

# Böden unter Druck - Verdichten große Landmaschinen unsere Ackerböden?

Dr. Marco Lorenz, Thünen Institut für Agrartechnologie



Nachhaltige Sicherung und Verbesserung  
von Bodenfunktionen durch  
intelligente Landwirtschaft

(BMBF - BonaRes: Boden als nachhaltige  
Ressource für die Bioökonomie)



Institut für Agrartechnologie  
Stabstelle Klima und Boden



Geographisches Institut  
Lehrstuhl für Landschafts-  
ökologie und Geoinformation



Deutsches Forschungszentrum für  
künstliche Intelligenz, Osnabrück  
Planbasierte Robotersteuerung



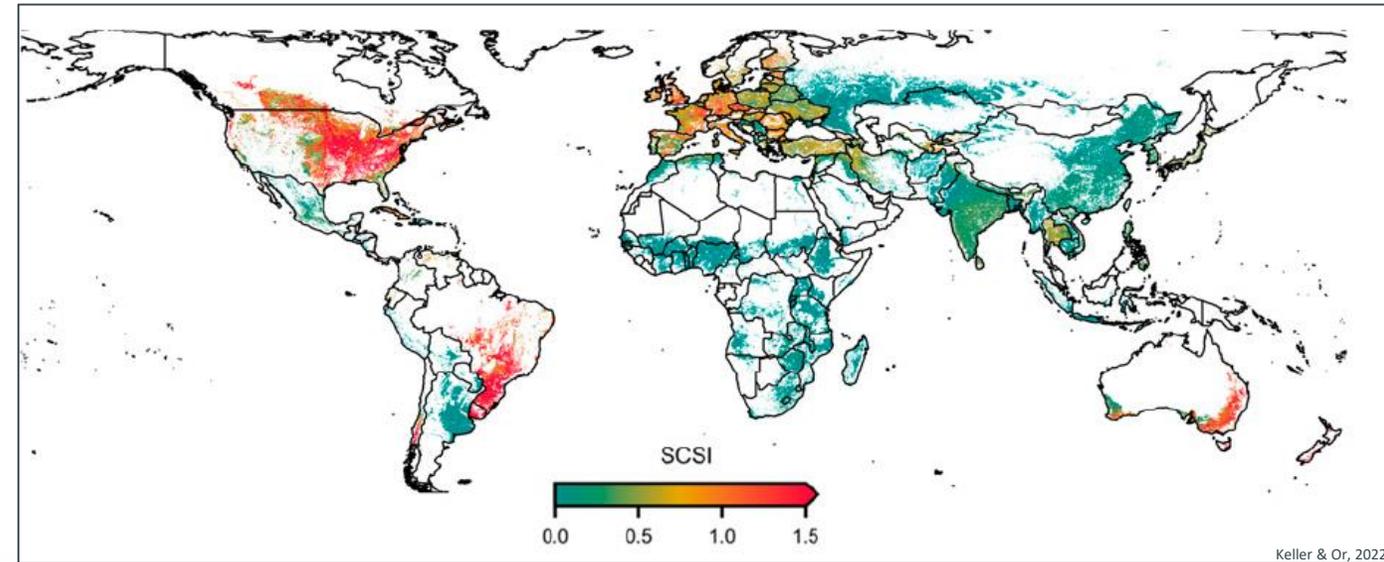
Institut für Informatik

1. Aktuelle Situation
2. Faktoren für Bodenverdichtungen
3. Auswirkungen von Bodenverdichtungen
4. Maßnahmen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerflächen
5. Zusammenfassung

# Aktuelle Situation

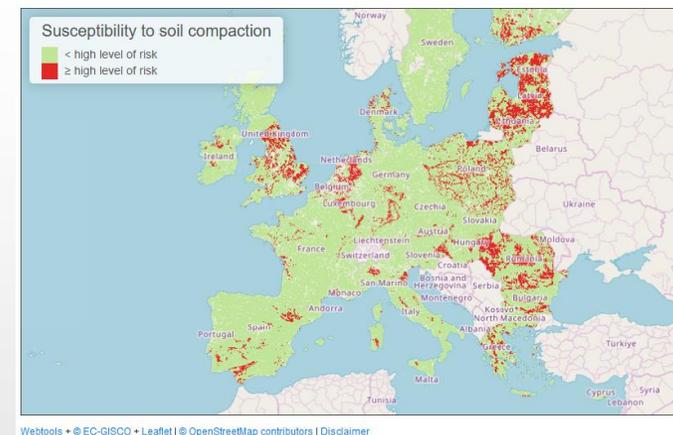
## Global:

- ca. 20 % der landwirtschaftlich genutzten Böden sind verdichtungsgefährdet (Keller & Or, 2022)

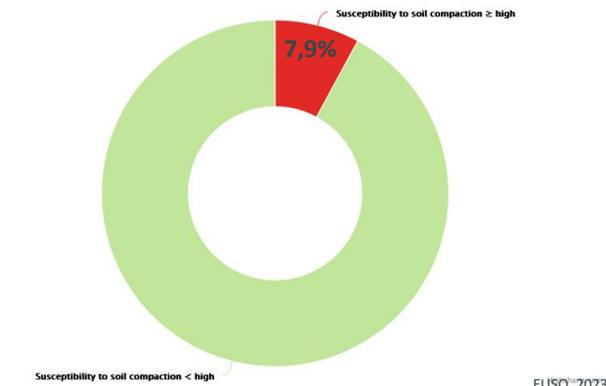


## Europa:

- ca. 61,5% der Böden sind in ungesundem Zustand (unhealthy). Hauptprozesse sind Verlust von organischem Kohlenstoff (48 %), der Verlust der biologischen Vielfalt (37,5 %) und die Bodenerosion durch Wasser (32 %).
- ca. 8 % der Böden sind hoch verdichtungsempfindlich (EUSO, 2023)



