

Sensorgestützte Assistenz für den Bodenschutz bei der Befahrung von Ackerflächen

Marco Lorenz, Santiago Focke-Martinez, Isaak Ihorst



Bodenschonende Befahrung von Ackerflächen in der Praxis

Es gibt einige Systeme auf dem Markt, die darauf abzielen, Maschinenparameter, wie z.B. den Reifeninnendruck oder die Ballastierung etc. optimal anzupassen.

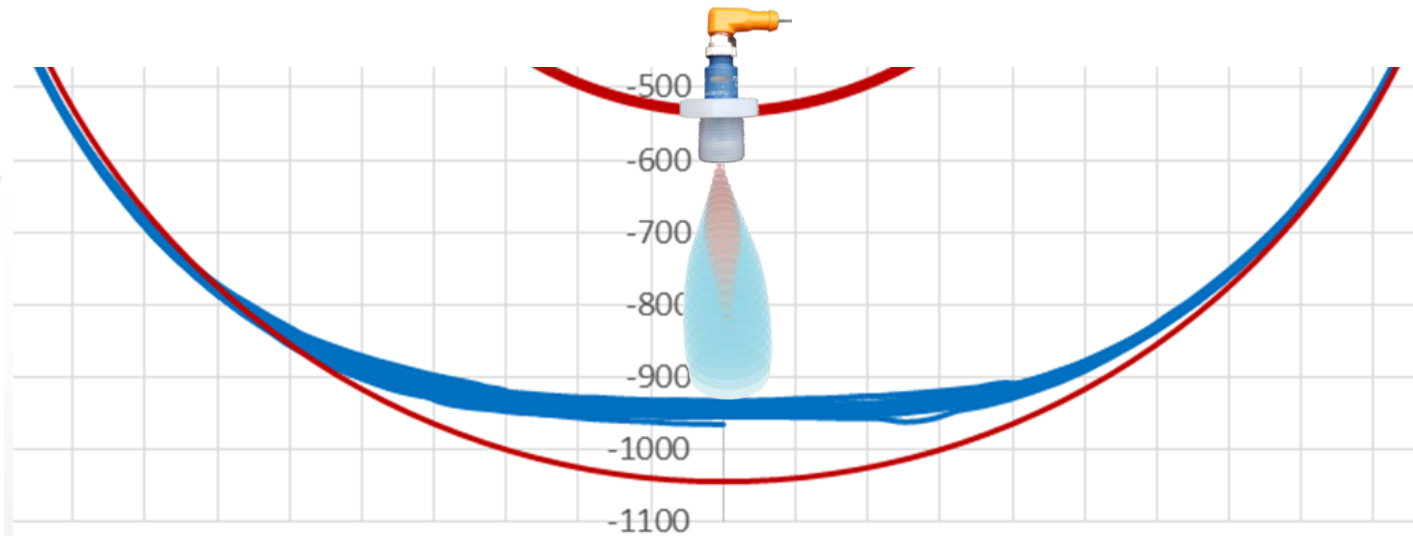
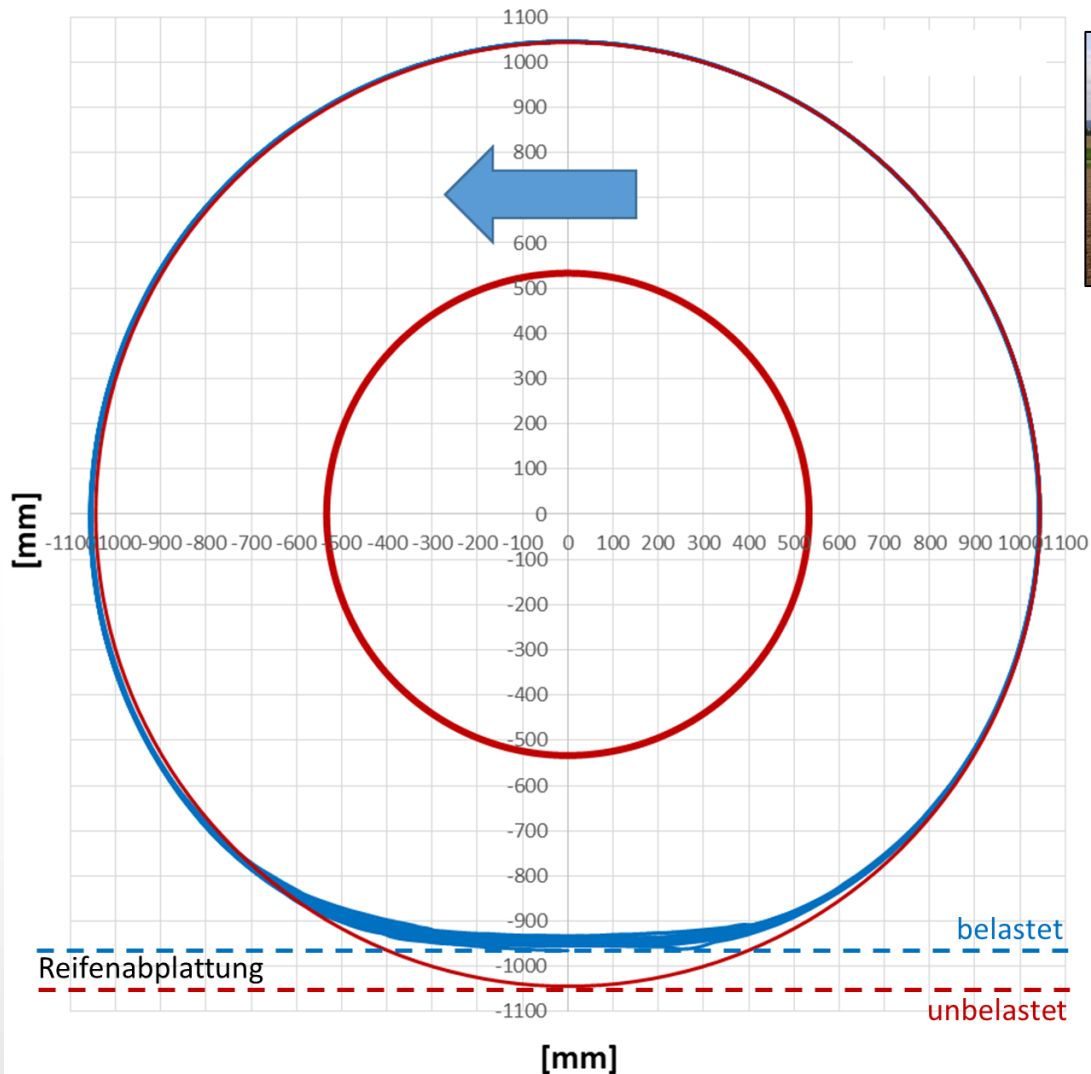
Es fehlen:

