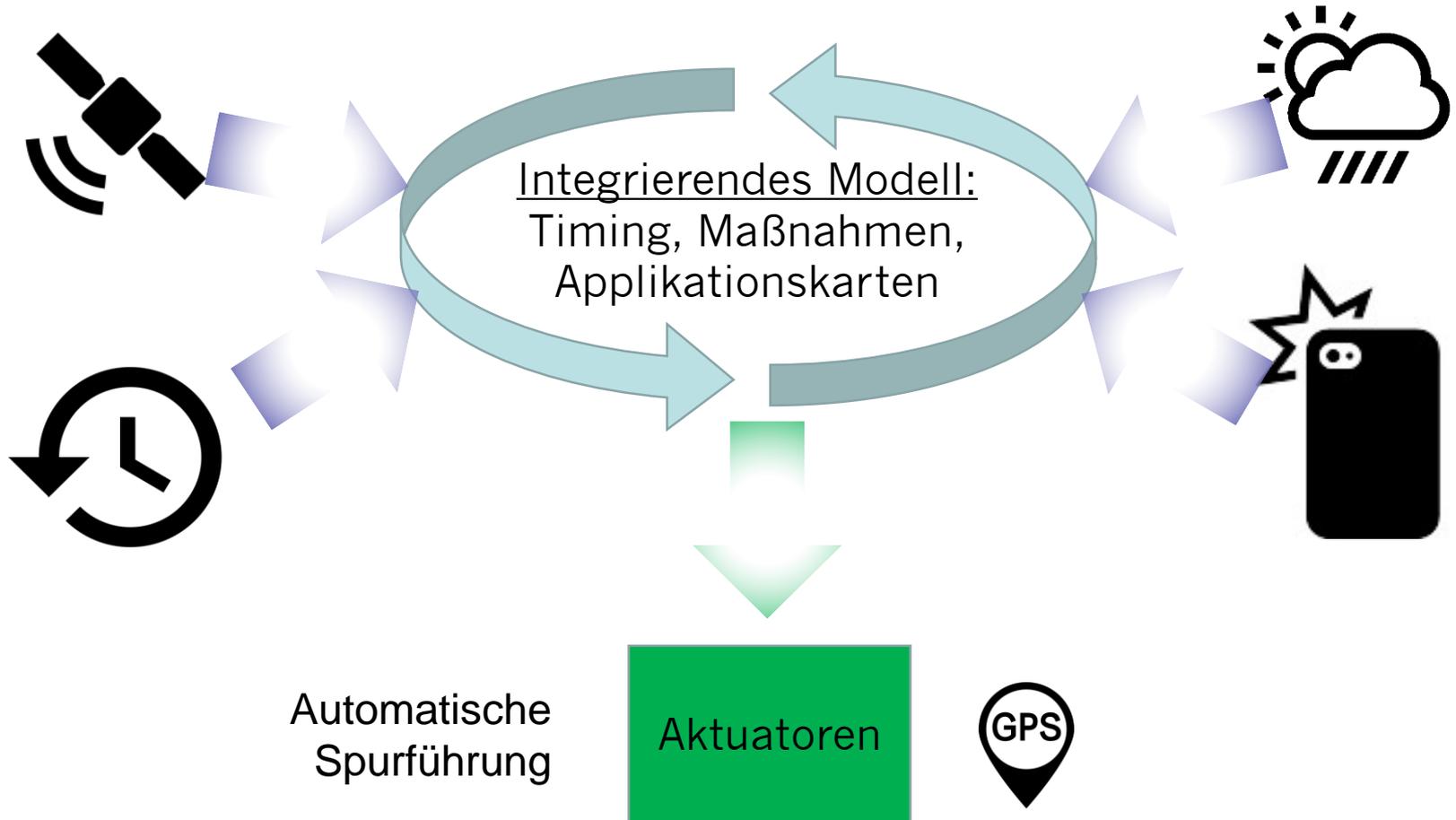
Was ist die Zukunft des Pflanzenschutzes?

Technischer Fortschritt wird die landwirtschaftliche Praxis signifikant beeinflussen

... hierfür ist **interdisziplinäre Forschung notwendig!**



Vision eines Daten-getriebenen Pflanzenschutzes



Zusammenspiel aller verfügbaren Sensoren/Informationen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Dank an:

PD Dr. Mahlein
Institut für
Zuckerrübenforschung,
Göttingen



INRES-
Pflanzenkrankheiten
und Pflanzenschutz,
Universität Bonn

