

Konstantin Nahrstedt
und
Tobias Reuter



Ackerbau der Zukunft: Kombination von Traktoren, Drohnen und Feldroboter für die Beikrautregulierung im Mais

Experimentierfeld Agro-Nordwest



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Experimentierfeld Agro-Nordwest



bmel.de



Ist das schön?



©HSOS



Wert von Beikräutern



©HSOS

Habitat für Insekten und
Vögel (Selfors et al., 2018)

ARTENSTERBEN

Deutschland verarmt auch an Pflanzen

Die Natur in Deutschland wird monotoner. Neben Insekten sind auch viele Pflanzen am Aussterben. Die Landwirtschaft trägt stark dazu bei.

(Lingenhöhl, 2020)

„Unkraut nennt man die Pflanzen, deren
Vorzüge noch nicht erkannt worden sind.“
- Ralph Waldo Emerson

Lingenhöhl, D. (2022): Deutschland verarmt auch an Pflanzen. Deutschlands Pflanzenvielfalt
schwindet - Spektrum der Wissenschaft. Zugriff: 10.06.2023

Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V.L., Pereira, E.I.P., Wittwer, R., Six, J., van der Heijden, M.G.A.,
Scholten, T., 2019. Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agron.
Sustain. Dev.* 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0545-z>

SELFORS, L., WERTS, P., GREEN, T. (2018): Looking beyond the jug: Non-chemical weed
seedbank management. *Crop. Soils* 51 (5), 28–53.



©HSOS

Schutz vor Erosion durch
Bodenbedeckung (Seitz et al.,
2019)

Nachteile von Beikräutern



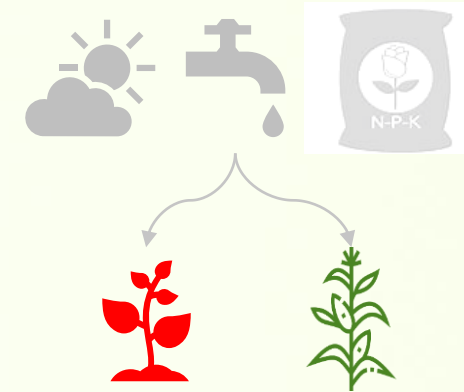
Ertragsminderung global: ~34 %

(OERKE 2006)

OERKE, E. C. (2006): Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.* 144 (1), 31–43.

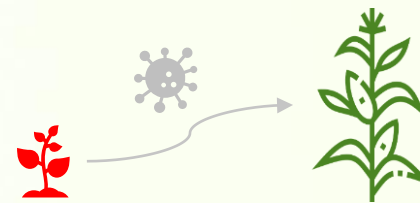
Rajcan, I., Swanton, C.J., 2001. Understanding maize-weed competition: Resource competition, light quality and the whole plant. *F. Crop. Res.* 71, 139–150. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00159-9)

Vatovec, C., Jordan, N., Huerd, S., 2005. Responsiveness of certain agronomic weed species to arbuscular mycorrhizal fungi. *Renew. Agric. Food Syst.* 20, 181–189. <https://doi.org/10.1079/raf2005115>



Konkurrenz um Licht,
Wasser und Nährstoffe

(Rajcan and Swanton, 2001)



Wirt für Krankheiten

(Vatovec et al., 2005)



Ernteschwernis



Bekämpfen oder Schützen?

Beikräuter nicht immer schädlich

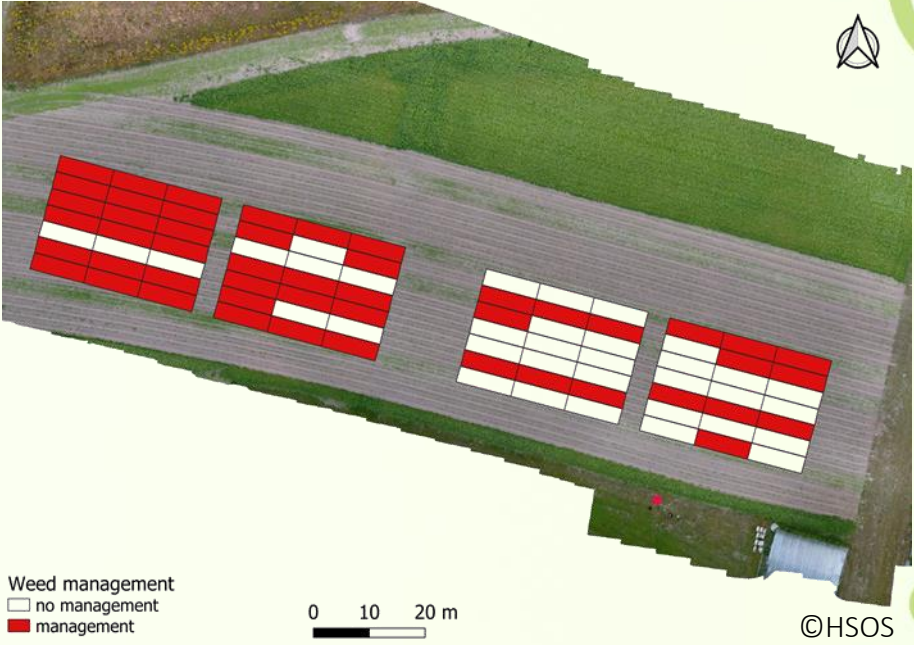
(FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al. 2018)

Beikräuter treten **ungleichmäßig** auf.

(FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al. 2018)



Bekämpfung wo notwendig →
Teilflächenspezifisch
Management



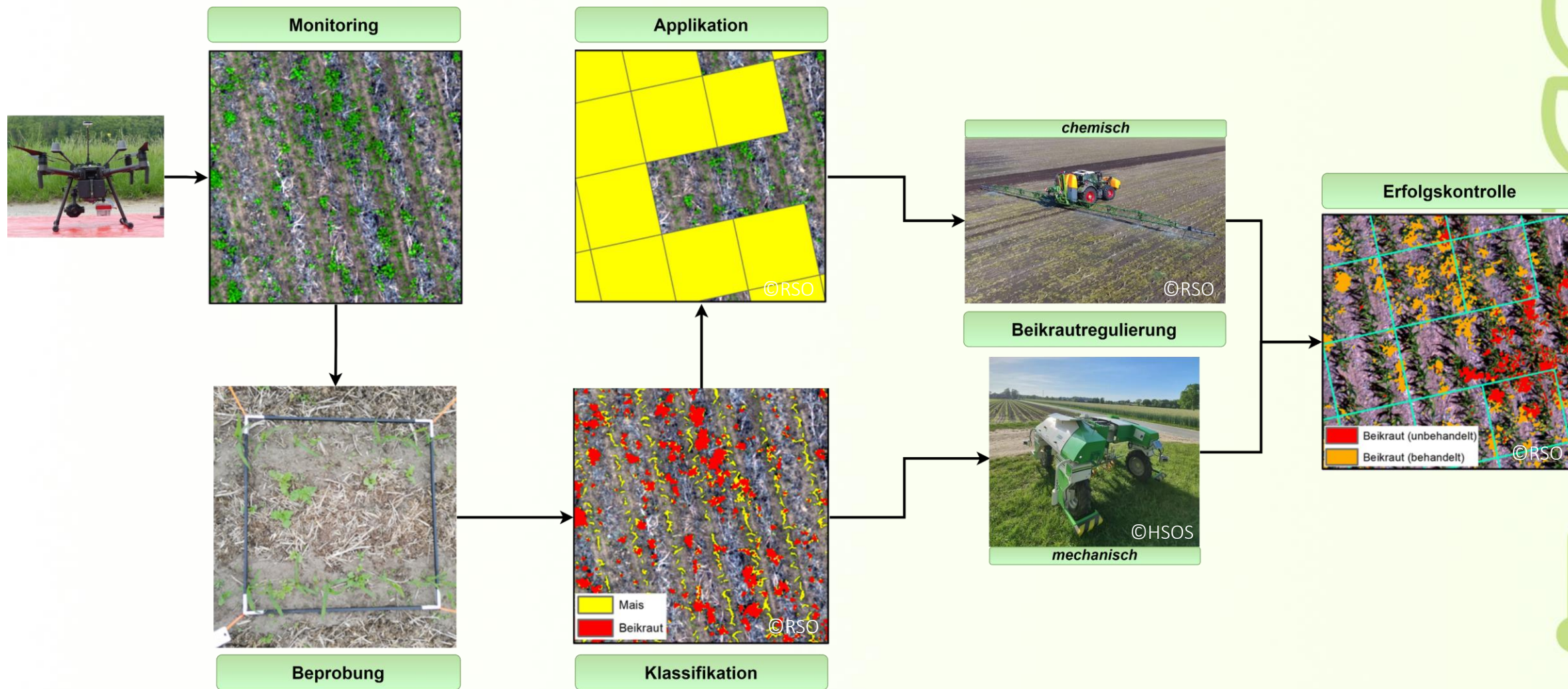
FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C., PEÑA, J. M., ANDÚJAR, D., DORADO, J., RIBEIRO, A., LÓPEZ-GRANADOS, F. (2018): Is the current state of the art of weed monitoring suitable for site-specific weed management in arable crops? Weed Res. 58 (4), 259–272.