Areas where susceptibility to soil compaction  $\geq$  high, in % at NUTS0 level (based on areas with data)



# Aktuelle Situation

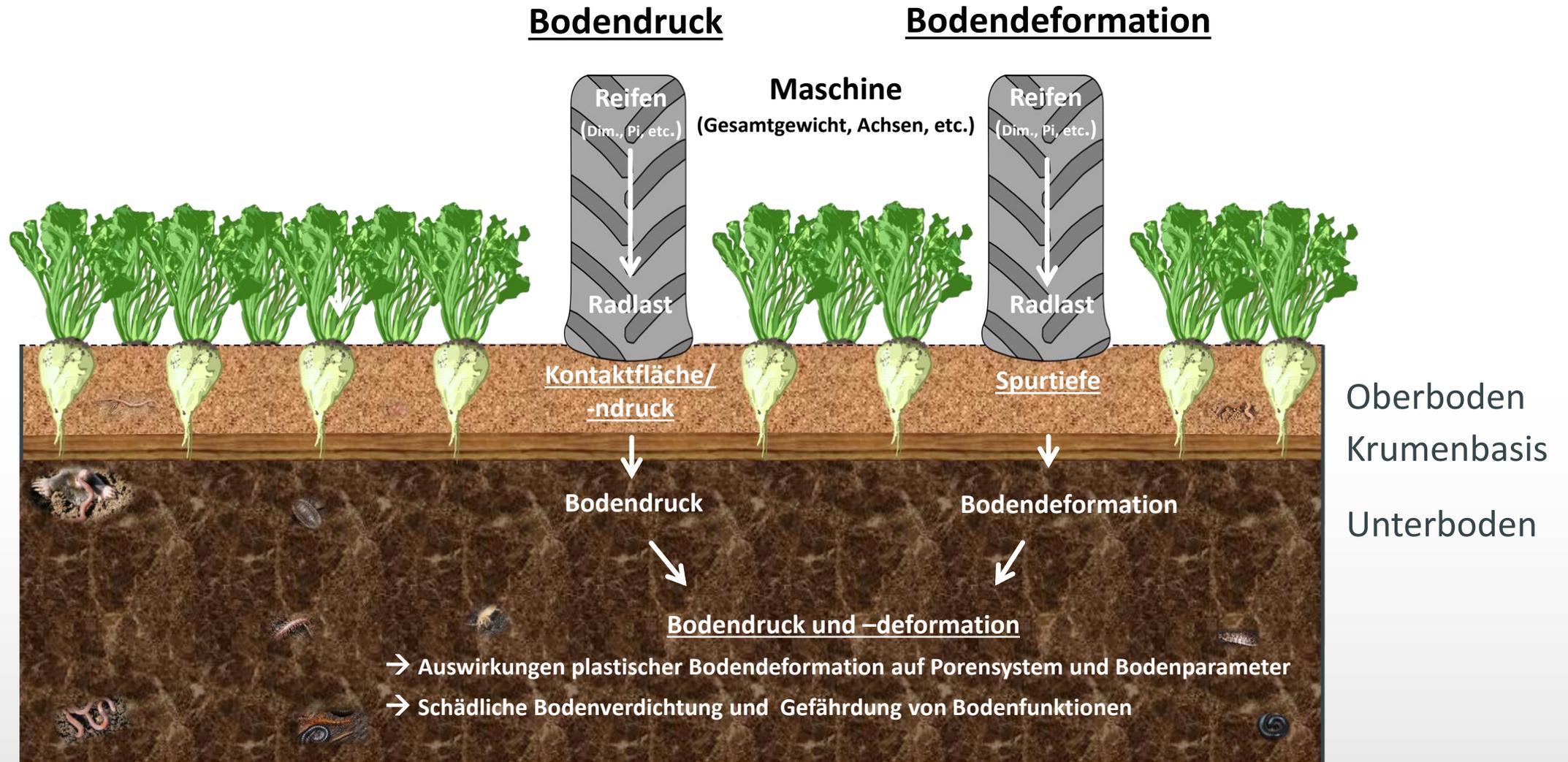
## Deutschland:

- Keine einheitlichen, flächendeckenden Untersuchungen zur Bestimmung von Bodenverdichtungen
- BZE Landwirtschaft: 13% bewirtschaftungsbedingt verdichtet (Schneider & Don 2019)
- UBA: 10 - 20% der Ackerflächen weisen bewirtschaftungsbedingte Verdichtungen auf (UBA, 2023)
- Modellschätzungen: 8 - 60% verdichtungsgefährdet (z.B. Lebert 2010)
- Regionale Studien: 5 - 40% (siehe rechte Seite)