- Informationen zur aktuellen Belastung des Bodens durch die Maschine
 - Rückmeldung an den Maschinenführenden
 - Anpassungen im laufenden Verfahren
- Auf Bodenschutz optimiertes Befahrungsmanagement
 - Optimierte Fahrrouten
 - Koordination aller beteiligten Maschinen

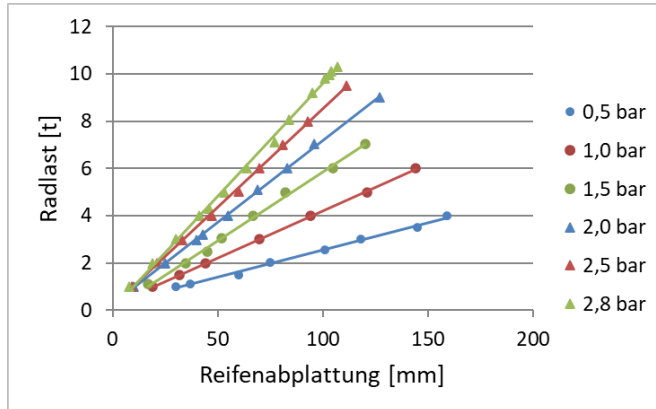
On-board assistance system (OBAS)



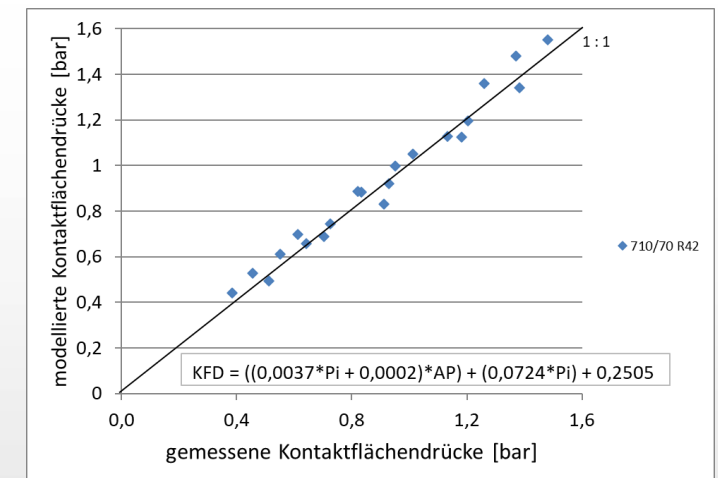
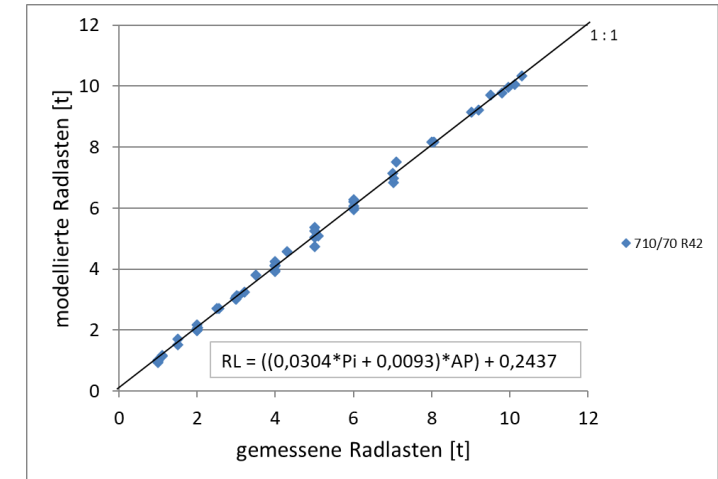
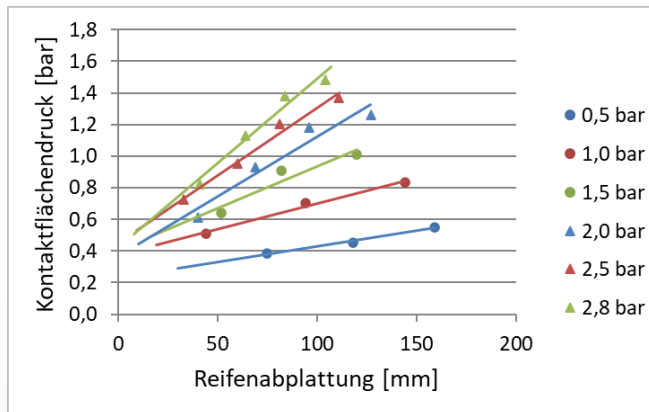
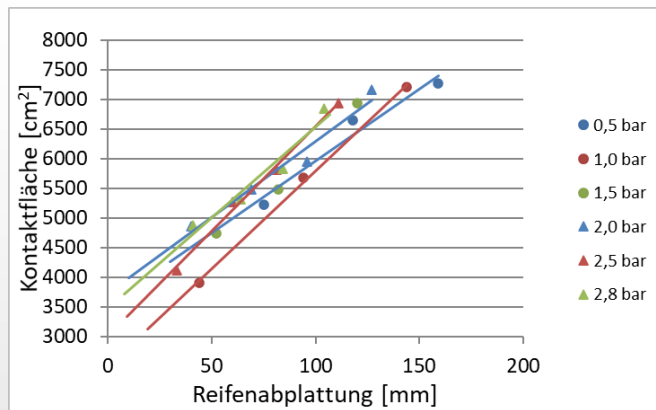
Sensorsystem: Reifenabplattung