Beikrautererkennung mit Drohnen



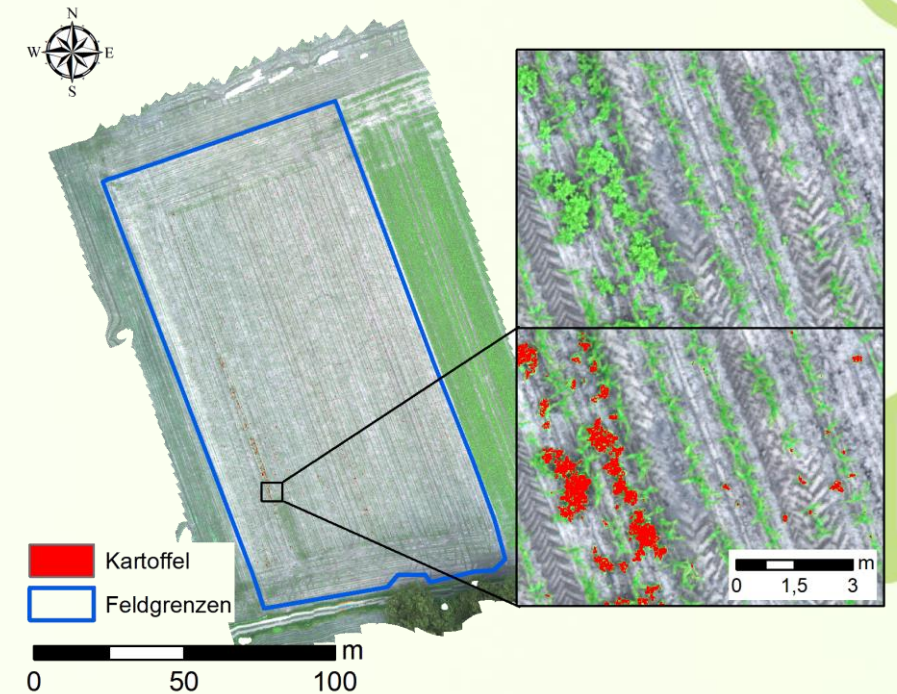
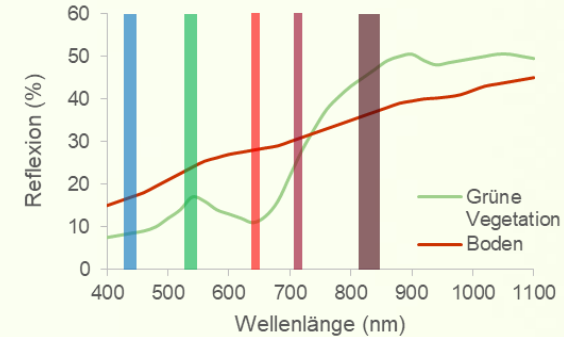
©HSOS

Beikrautererkennung und -regulierung mittels Feldrobotik



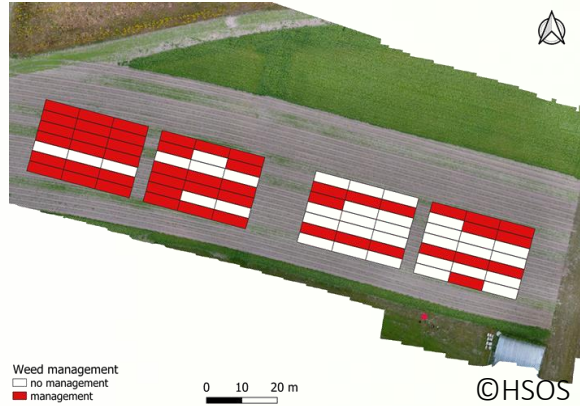
UAV-basierte Beikrautregulierung

- Entwicklung eines Workarounds zur Beikrautererkennung
 - Monitoring
 - Klassifikation
 - (Transfer in Applikationskarte)
 - (Test auf Landmaschinenterminal)
- Beikrautererkennung (z. B. Weißer Gänsefuß, Kartoffel, ...) im Mais aus UAV-Bilddaten
- Kamerasysteme: *MicaSense Altum*, *Phantom Multispectral*
 - Blau: 475 nm, Grün: 560 nm, Rot 668 nm, NIR: 717 und 840 nm
- Flughöhe 25 m → ~1 cm Bodenpixelauflösung
- Machine Learning-basierte Klassifikation nach 3 Klassen
 - Mais
 - Beikraut
 - Boden

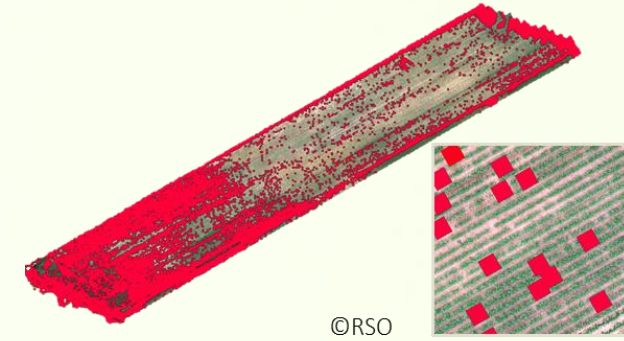


Mechanische vs. Chemische Regulierung

Parzellenorientiertes Hacken



Spotorientiertes Spritzen



Teilflächenspezifische chemische Beikrautregulierung



©Agrotech-Valley

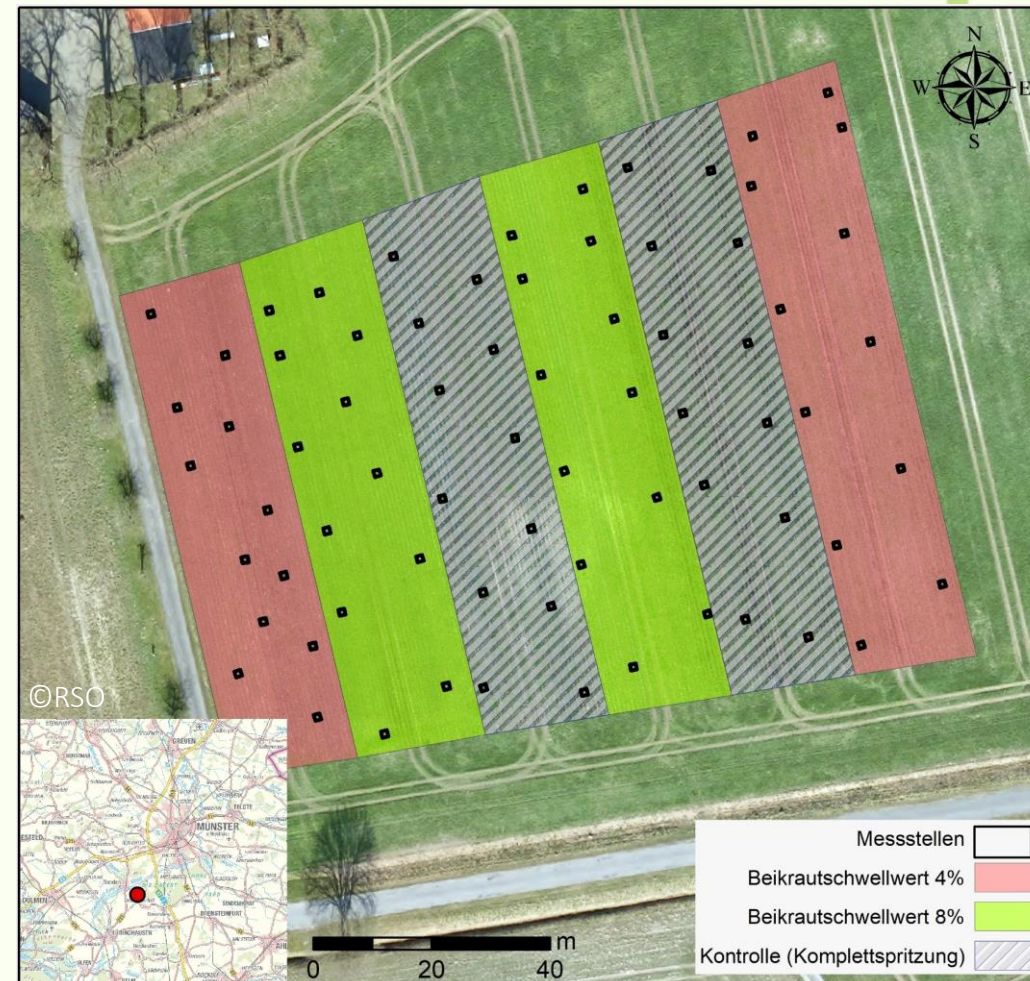


Teilflächenspezifische chemische Beikrautregulierung 2023

- Teilflächenspezifische Herbizidausbringung mittels UAV-basierter Spotausweisung
- 2 Befliegungstermine:

Termin	Status	Ziel	Flughöhe	BBCH Mais
01.06.2023	Vor Regulierung	Erstellung Applikationskarte	25m	12 - 15
06.06.2023	Herbizidapplikation			
14.06.2023	Nach Regulierung	Erfolgskontrolle Applikation	18m	21 - 25

- Parzellen mit unterschiedlichen Regulierungsschwellwerten
 - Grau = Kontrolle (konventionelle Behandlung)
 - **Rot** = Spritzung ab 4 % Beikrautanteil pro m²
 - **Grün** = Spritzung ab 8 % Beikrautanteil pro m²
- Ziel: Einfluss auf den Biomassertrag im Mais bewerten