## Regionale Studien:

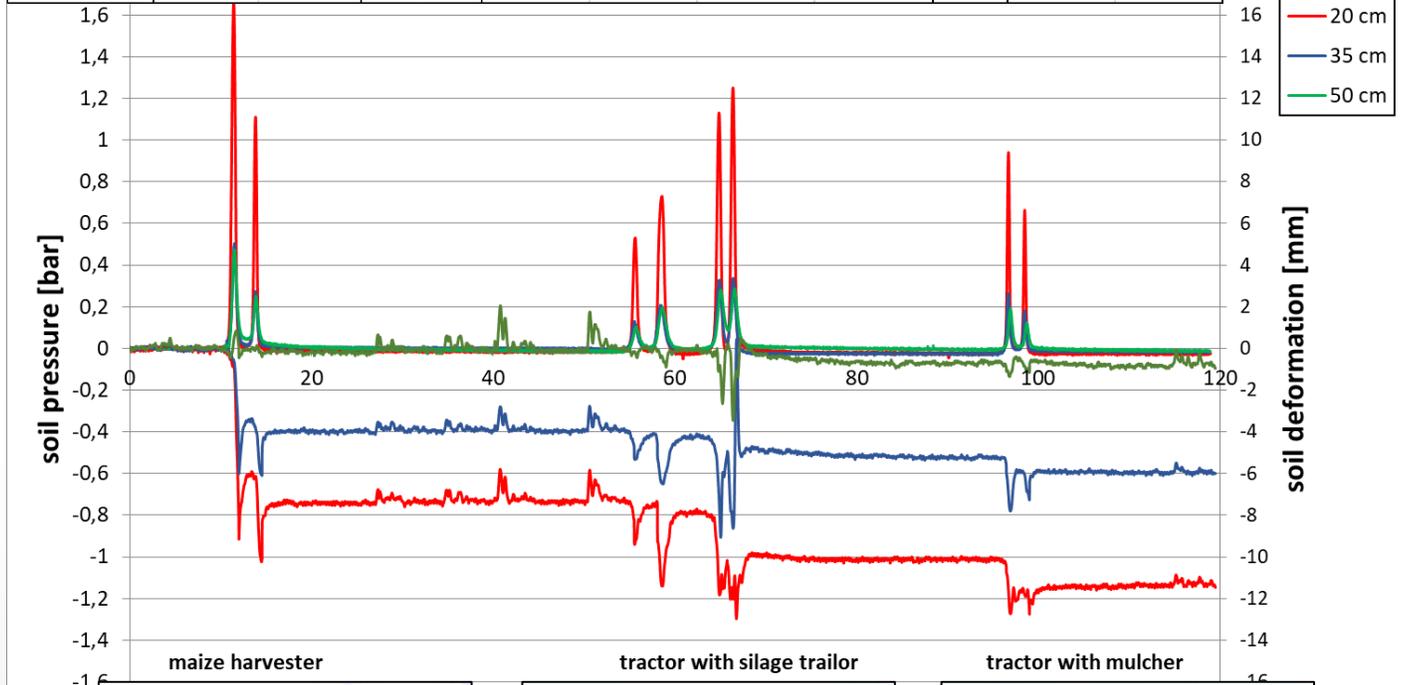
- Schleswig Holstein: vereinzelte Schadverdichtungen an Zufahrtspunkten und Vorgewenden v.a. auf lehmigen Sand und Sandböden (Isensee & Schwark 2006)
- Nordrhein-Westfalen: 40 % der Ackerfläche sind in der Krumbasis verdichtet, jedoch nicht schadverdichtet (Weyer & Buchner 2001, Cramer et al. 2006)
- Niedersachsen: auf vielbefahrenen Vorgewenden und vereinzelt in Fahrgassen (Brunotte et al. 2008)
- Thüringen: 17 % der Ackerflächen von Verdichtung betroffen (TLL, 2007)
- Sachsen: Schadverdichtungen nur ins Sonderfällen auf vernässten Stellen und im Vorgewende (Harrach et al. 2003)
- Bayern: Krumbasisverdichtung bei ca. 50% der BDF, jedoch nur vereinzelt schadverdichtet (Brandhuber, 2005)