Sensorsystem: Radlast und Kontaktflächendruck

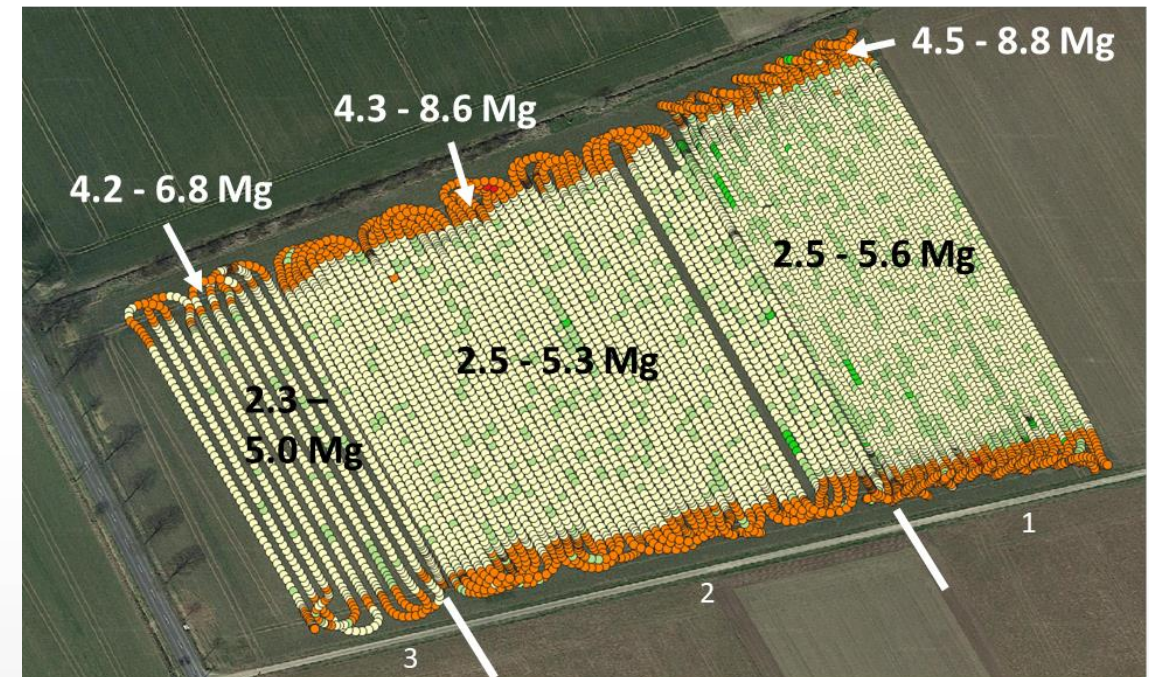
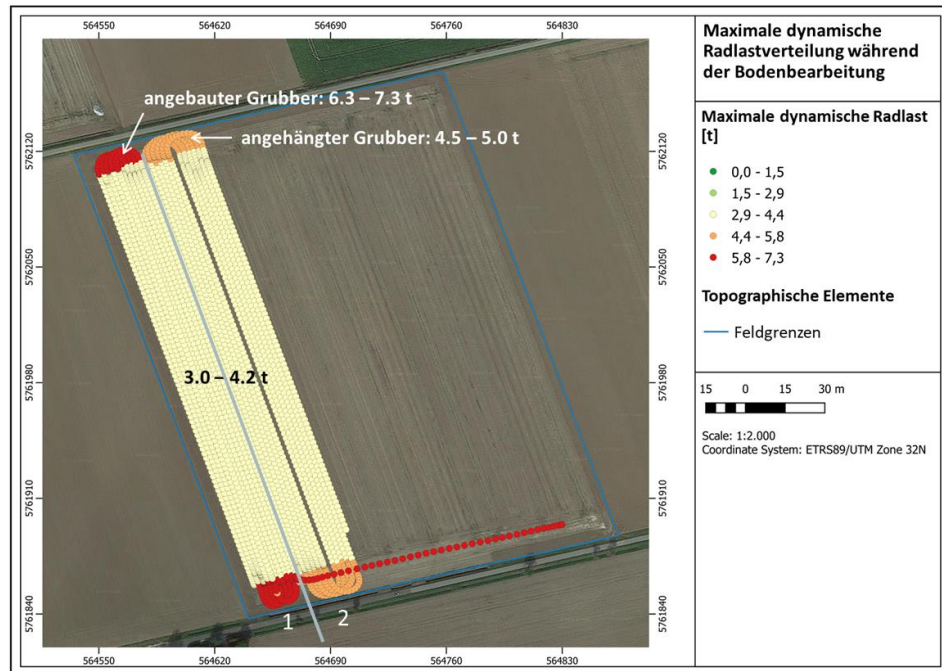


Michelin MachXBib 710/70R42
(Hinterachse New Holland T7.270)



SOILAssist Sensor System (SASS)