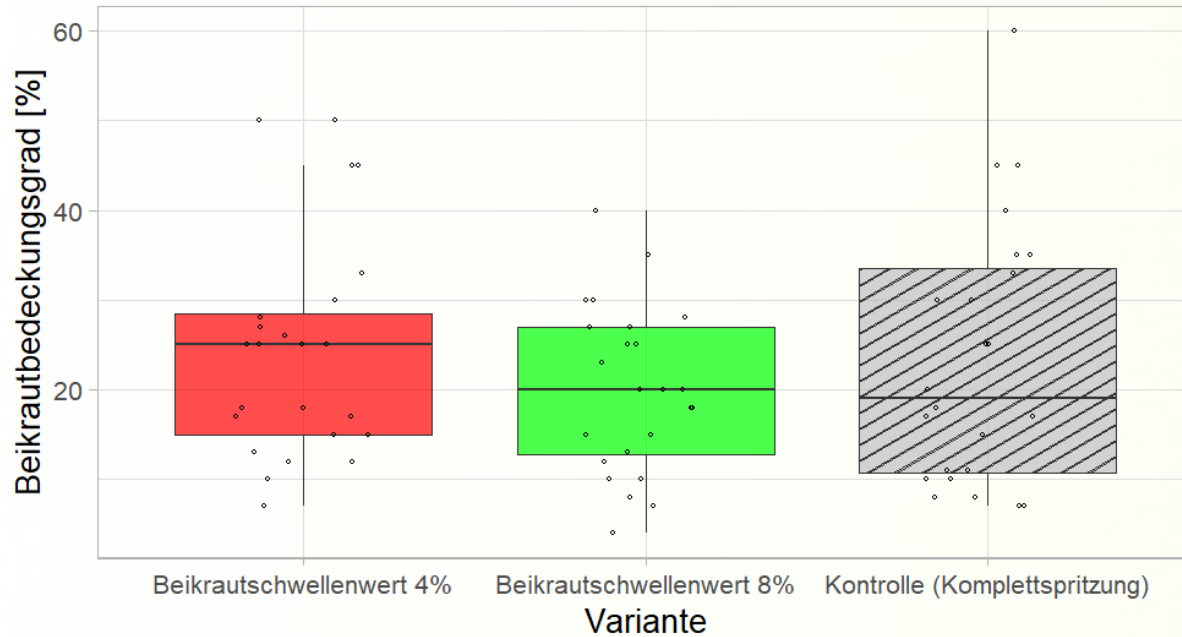
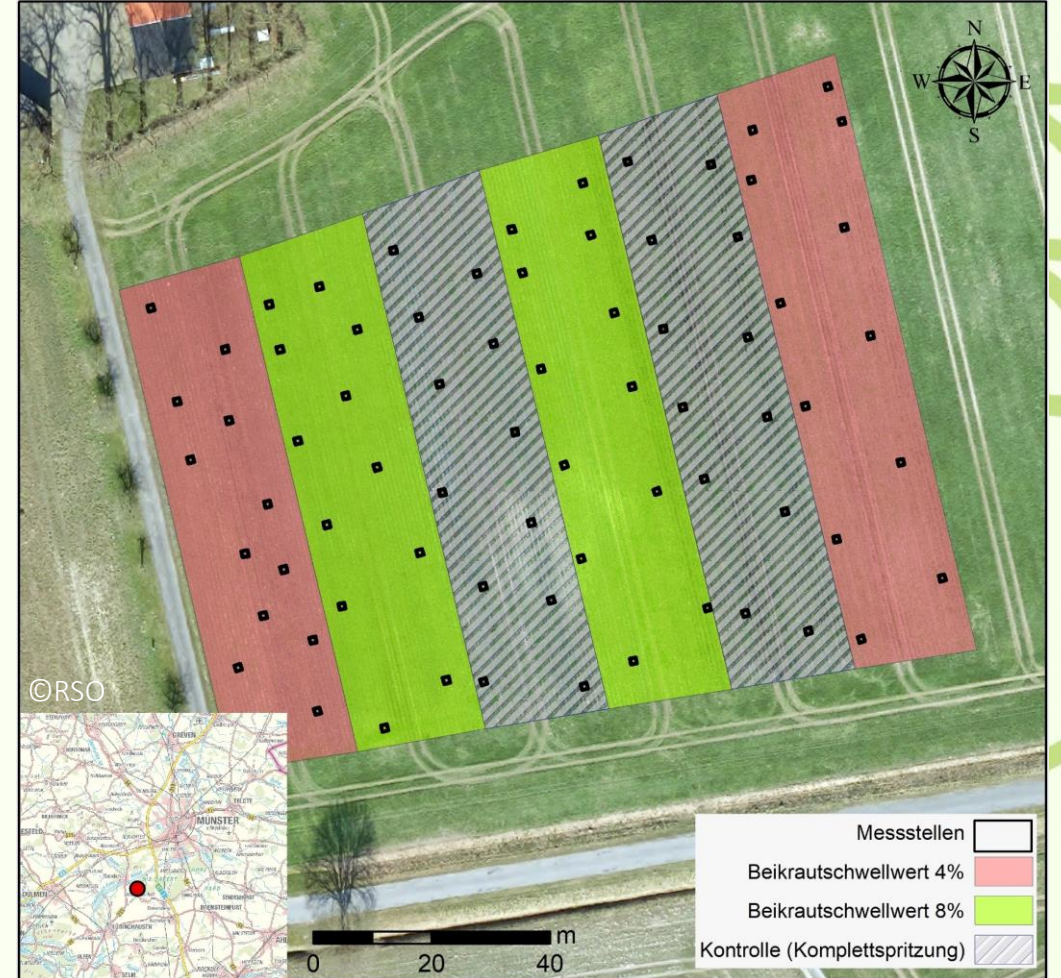


Befliegung und Beprobung vor Regulierung

- Termin 1: 01.06.2023
- Befliegung: Phantom Multispektral (25m)
- Beprobung: 12 Messstellen je Parzelle
 - Bestimmung des Beikrautaufkommens + Referenzfoto