# Faktoren für Bodenverdichtung

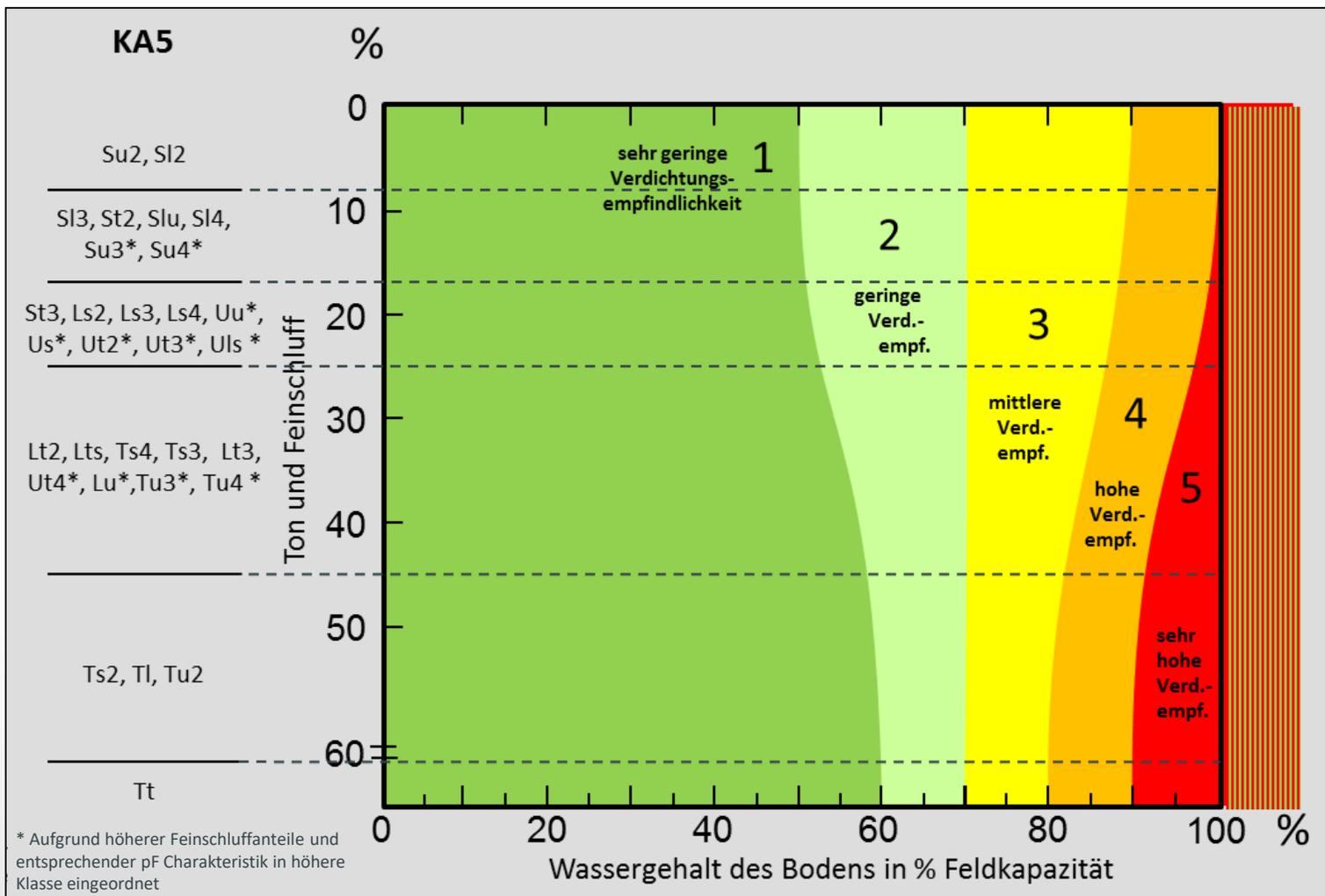


# Faktoren für Bodenverdichtung

|                 |                                    |                          |  |                                     |                                     |                                  |                                  |  |                                     |                                     |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| wheel load [Mg] | 7,1                                | 2,45                     |  | 2,2                                 | 3,8                                 | 4,8                              | 4,8                              |  | 3,5                                 | 2,5                                 |
| Pi [bar]        | 2,0                                | 1,8                      |  | 0,8                                 | 1                                   | 1,7                              | 1,7                              |  | 1,2                                 | 1,1                                 |
| tire            | Michelin<br>MegaXBib<br>710/75 R34 | Trelleborg<br>540/65 R30 |  | Michelin<br>MachXBib<br>600/70 R 30 | Michelin<br>MachXBib<br>710/70 R 42 | Alliance<br>A390<br>650/55 R26,5 | Alliance<br>A390<br>650/55 R26,5 |  | Michelin<br>MultiBib<br>540/65 R 28 | Michelin<br>MultiBib<br>650/65 R 38 |