Beispiele: Maximale dynamische Radlast während der Bodenbearbeitung



Optimierung des Reifeninnendrucks

1. Optimierung des Reifeninnendrucks nach Reifentabelle

Dimension	Tragfähigkeit (kg) pro Reifen bei Reifenfülldruck (bar) (2) – (3) – (4)															
	bar	0,4 ⁽⁵⁾	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8
710/70 R 42 173 D TL MACHXBIB	40 km/h Dual	2 410	2 910	3 405	3 905	4 405	4 900	5 400	5 615	5 725	5 830	6 050	6 265			
	10 km/h	3 750	4 375	5 000	5 625	6 210	6 795	7 380	7 965	8 260	8 550	8 850	9 150	9 450	9 600	9 750
	30 km/h	2 875	3 470	4 065	4 660	5 250	5 845	6 440	6 700	6 830	6 960	7 215	7 475			
	40 km/h		3 285	3 830	4 380	4 965	5 545	6 130	6 380	6 500	6 625	6 870	7 120			
	50 km/h			3 150	3 675	4 200	4 760	5 320	5 880	6 115	6 235	6 350	6 590	6 825		
	65 km/h					4 000	4 535	5 065	5 600	5 825	5 940	6 050	6 275	6 500		

wenn $P_{i_{ist}} \neq P_{i_{opt}}$

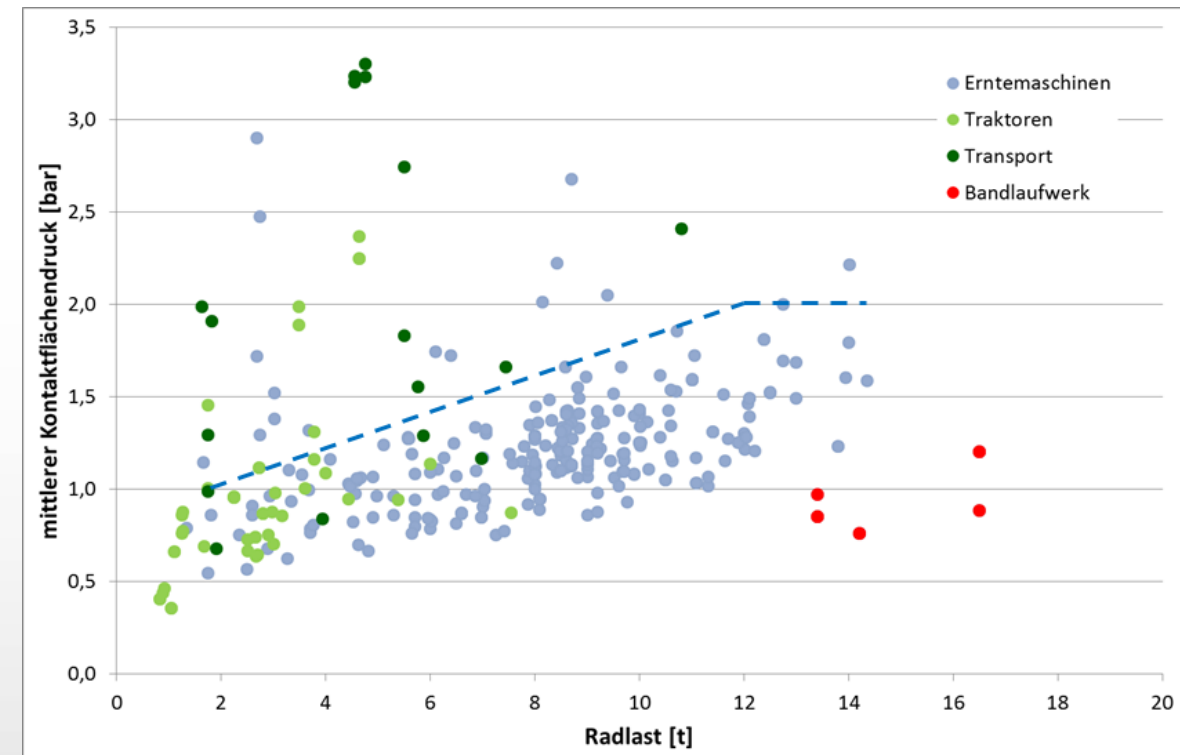
→ Empfehlung zur Anpassung des Reifeninnendrucks P_i