©DJI

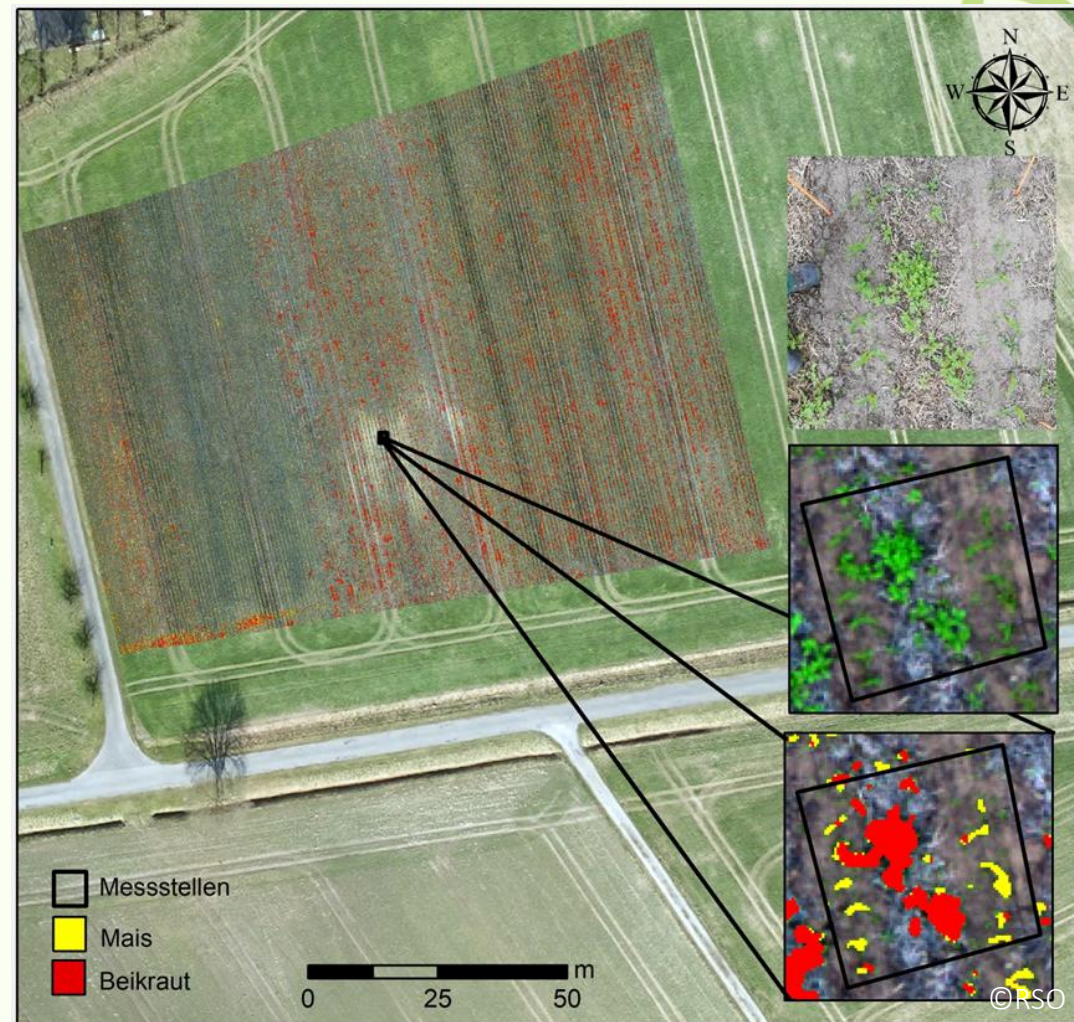


UAV-basierte Klassifikation Beikrautbesatz

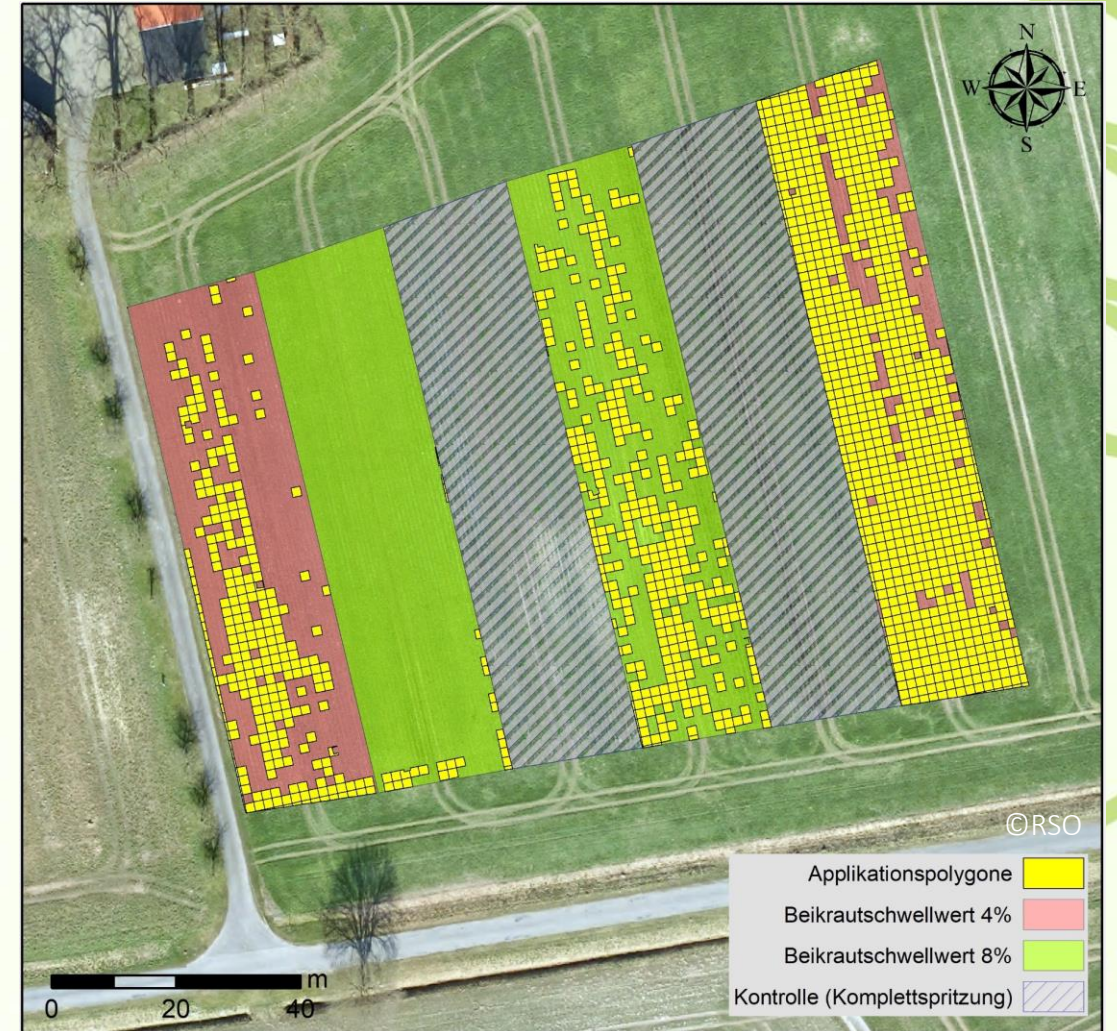
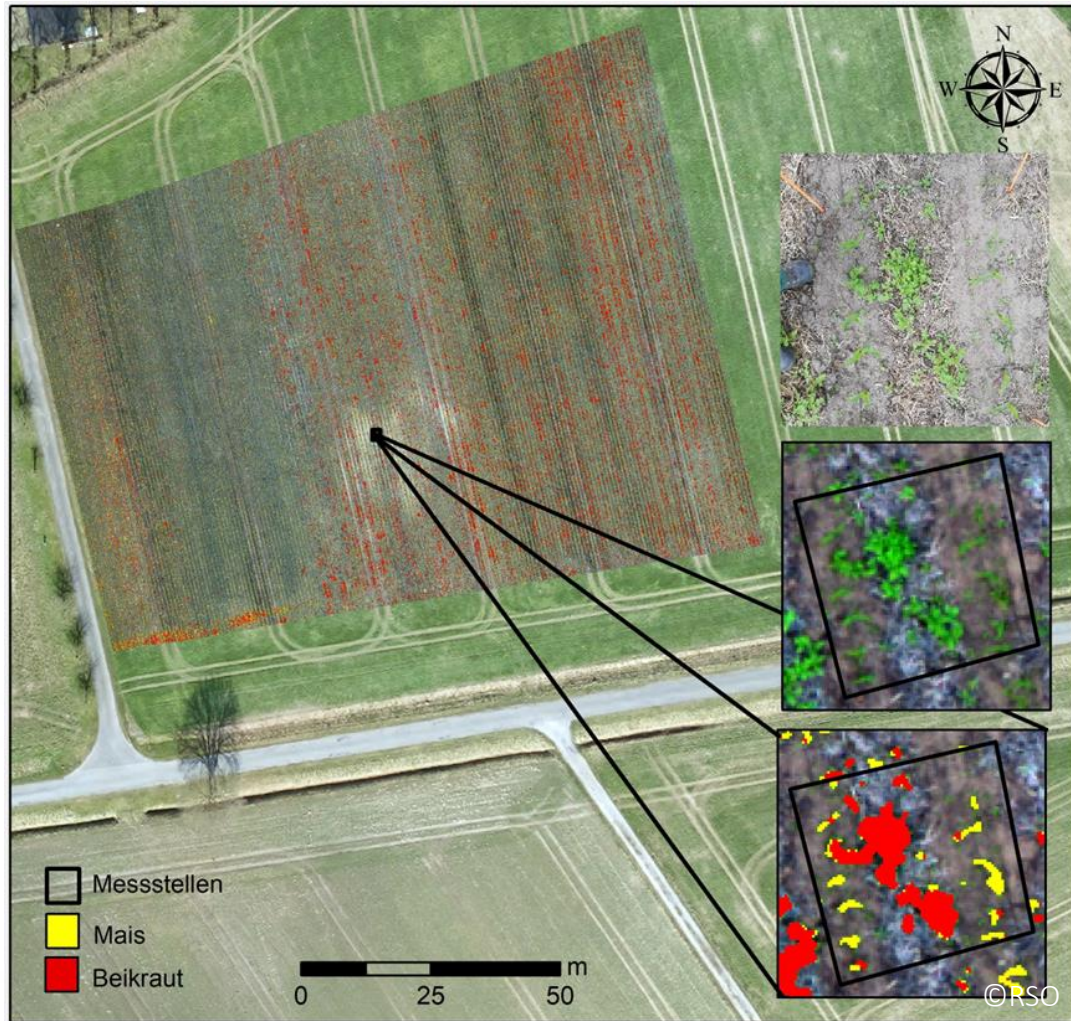
- Beikrautbesatz vor der chemischen Behandlung:
01.06.23
- Adaption des Workarounds aus dem
Durchwuchskartoffelversuch (2022)
- Klassifikationsgenauigkeit von 95,10 % (OA)

	Mais	Beikraut	Boden	Summe	Recall [%]	F1-Score [%]
Mais	476	62	32	570	83,5	79,3
Beikraut	151	3.322	45	3.518	94,4	96,1
Boden	3	10	2.082	2.095	99,4	97,9
Summe	630	3.394	2.159	6.183	OA	Kappa
Precision [%]	75,6	97,9	96,4		95,1	0,9

- Übersetzung in eine maschinenlesbare
Applikationskarte (Polygonapplikation)

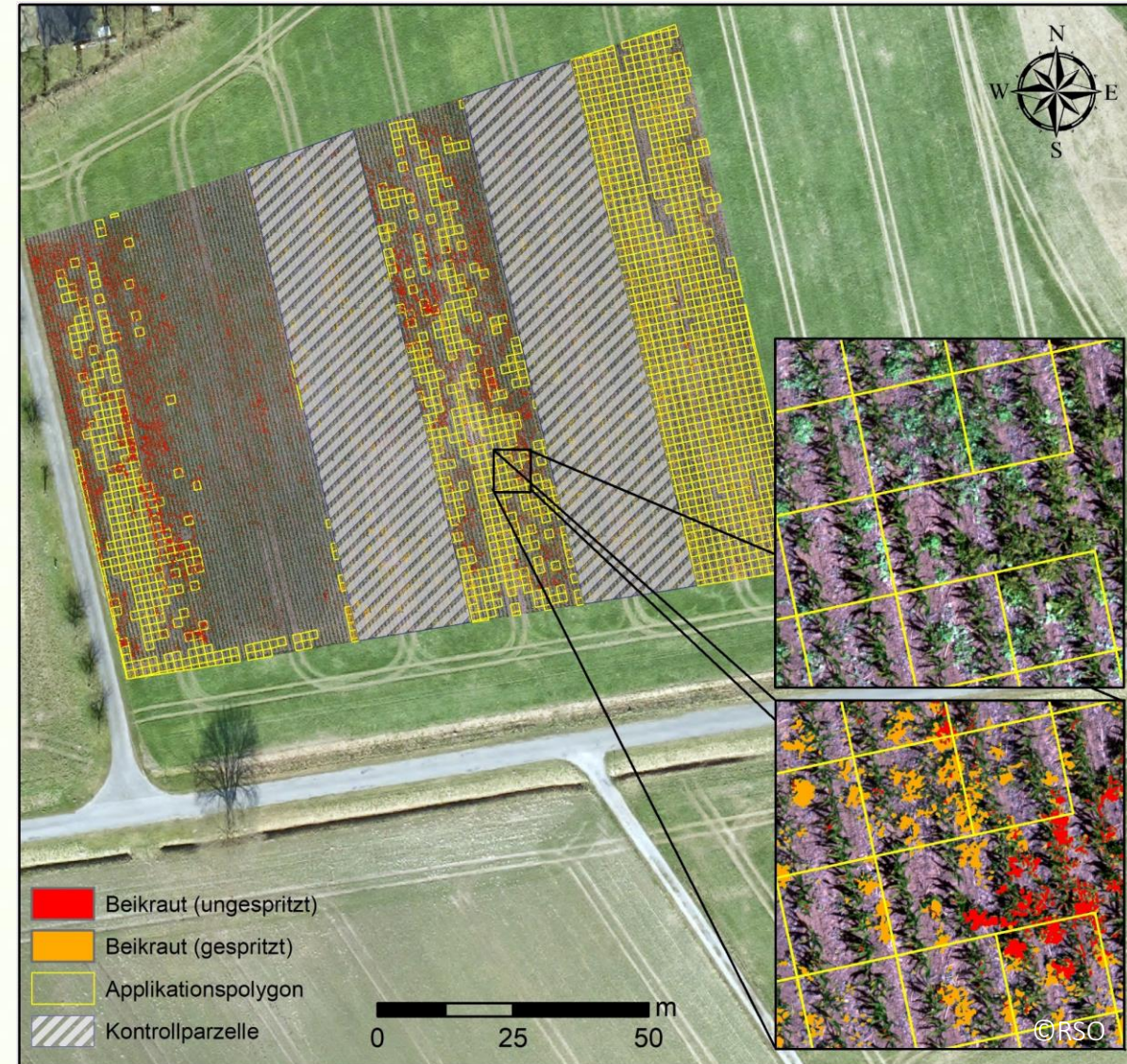
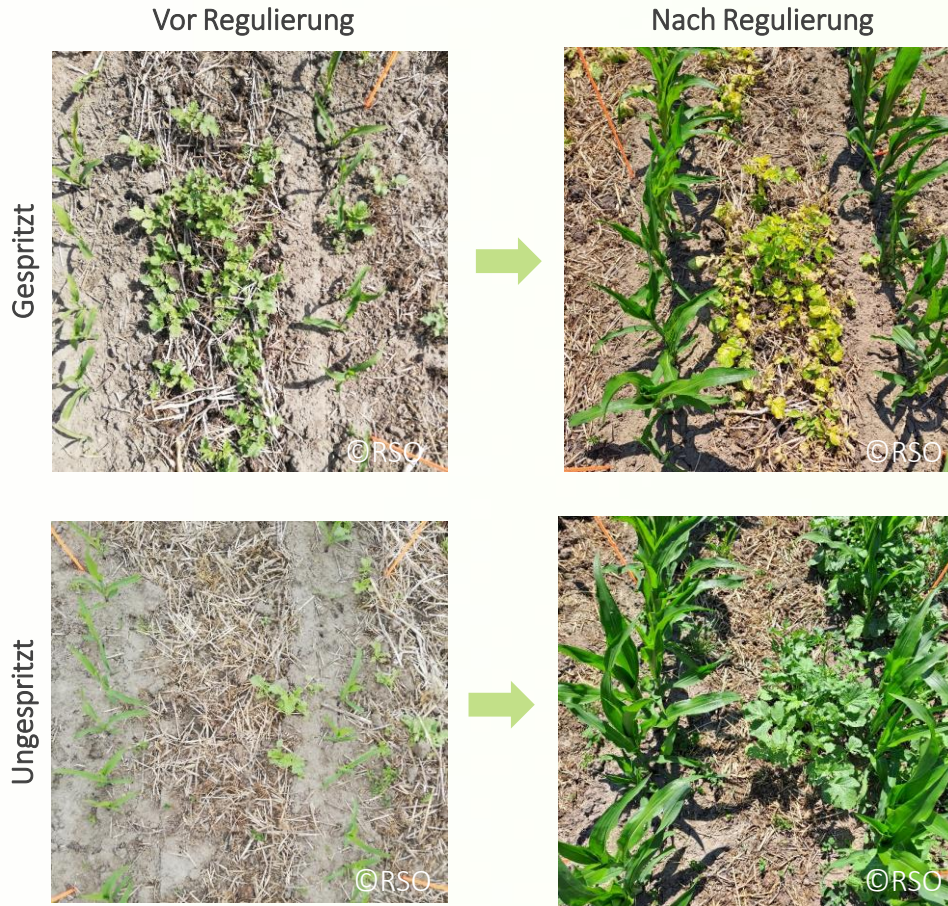