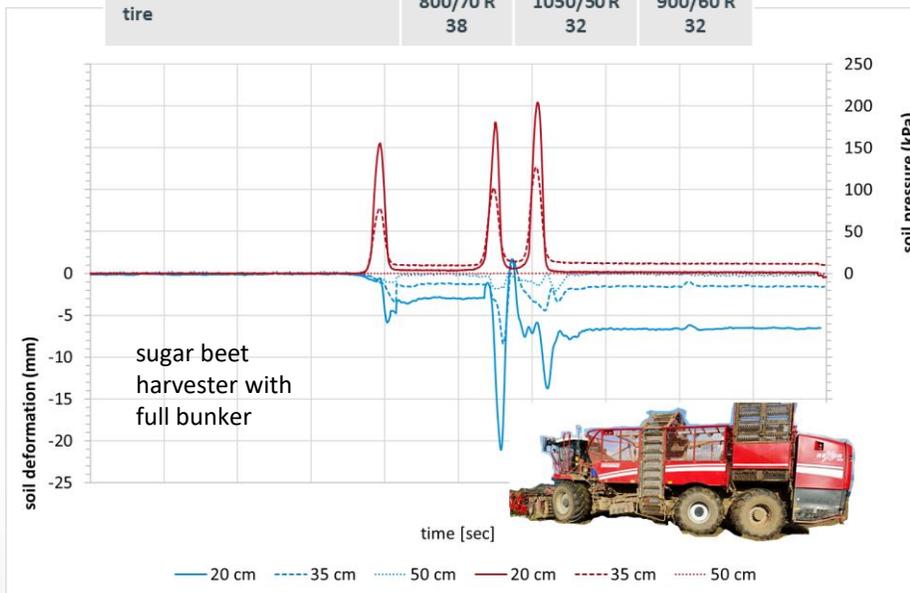


# Faktoren für Bodenverdichtung - Bodenart und Bodenfeuchte

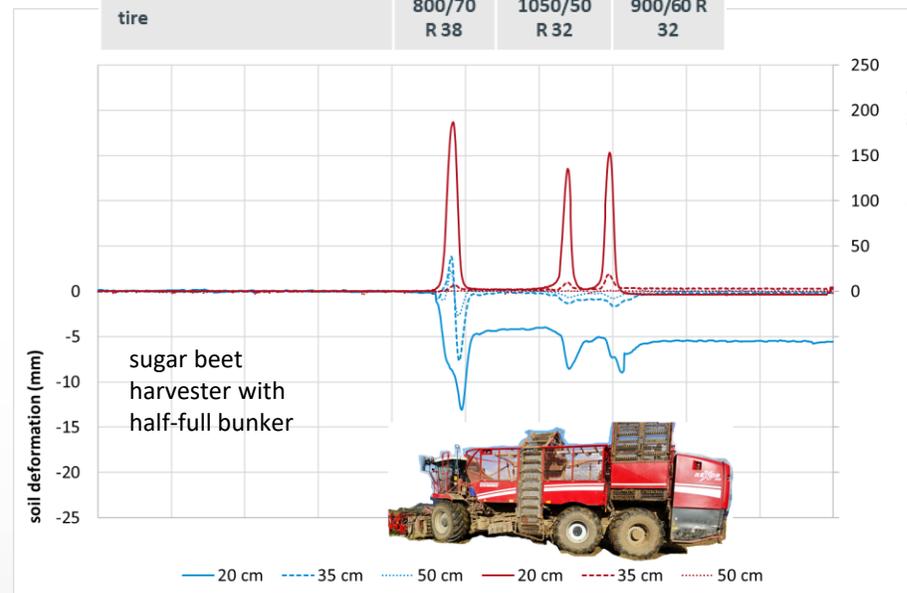


# Faktoren für Bodenverdichtung - Radlast

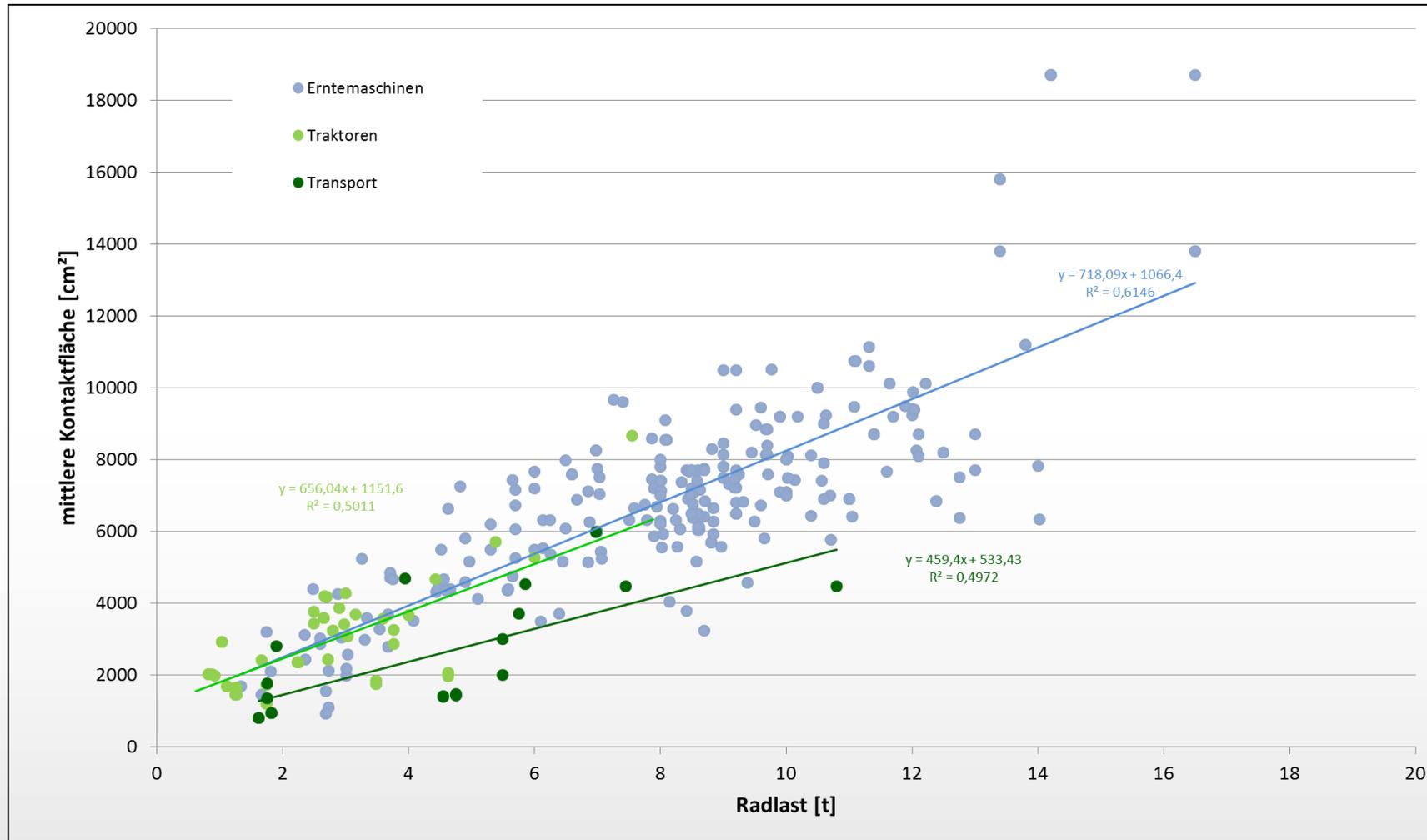
|                          | front axle  | rear axle 1  | rear axle 2 |
|--------------------------|-------------|--------------|-------------|
| wheel load [Mg], static  | 10.2        | 10.5         | 10.3        |
| wheel load [Mg], dynamic | 9.5         | 10.6         | 11.0        |
| Pi [bar]                 | 2.0         | 2.1          | 2.1         |
| tire                     | 800/70 R 38 | 1050/50 R 32 | 900/60 R 32 |