2. Überwachung des Kontaktflächendrucks

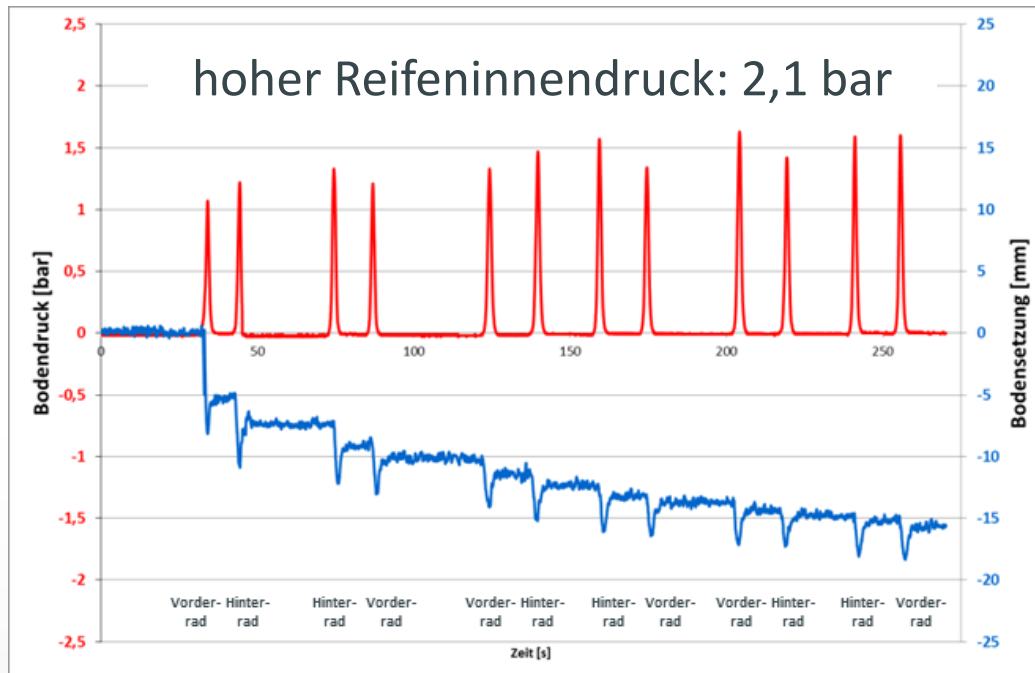
wenn $KFD_{ist} > KFD_{max}$

→ Empfehlung zur Anpassung des Reifeninnendrucks P_i
unter Beachtung der Reifentabelle

→ Empfehlung zur Anpassung der Radlast

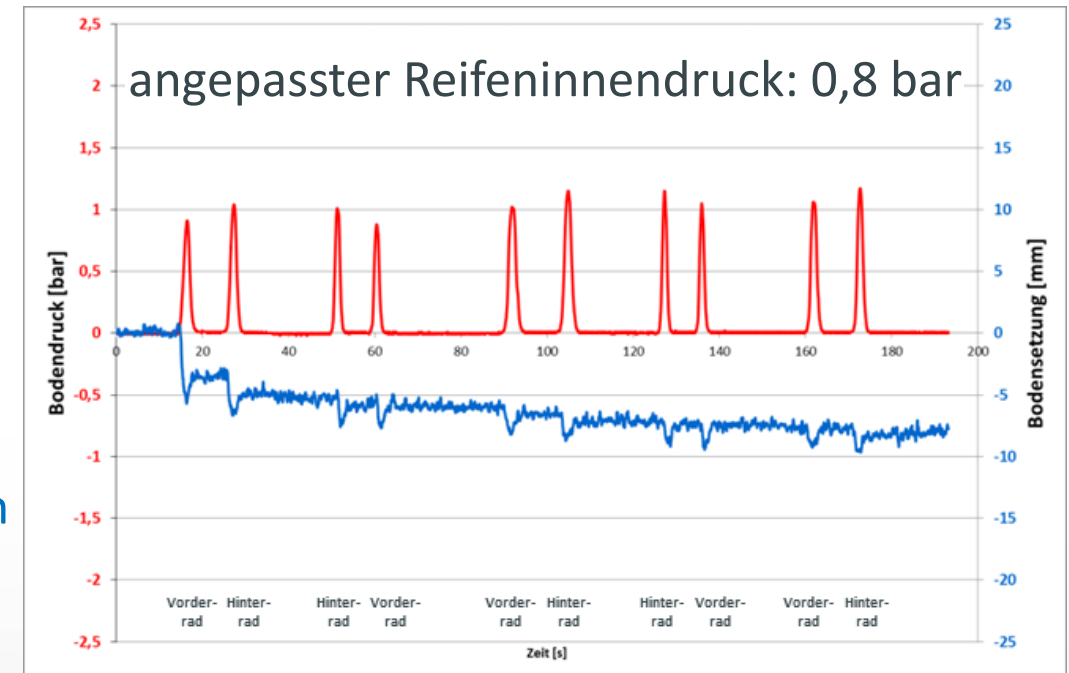


Optimierung des Reifeninnendrucks



Boden-
druck

Boden-
deformation



- Anpassung des Reifeninnendrucks reduziert Effekte im Boden
- Empfehlung: Radlastabhängige Reduzierung des Reifeninnendrucks

Kontrolle des Kontaktflächendrucks

Zuckerrübenroder mit
vollem Bunker



Boden-
druck

Boden-
deformation

Zuckerrübenroder mit
halbvollem Bunker



- Kontrolle des Kontaktflächendrucks → Empfehlung: Reduzierung der Radlast
- Reduzierung der Radlast bei gleichzeitiger Anpassung des Pi reduziert Effekte im Boden

Bodenschonende Befahrung von Ackerflächen in der Praxis

Es gibt einige Systeme auf dem Markt, die darauf abzielen, Maschinenparameter, wie z.B. den Reifeninnendruck oder die Ballastierung etc. optimal anzupassen.

Es fehlen:

- Informationen zur aktuellen Belastung des Bodens durch die Maschine
 - Rückmeldung an den Maschinenführenden
 - Anpassungen im laufenden Verfahren
- **Auf Bodenschutz optimiertes Befahrungsmanagement**
 - **Optimierte Fahrtrouten**
 - **Koordination aller beteiligten Maschinen**

Befahrungsmanagement - Routenplanung im Feld

Hauptziele

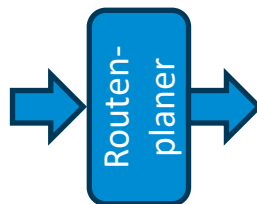
1. Automatische Erzeugung der geometrischen Darstellung des Feldes
2. Automatische Generierung von Routen für alle beteiligten Maschinen, mit dem Ziel, den Boden zu schonen:
 - Verringerung der Masse, die über dieselbe Fläche fährt.
 - Minimierung des Transits über Flächen mit hohen Bodenkosten (Kostenkarte basierend auf Bodeneigenschaften und aktuellen Zustand - Verdichtungsempfindlichkeit).

Unterstützte Szenarien:

- Eine Erntemaschine mit Bunkerkapazität.
- Eine Erntemaschine ohne Bunker + ein oder mehrere Transportfahrzeuge.