Übersetzung in Applikationskarte



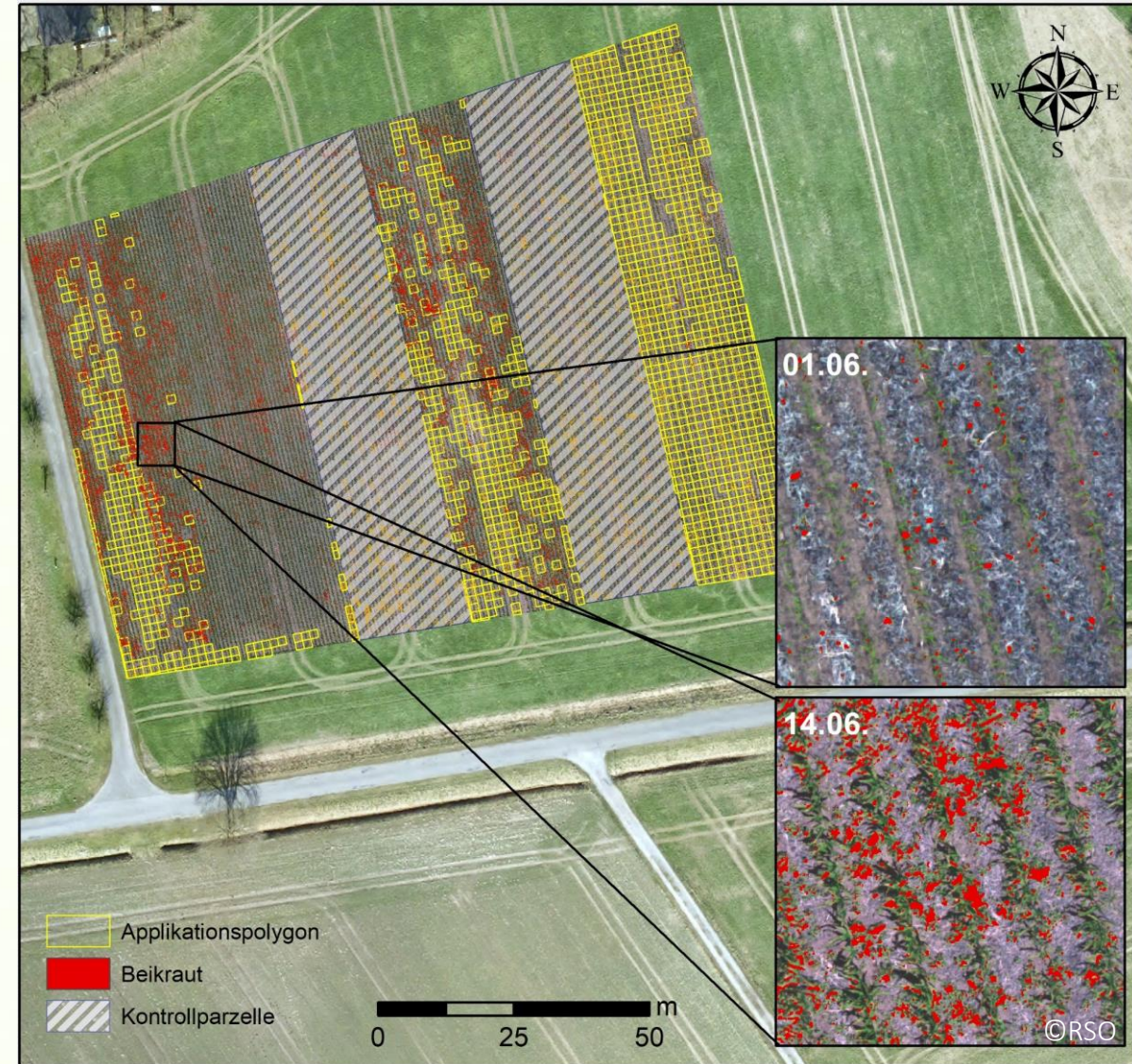
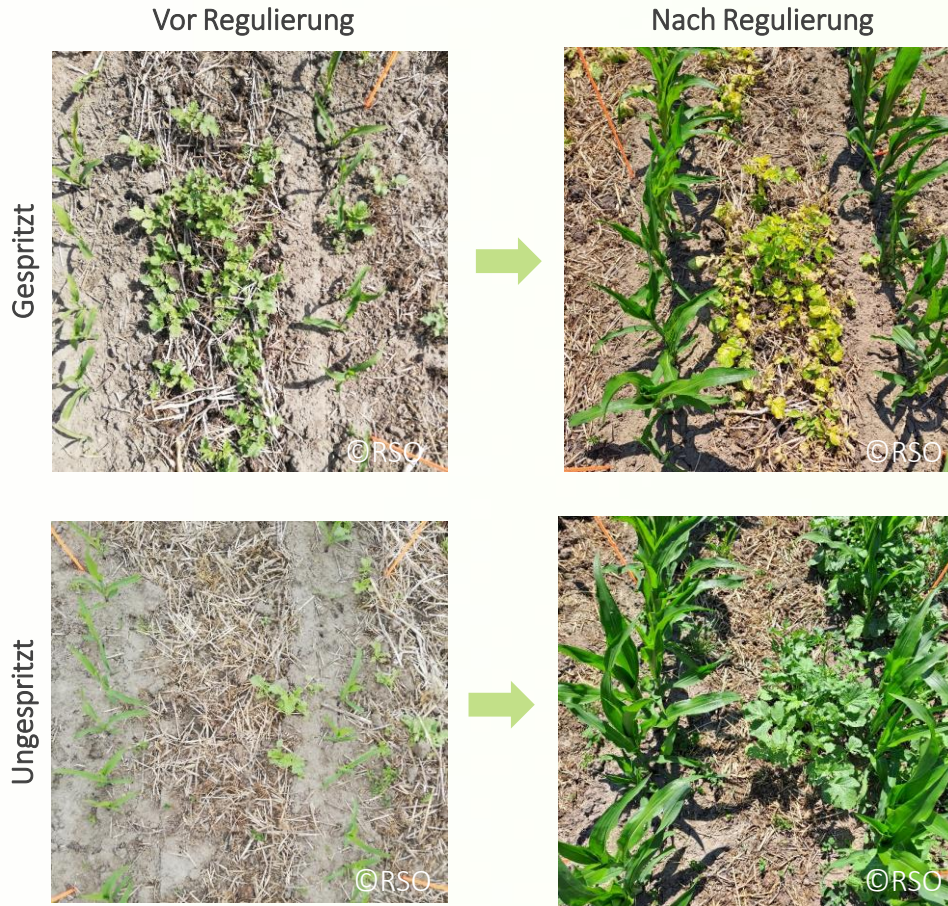
Erfolgskontrolle nach Regulierung

- **Termin 2: 14.06.2023**
 - 1 Woche nach Ausbringung des Herbizides
- Klassifikation gespritzter und ungespritzter Beikräuter



Erfolgskontrolle nach Regulierung

- Termin 2: 14.06.2023
- Deutliche Zunahme der Beikrautbedeckung



Teilflächenspezifische mechanische Beikrautregulierung

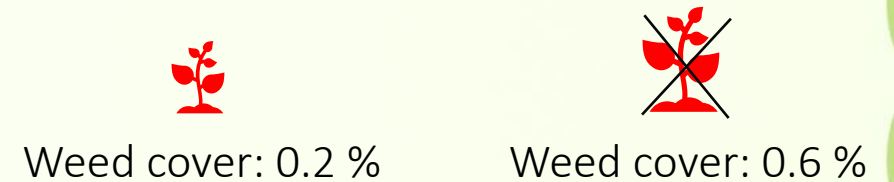


©HSOS

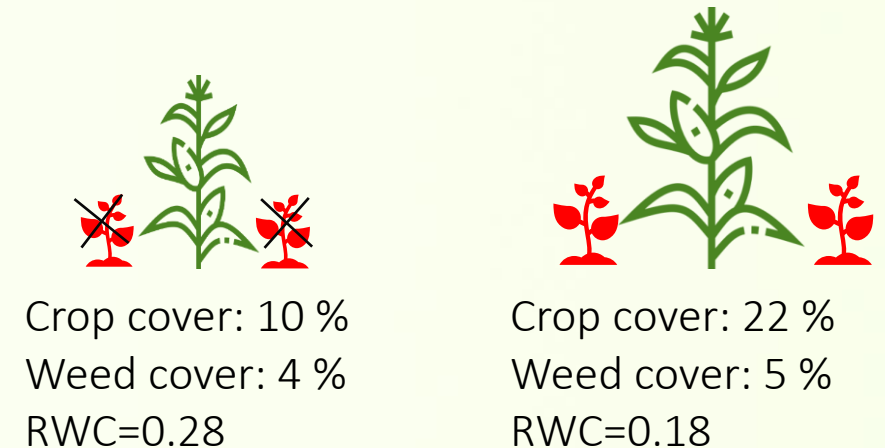
Mechanische Beikrautregulierung: Varianten