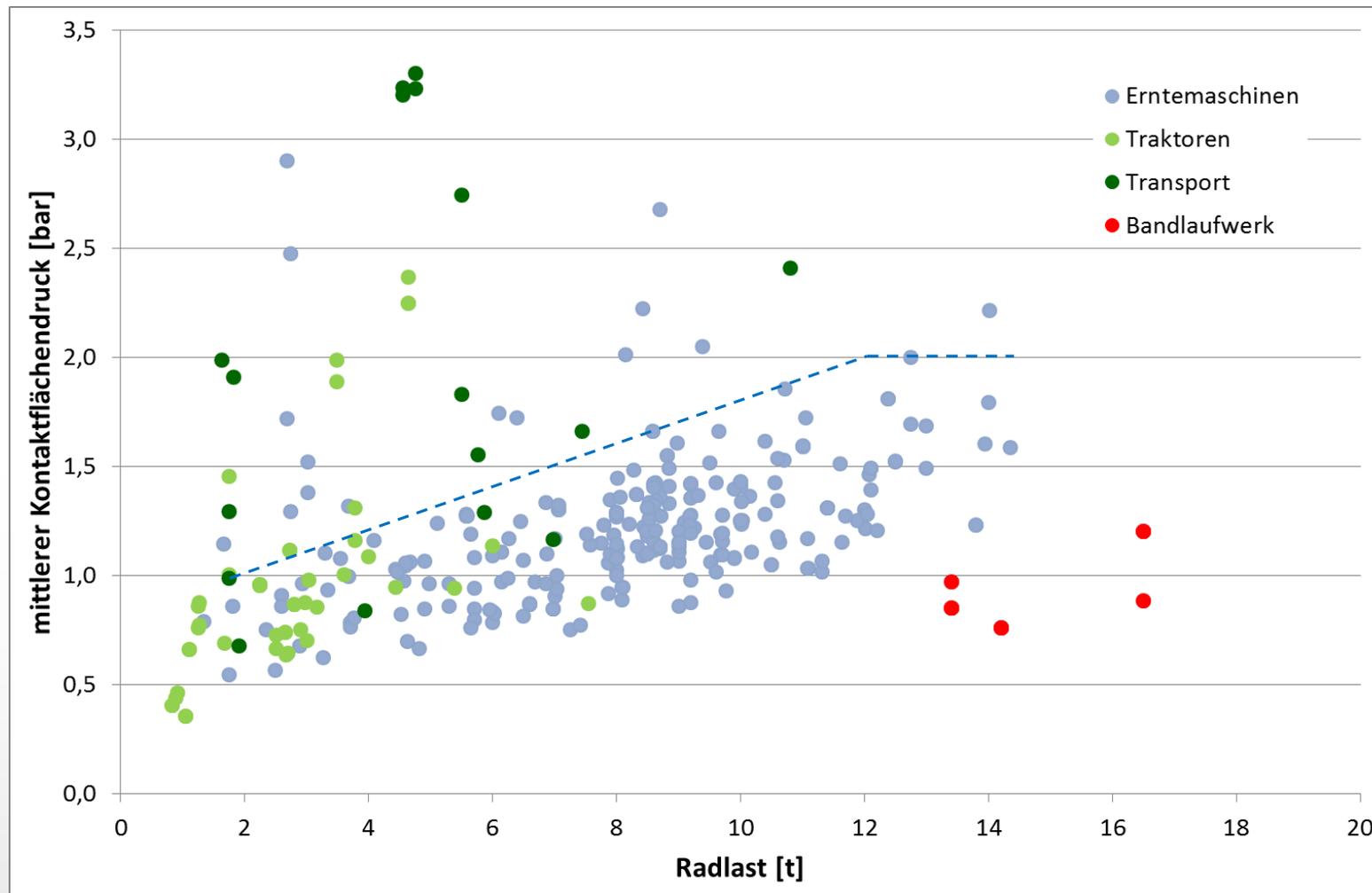
|                          | front axle  | rear axle 1  | rear axle 2 |
|--------------------------|-------------|--------------|-------------|
| wheel load [Mg], static  | 9.1         | 8,1          | 7.6         |
| wheel load [Mg], dynamic | 10.2        | 8.3          | 8.9         |
| Pi [bar]                 | 2.0         | 2.1          | 2.1         |
| tire                     | 800/70 R 38 | 1050/50 R 32 | 900/60 R 32 |



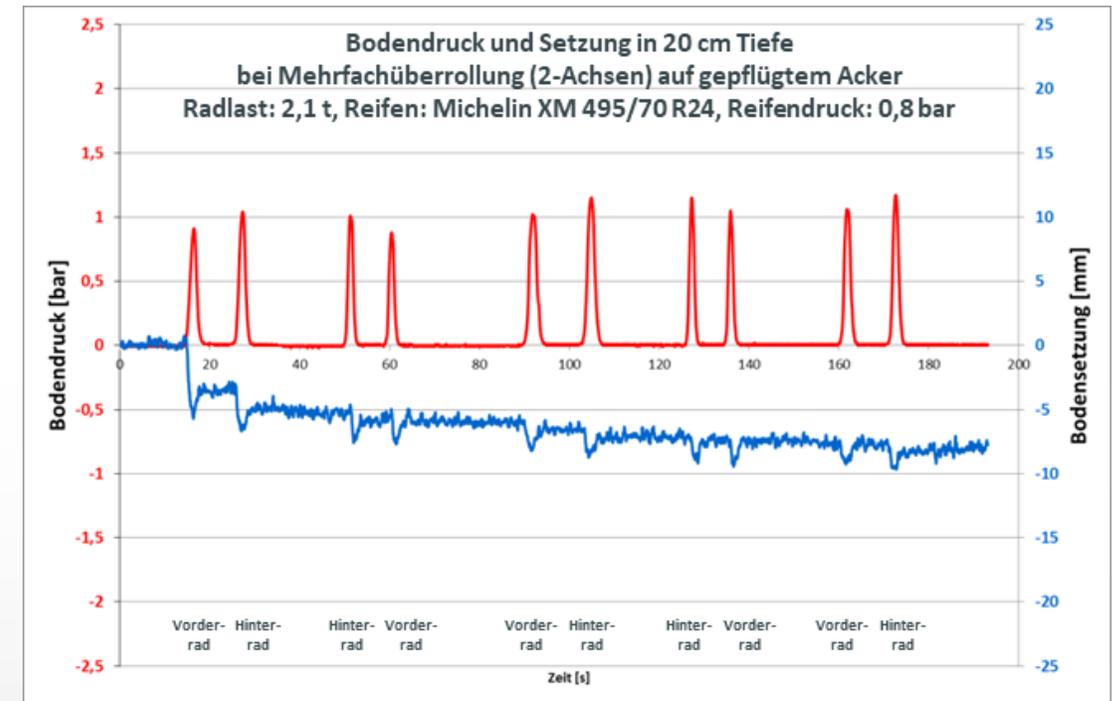
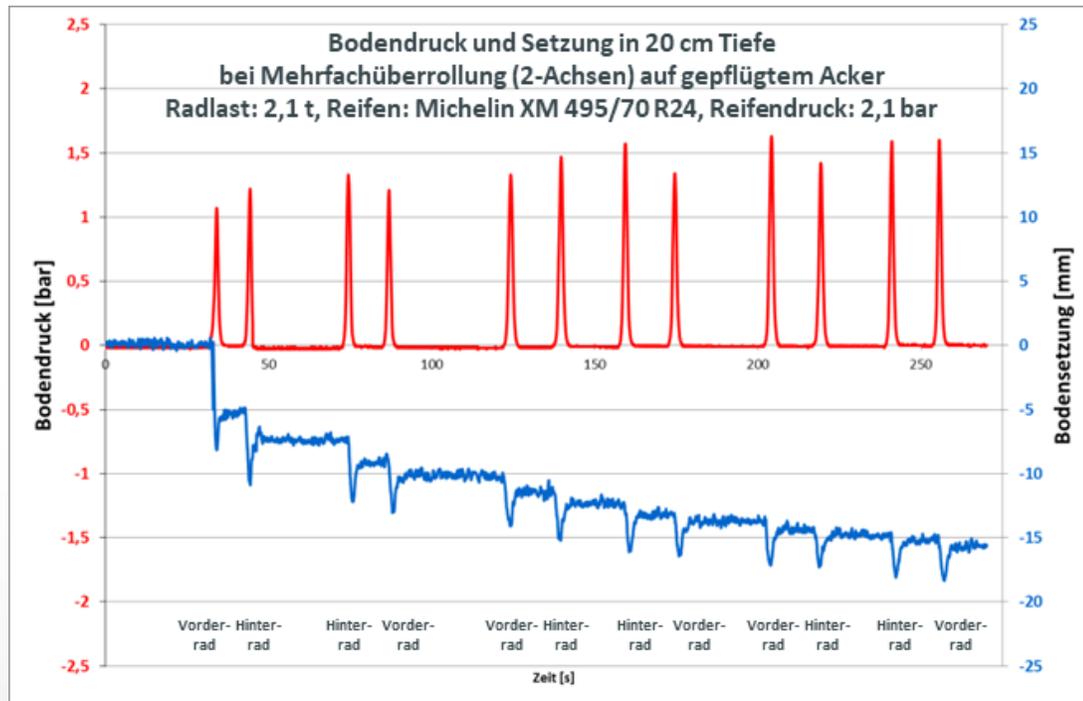
# Faktoren für Bodenverdichtung - Kontaktfläche