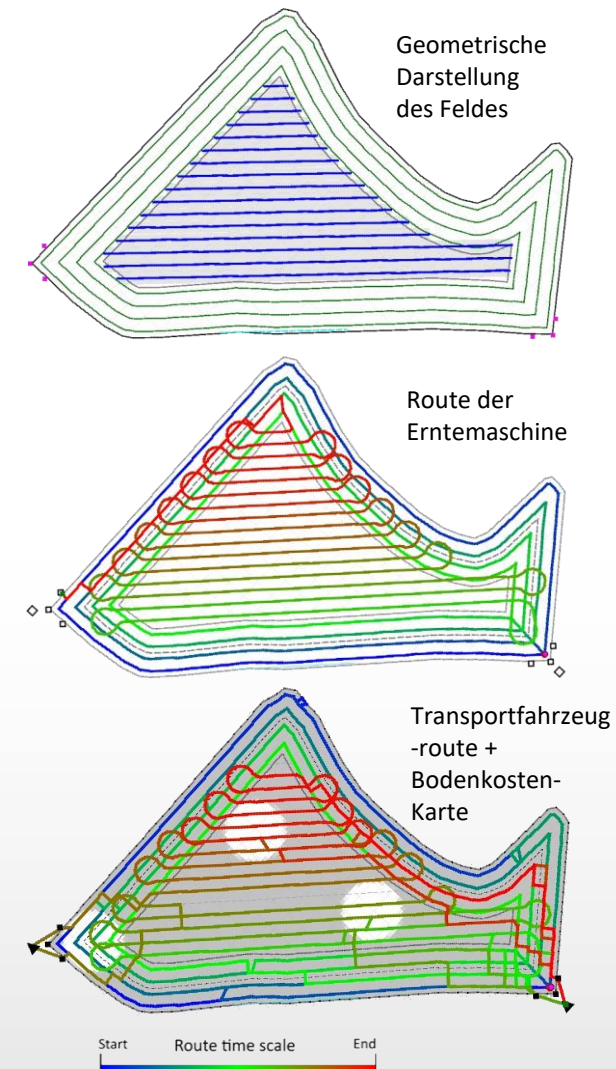
INPUTS

- Maschinen + Spezifikationen
- Feldgrenze und Zugangspunkte
- Ertragsmasse im Feld (t/ha)
- Vorgewende-Parameter
- Referenzlinie für Innerfeldspuren
- Bodenkosten Rasterkarte
- Rasterkarte der bearbeiteten Fläche
- Aktuelle Maschinenzustände (Standort, Kapazität)
- Abladestellen
- Andere Planungsparameter



OUTPUTS

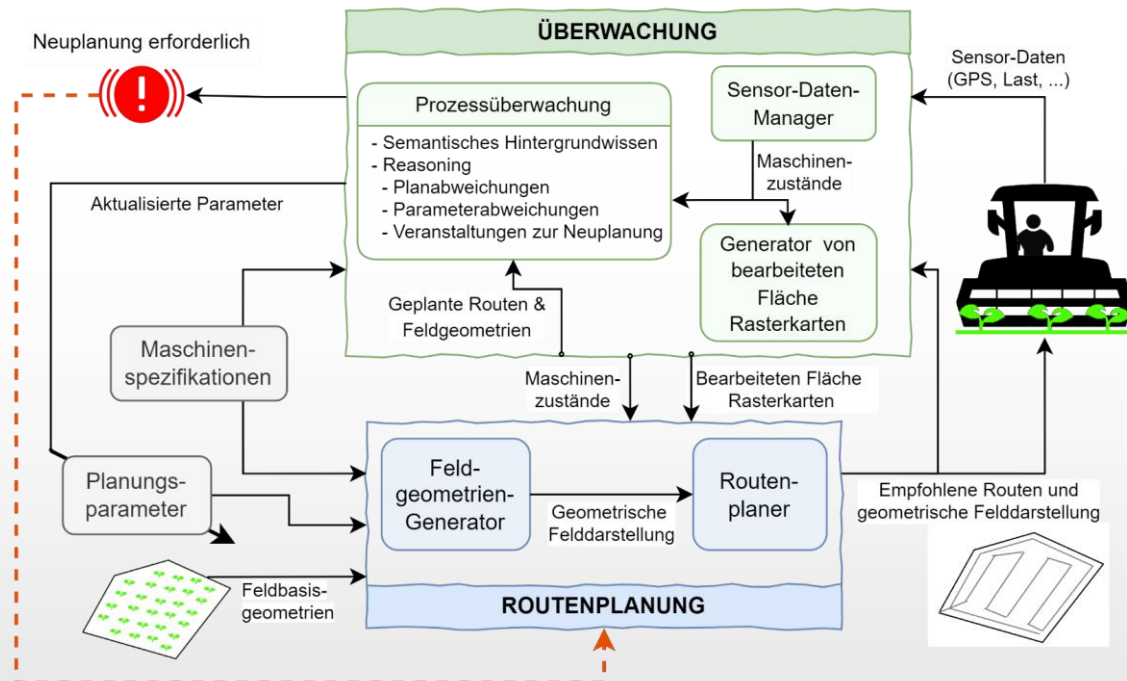
- Geometrische Darstellung des Feldes
- Maschinenrouten



Online-Prozessüberwachung und Neuplanung

Neuplanung notwendig, z. B. wenn:

- Planungsparameter erheblich von den realen Werten abweichen (z.B. die Menge (t/ha) des Ertrags auf dem Feld).
- Planausführung abweicht (z.B. Abweichende Richtung/Ort der Kernfeldspuren, Abweichung der Maschinen von den geplanten Pfaden).