- **Uniform weeding** als Kontrolle
- Site-specific: **Weed Cover Threshold (WC)**
 - 0.25 %
 - 0.5 %
 - 1.0 %
- Site-specific: **Relative Weed Cover (RWC)** (Ngouajio et al., 1999)
 - $$= \frac{\text{Weed cover (\%)}}{\text{Weed cover (\%)} + \text{Crop cover (\%)}}$$
 - Größere Kulturpflanzen → mehr Beikräuter tolerierbar
 - 0.1
 - 0.2
 - 0.4

Beispiel WCT=0.5 %



Beispiel RWC=0.2

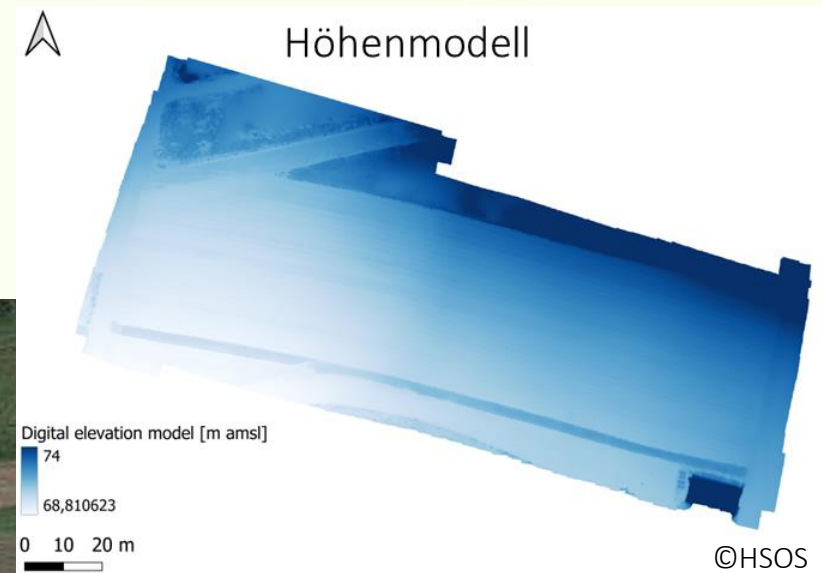


NGOUAJIO, M., LEMIEUX, C., LEROUX, G. D. (1999): Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from early observations of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. *Weed Sci.* 47 (3), 297–304.

Mechanische Beikrautregulierung: Versuchsplan

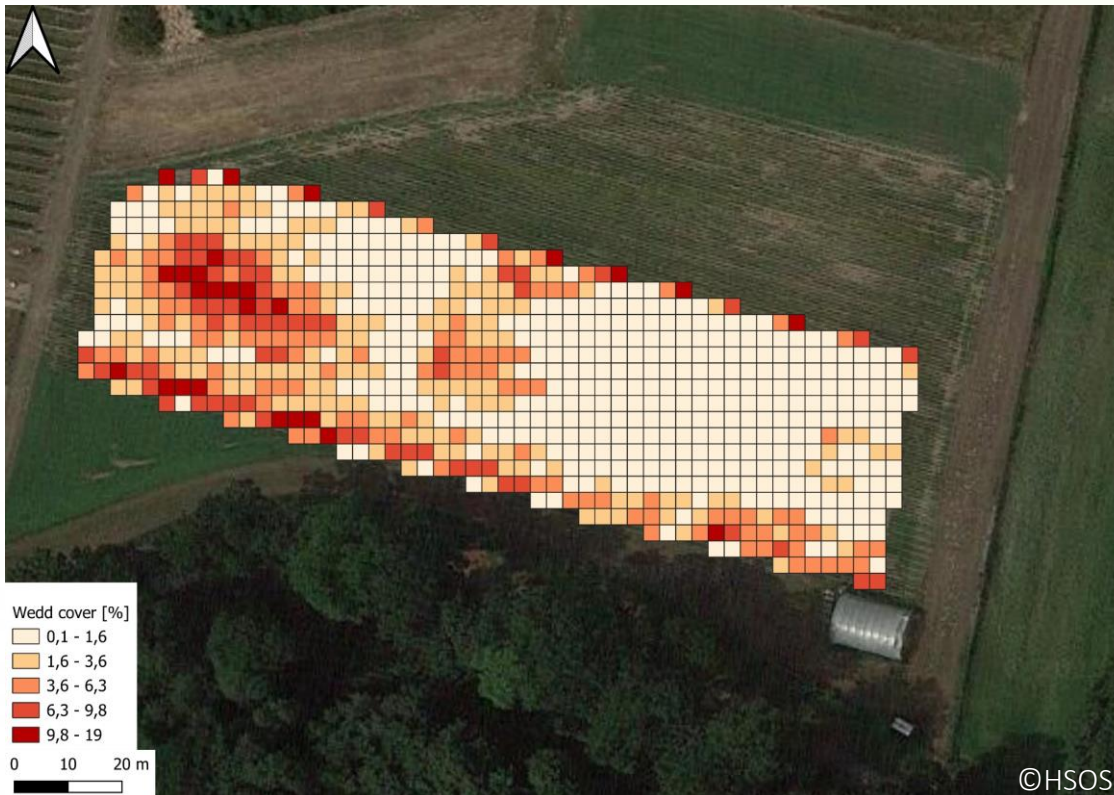
- Varianten:
 - **Uniform Weeding**
 - Threshold
 - **Relative Weed Cover (RWC)**
- 2021 und 2022: unterschiedliche Teilfelder