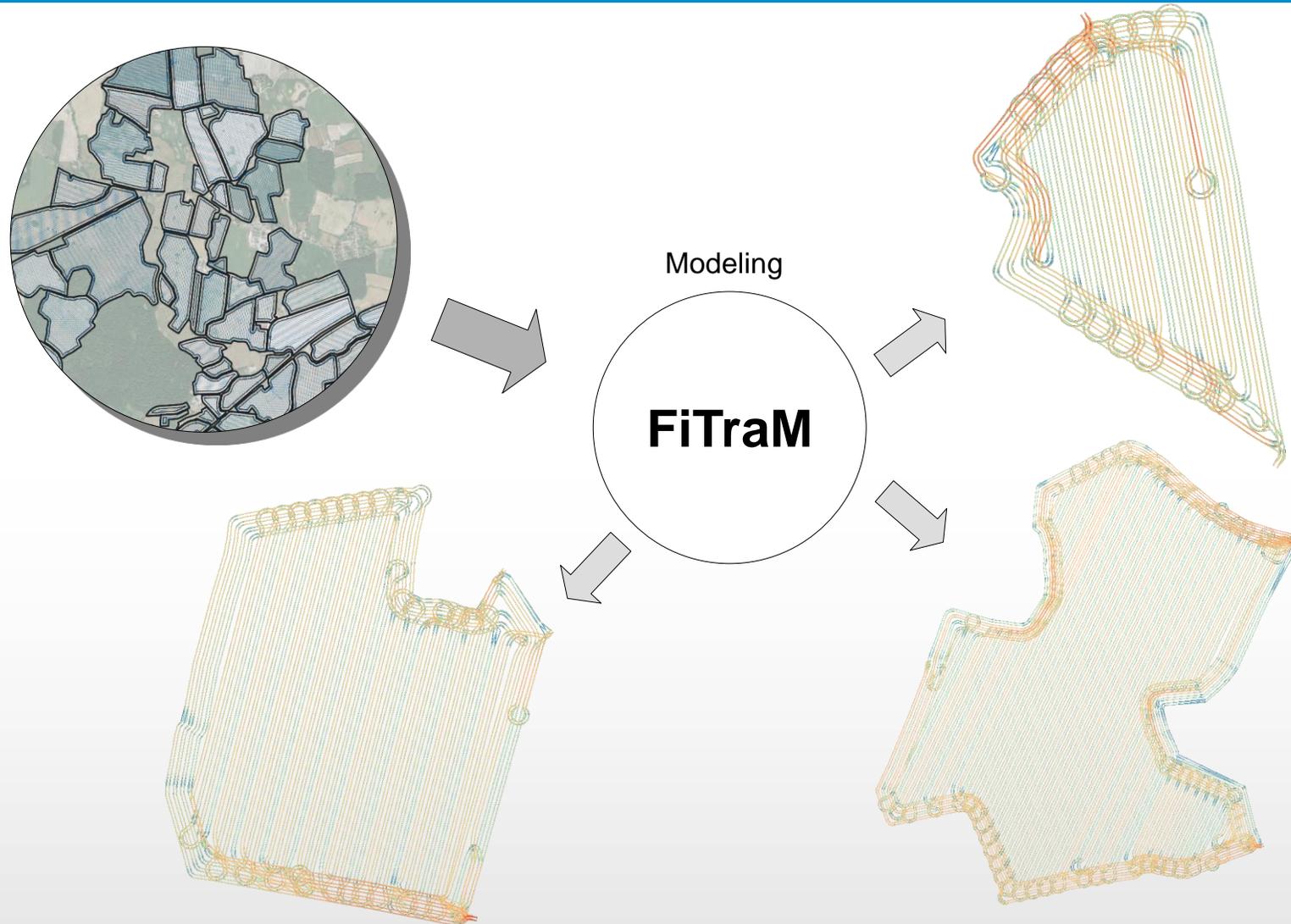
# Faktoren für Bodenverdichtung - Kontaktflächendruck