Online-Überwachung

- Identifizierung von Abweichungen, die eine Neuplanung erforderlich machen (Ereignisse, Planabweichungen und Parameterdiskrepanzen)
 - Extraktion aktueller Prozessparameter für die Neuplanung
 - Erhalt von Erkenntnissen über den aktuellen Stand des Prozesses
- Neuplanung für den restlichen Teil des Feldes

Graphical User Interface (GUI)

Configuration

Connection

Local Broker IP (Port): 127.0.0.1:9002 Connected

Available Machines: Hier finden Sie alle verfügbaren Maschinen der jeweiligen Hersteller. Bitte selektieren Sie den Maschinen-Typ Ihrer Maschine.

Available Fields: Hier finden Sie alle verfügbaren Felder. Bitte selektieren Sie das Feld, für das der Prozess gestartet werden soll.

Process Parameters: Hier können Sie Parameter für den Prozess festlegen.

Headland Width [m]: 24.0

Yield [t/ha]: 50.0

Optimization Type: Soil

Headland Type: Surrounding

Track sequencer: Closest next (simple)

Switch only at track end: Inner-field ☐ Headland ☐

Selection Completed:

Machine: Forage Cruiser FR550 (ID 2)

Field: Bonares2024_Field1

Subfield: 0

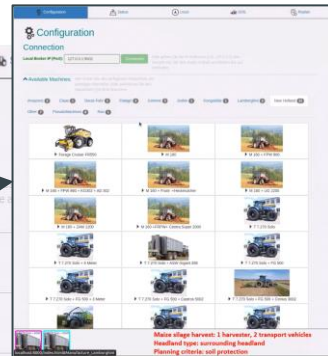
Reference line: 0

Planning grid: soilcost wet_2020

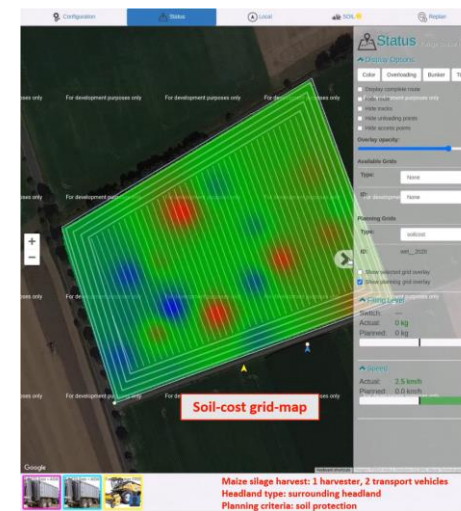
Start/Stop Process: Klicken Sie auf den 'Start'-oder den 'Stop'-Button, um den Prozess zu starten bzw. zu stoppen.

PROCESS FIELD PLAN ROUTES PLAN ROUTES IN BG START PROCESS START SIMULATION

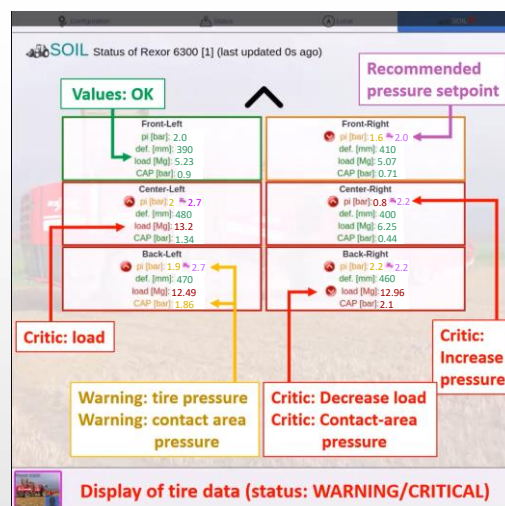
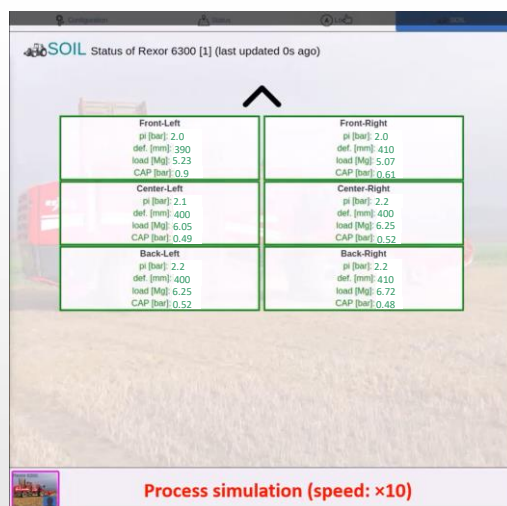
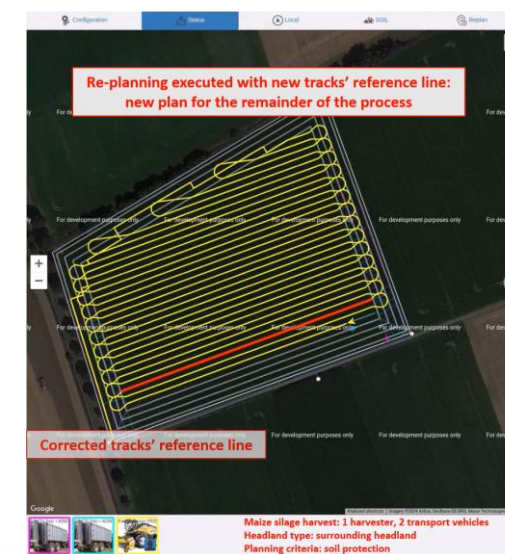
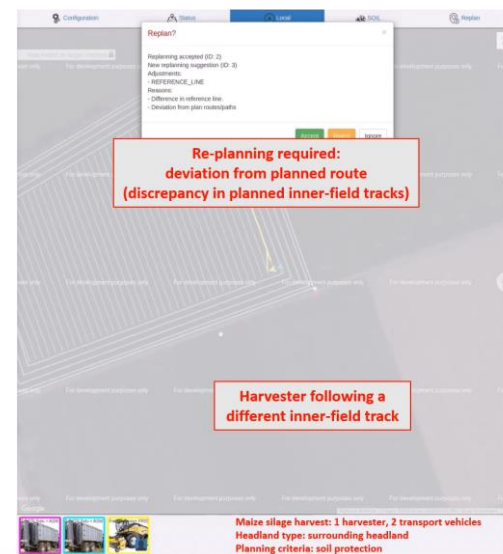
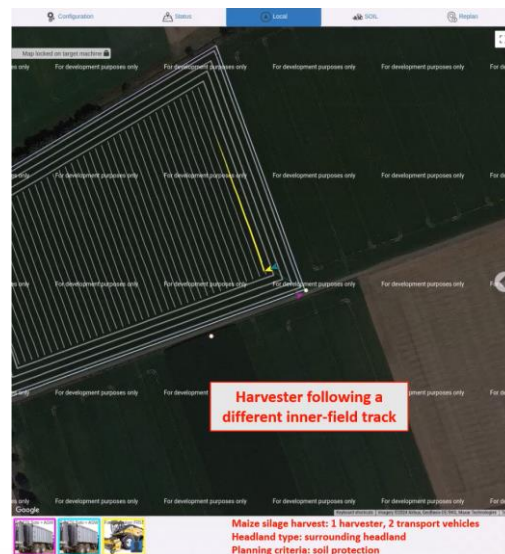
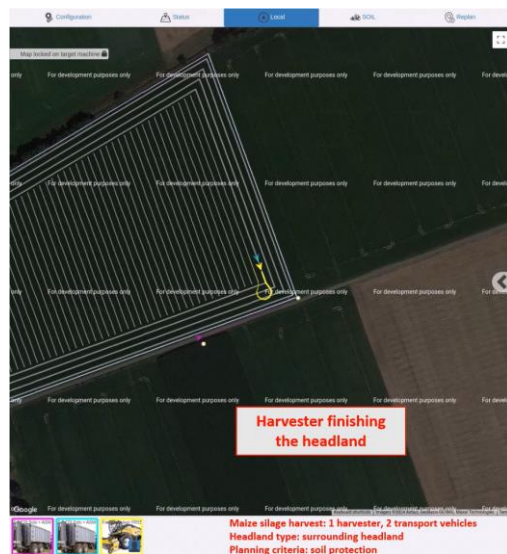
Maize silage harvest: 1 harvester, 2 transport vehicles
Headland type: surrounding headland
Planning criteria: soil protection