1. Blindstriegeln
2. teilflächenspezifisches Hacken
3. teilflächenspezifisches Hacken

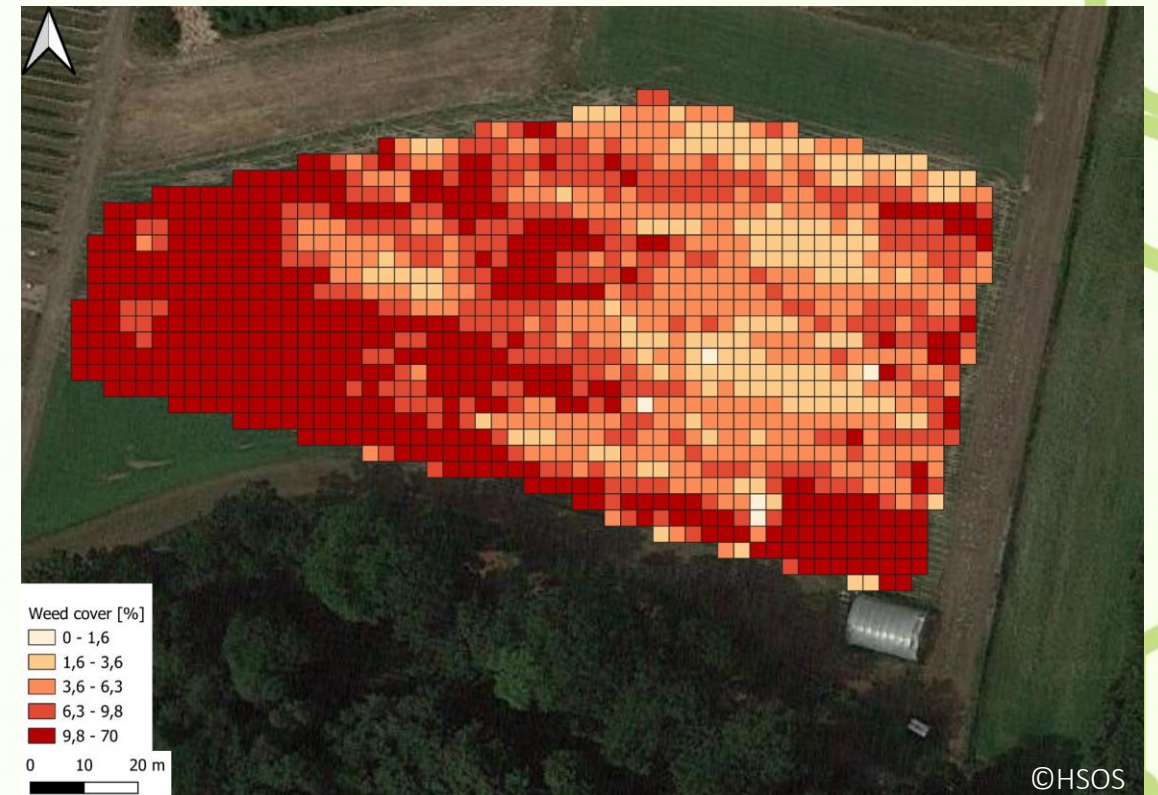


Mechanische Beikrautregulierung: Beikrautbedeckung

25.06.2021

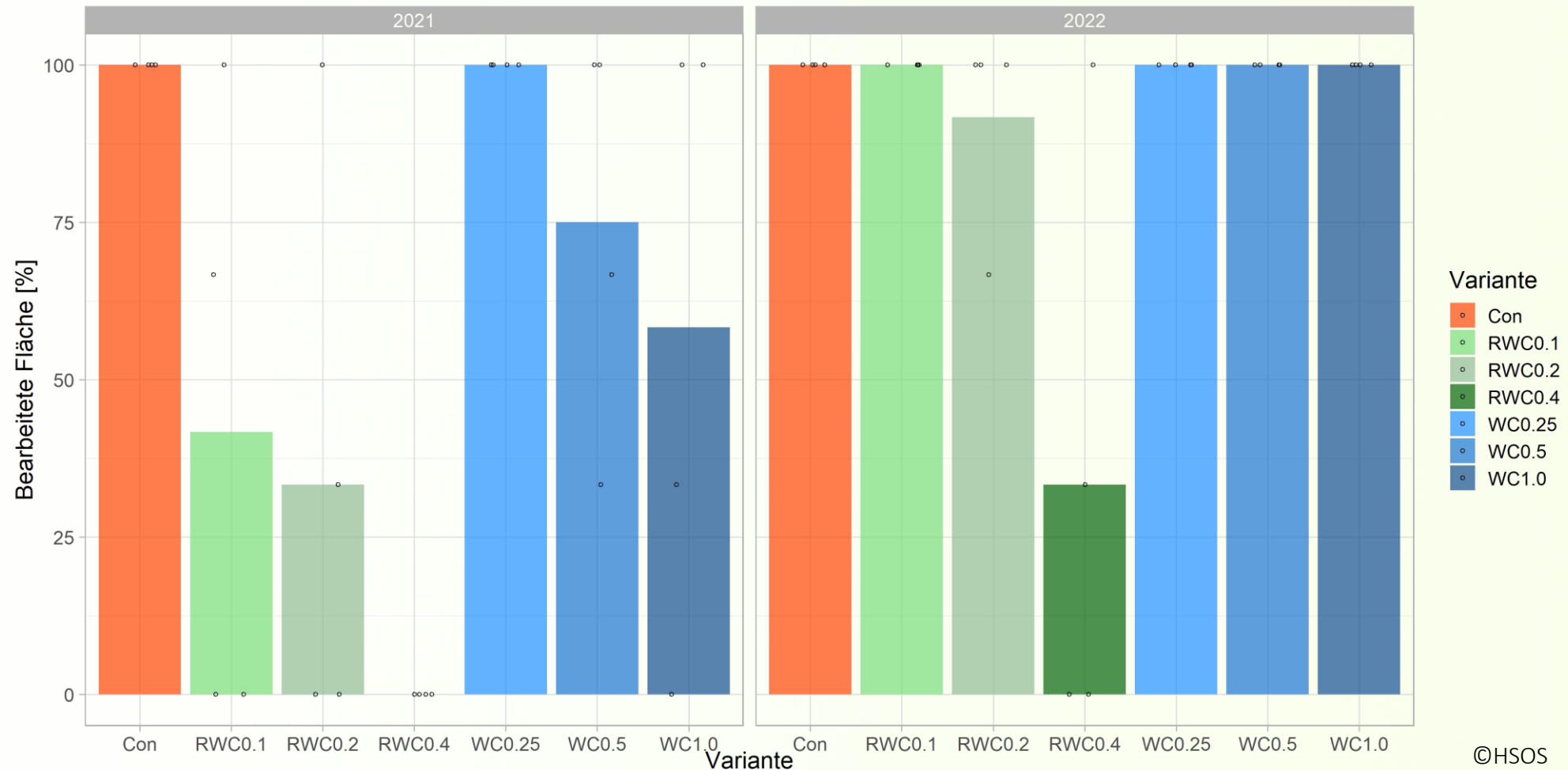


16.06.2022



Mechanische Beikrautregulierung: Bearbeitete Fläche

- 1. teilflächenspezifische Maßnahme: alle Teilparzellen bearbeitet
- 2. teilflächenspezifische Maßnahme:



©HSOS

Mechanische Beikrautregulierung: Ertrag und Beikräuter

- **Maisertrag:**
 - Keine Unterschiede flächendeckend und teilflächenspezifisch
 - 2021 (17 t/ha) > 2022 (11 t/ha)
- **Beikräuter:**
 - Keine Unterschiede flächendeckend und teilflächenspezifisch
 - 2021 (35 g/m²) < 2022 (72 g/m²)
- **Reduzierte bearbeitete Fläche**
 - Verletzung Kulturpflanzen
 - Verlust Bodenstabilität (Ball and Crawford, 2009)
- **Potential zur Einsparung** gerade bei späteren Regulierungen



Beikrautregulierung mit Feldrobotik und Traktoren



©HSOS

Beikrautregulierung mit Feldrobotik und Traktoren



„Kleine“ Roboter

- Leicht → weniger Bodenverdichtung
- Wendig → weniger Kulturpflanzenverluste
- Klein → neue Anbausysteme

(Sparrow and Howard, 2021)



Manuelle Traktoren

- Menschliche Intelligenz → flexible, auch unter unbekanntem Bedingungen
- Hohe Flächenleistung
- Etabliertes Konzept



„Große“ Roboter

- Autonomer Betrieb → weniger Arbeitskräfte
- Hohe Flächenleistung
- Keine Ermüdung → gleichmäßige Arbeitsqualität

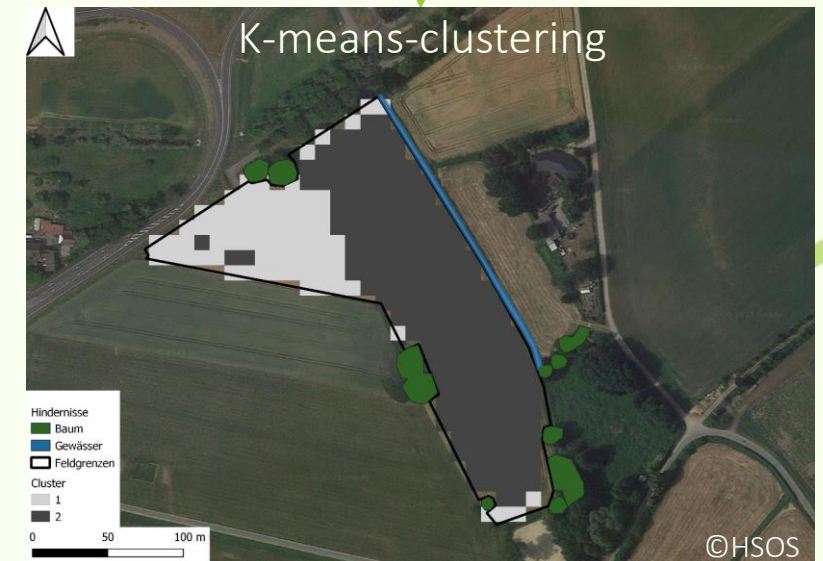


Kombination manueller und autonomer Technik

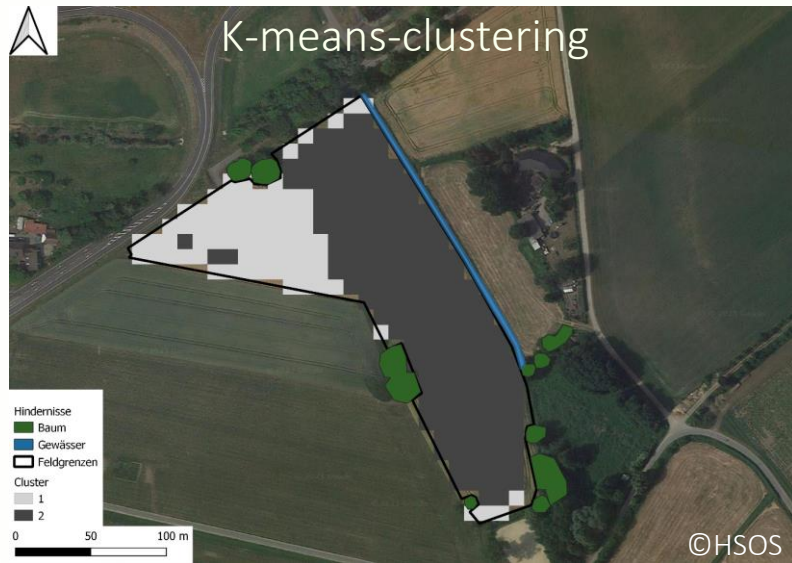
Sparrow, R., and M. Howard. 2021. Robots in agriculture: prospects, impacts, ethics, and policy. *Precis. Agric.* 22(3): 818–833. doi: 10.1007/s11119-020-09757-9.

Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Flächeneinteilung

- Einteilung in Ertragspotentialzonen: Sentinel 2 \rightarrow $NDVI = (R_{NIR} - R_R) / (R_{NIR} + R_R)$