Field ID	Field Name	Field Area [ha]
1	Field 1	1.0
2	Field 2	2.0
3	Field 3	3.0
4	Field 4	4.0
5	Field 5	5.0
6	Field 6	6.0
7	Field 7	7.0
8	Field 8	8.0
9	Field 9	9.0
10	Field 10	10.0
11	Field 11	11.0
12	Field 12	12.0
13	Field 13	13.0
14	Field 14	14.0
15	Field 15	15.0
16	Field 16	16.0
17	Field 17	17.0
18	Field 18	18.0
19	Field 19	19.0
20	Field 20	20.0
21	Field 21	21.0
22	Field 22	22.0
23	Field 23	23.0
24	Field 24	24.0
25	Field 25	25.0
26	Field 26	26.0
27	Field 27	27.0
28	Field 28	28.0
29	Field 29	29.0
30	Field 30	30.0
31	Field 31	31.0
32	Field 32	32.0
33	Field 33	33.0
34	Field 34	34.0
35	Field 35	35.0
36	Field 36	36.0
37	Field 37	37.0
38	Field 38	38.0
39	Field 39	39.0
40	Field 40	40.0
41	Field 41	41.0
42	Field 42	42.0
43	Field 43	43.0
44	Field 44	44.0
45	Field 45	45.0
46	Field 46	46.0
47	Field 47	47.0
48	Field 48	48.0
49	Field 49	49.0
50	Field 50	50.0



Graphical User Interface (GUI)



- Ziel ist die Minimierung der Bodenbelastungen in Abhängigkeit der aktuellen Randbedingungen für das gesamte Feld
- OBAS überwacht Maschinenparameter und Fahrtrouten und gibt Empfehlungen zur Anpassung oder stößt eine Neuplanung an.
- Plant den kompletten Prozess (z.B. Ernte) für alle beteiligten Fahrzeuge
- Optimale Anpassung der Maschinen an die jeweilige Situation (automatische Reifendruckregelung möglich)
- Vermeidung von random traffic, unnötigen Befahrungen und damit Bodenbelastungen
- Derzeit als Prototyp auf einem Betrieb in Niedersachsen im Test

- Ergebnisse sind stark von den verfügbaren Eingangsdaten abhängig
- Positive Effekte des Systems hängen sehr stark von den Randbedingungen ab und werden von vielen Faktoren gesteuert
 - Feldgeometrie, Zufahrtspunkten,
 - Maschinen- und Technikausstattung, Arbeitsbreiten, Bereifung, Reifendruckregelung
 - bisheriges Befahrungsmanagement,
 - Boden, Bodenfeuchte, Heterogenitäten,
 - Bereitschaft zur Nutzung des Systems
 - etc.

Vielen Dank!



BonaRes (A): SOILAssist

Dr. Marco Lorenz

Thünen Institut für Agrartechnologie

Bundesallee 47

D-38116 Braunschweig



Tel.: +49 (0)531-596-4494

marco.lorenz@thuenen.de