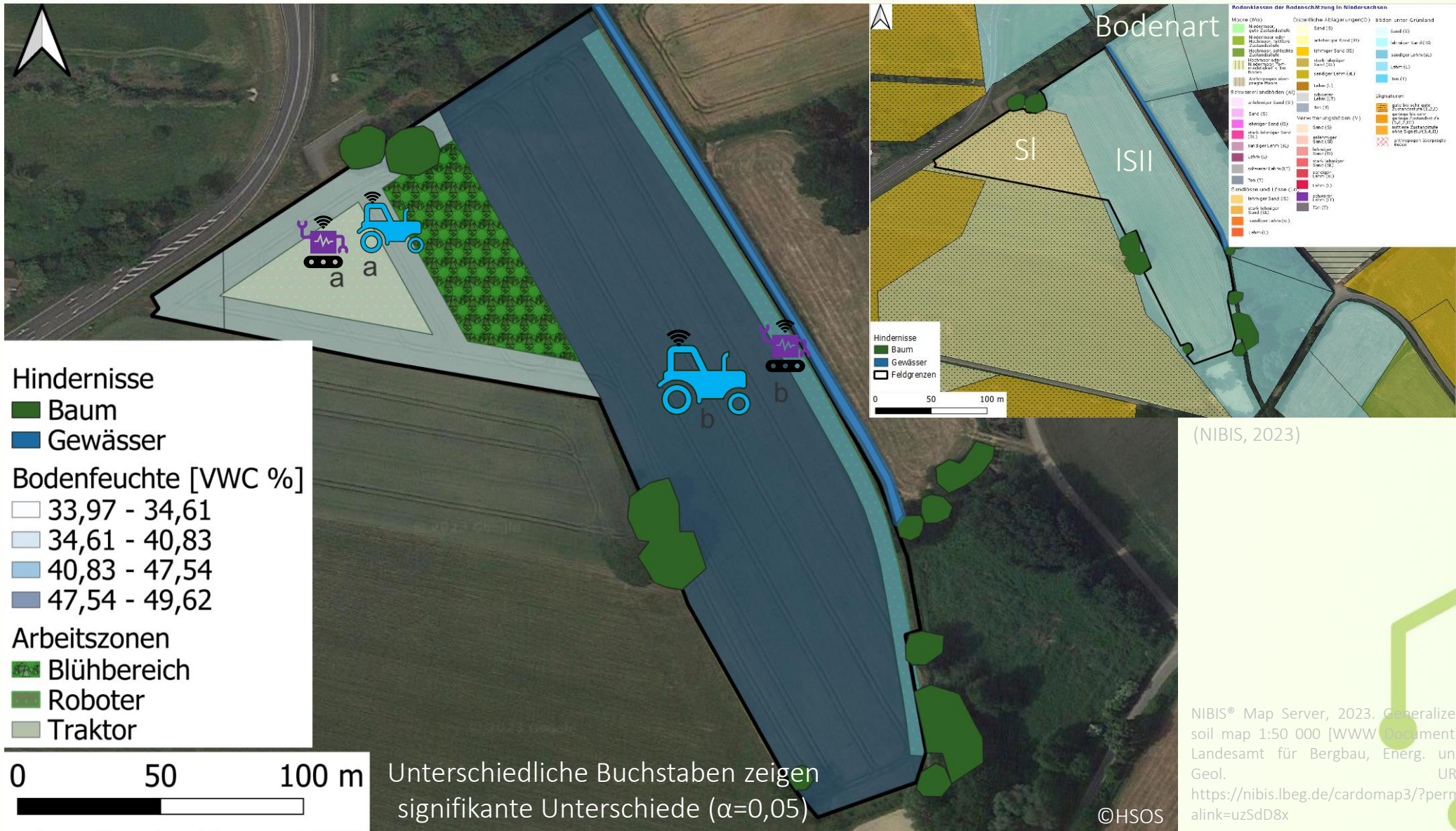


Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Flächeneinteilung



- Mechanische Beikrautregulierung
 - 1. Blindstriegeln (Traktor)
 - 2. Striegeln (Traktor)
 - 1. Hacken (Traktor/Roboter)
 - 2. Hacken (Traktor/Roboter)
- Erfolgskontrolle mit Drohnen und Bonituren

Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Bodenfeuchte

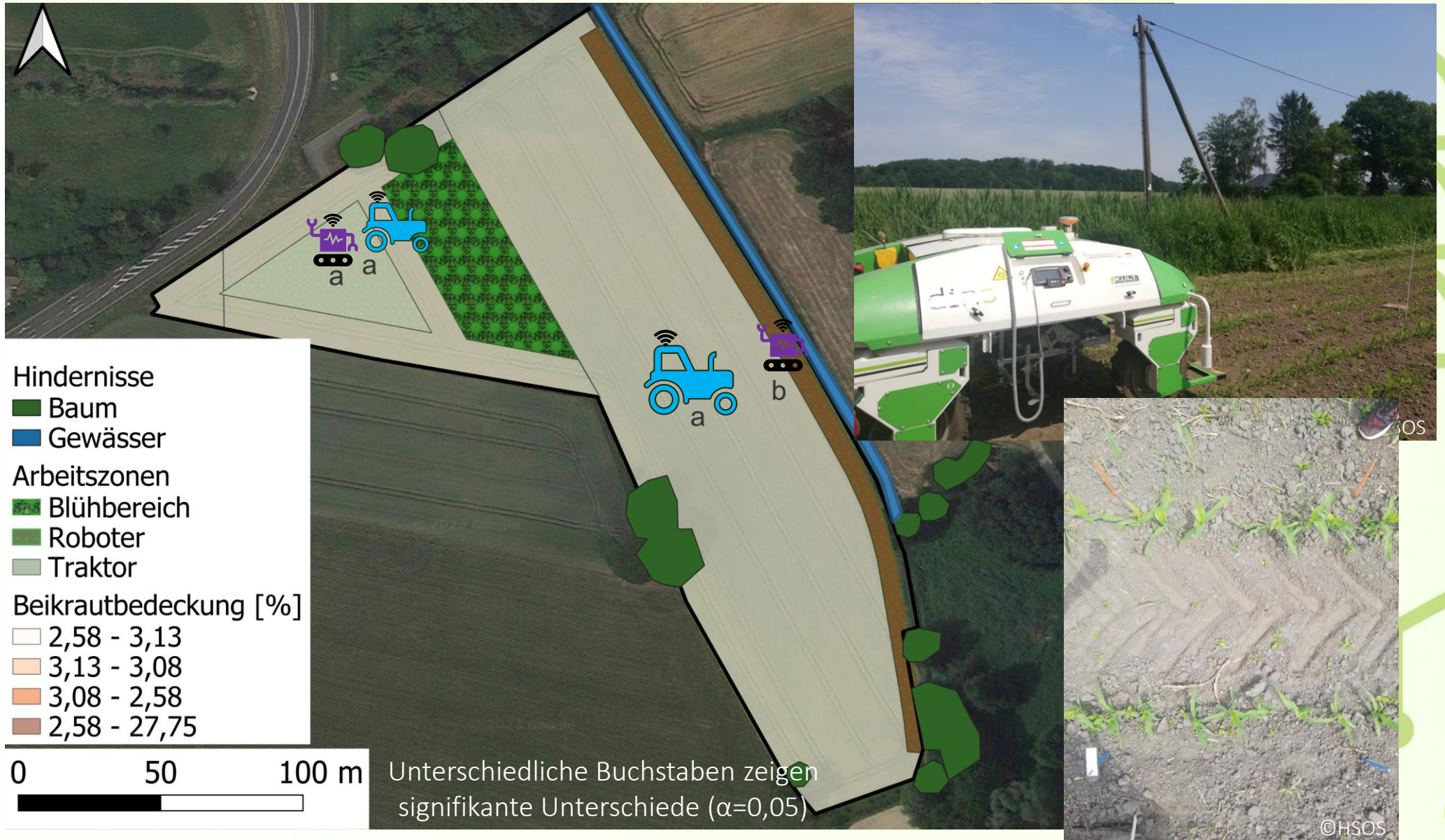


Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Wuchshöhe Mais



Unterschiedliche Buchstaben zeigen
signifikante Unterschiede ($\alpha=0,05$)

Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Beikrautbedeckung



Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Erkenntnisse

- Vergleichbare Arbeitsqualität:
 - Gleicher Regulierungserfolg
 - Gleiche Maispflanzenverluste
- Feldroboter braucht gute Bedingungen:
 - Ebener Boden
 - Wenig Pflanzenreste
 - Kein störender Bewuchs
 - GPS-Empfang
- Pflanzenbau an Technik anpassen oder Technik an Pflanzenbau?
 - *Ready for autonomy*

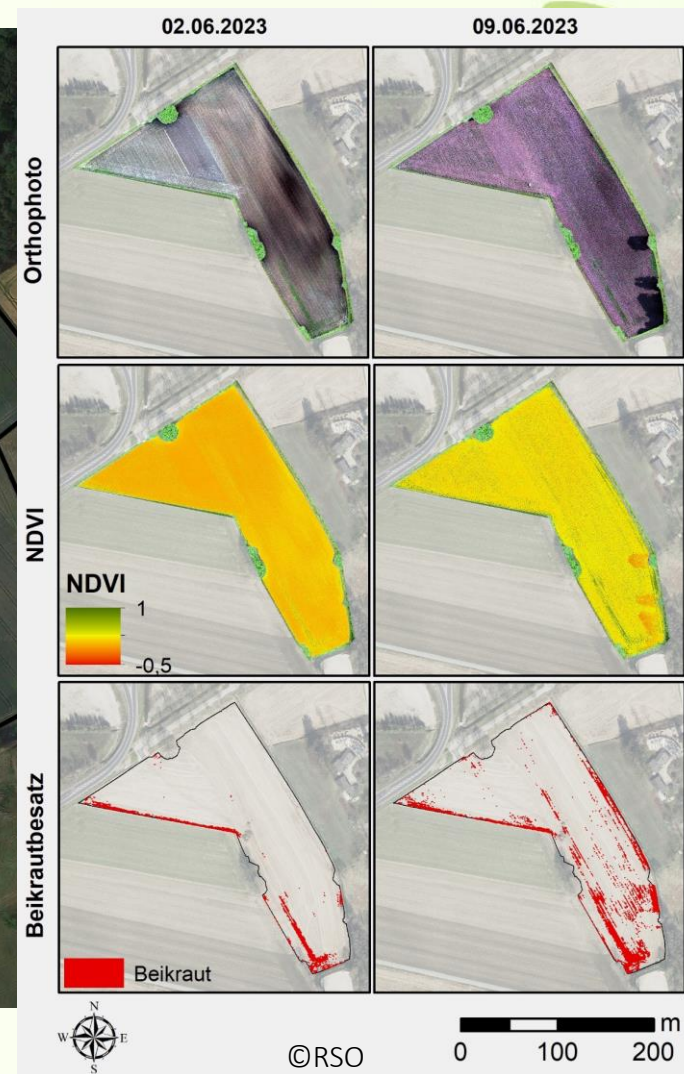


Beikrautregulierung mit Feldrobotik: Ausblick

- Wiederholung 2024
- Großfeldrobotik
 - Bodenbearbeitung
 - Aussaat
 - Beikrautregulierung



- Teilflächenspezifisch Regulierung
- Vergleich mit Herbizidvariante





Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Beikräuter ungleichmäßig verteilt
- Erkennung mit Drohnen funktioniert
- Robotik braucht richtige Bedingungen

Vielen Dank!

Konstantin Nahrstedt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Universität Osnabrück

Mail: konstantin.nahrstedt@uni-osnabrueck.de

Telefon: 0541 969-3181

Tobias Reuter

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Hochschule Osnabrück

Mail: tobias.reuter@hs-osnabrueck.de

Telefon: 0541 969-5093



Hackwerkzeug Dino



©HSOS