# Faktoren für Bodenverdichtung - Reifeninnendruck und Anzahl der Überrollungen



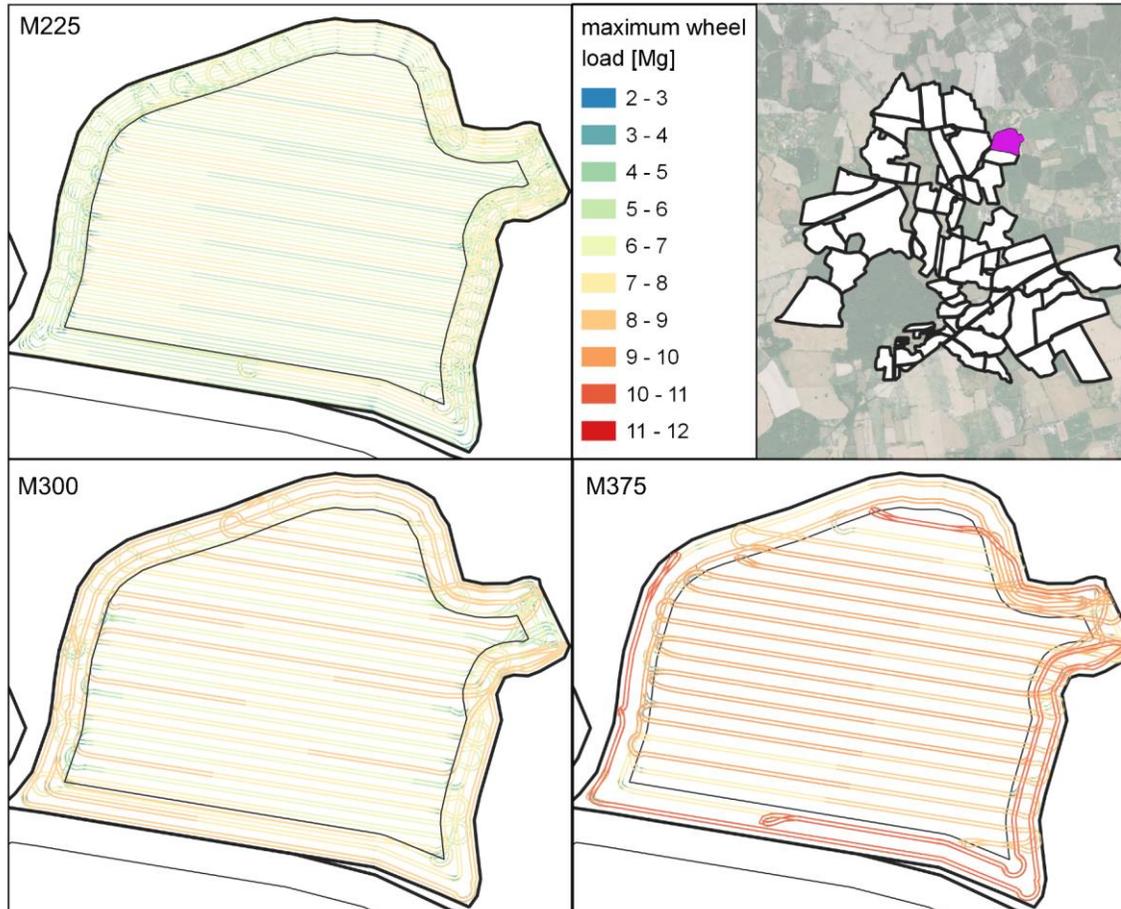
# Befahrungsintensität mit dem Model FiTraM



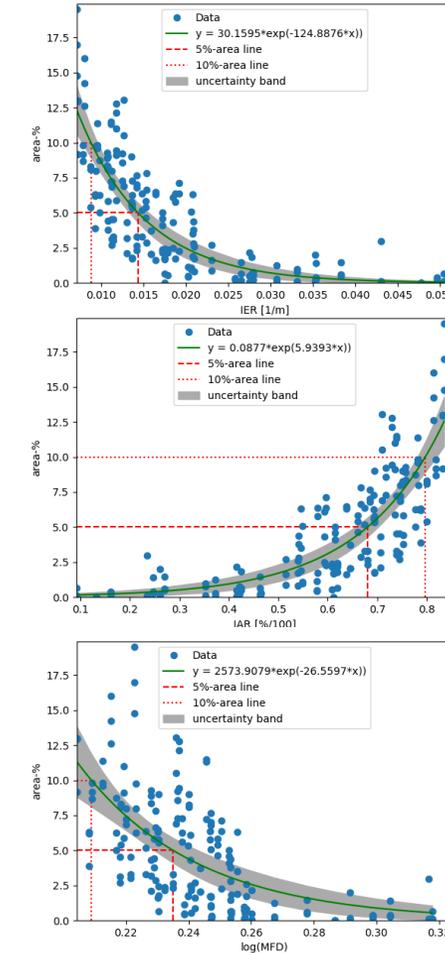
Augustin et al. (2022)

# Faktoren für Bodenverdichtung - Arbeitsbreite und Feldgeometrien

## Spatial Hot Spot Analysis and Machine Comparison

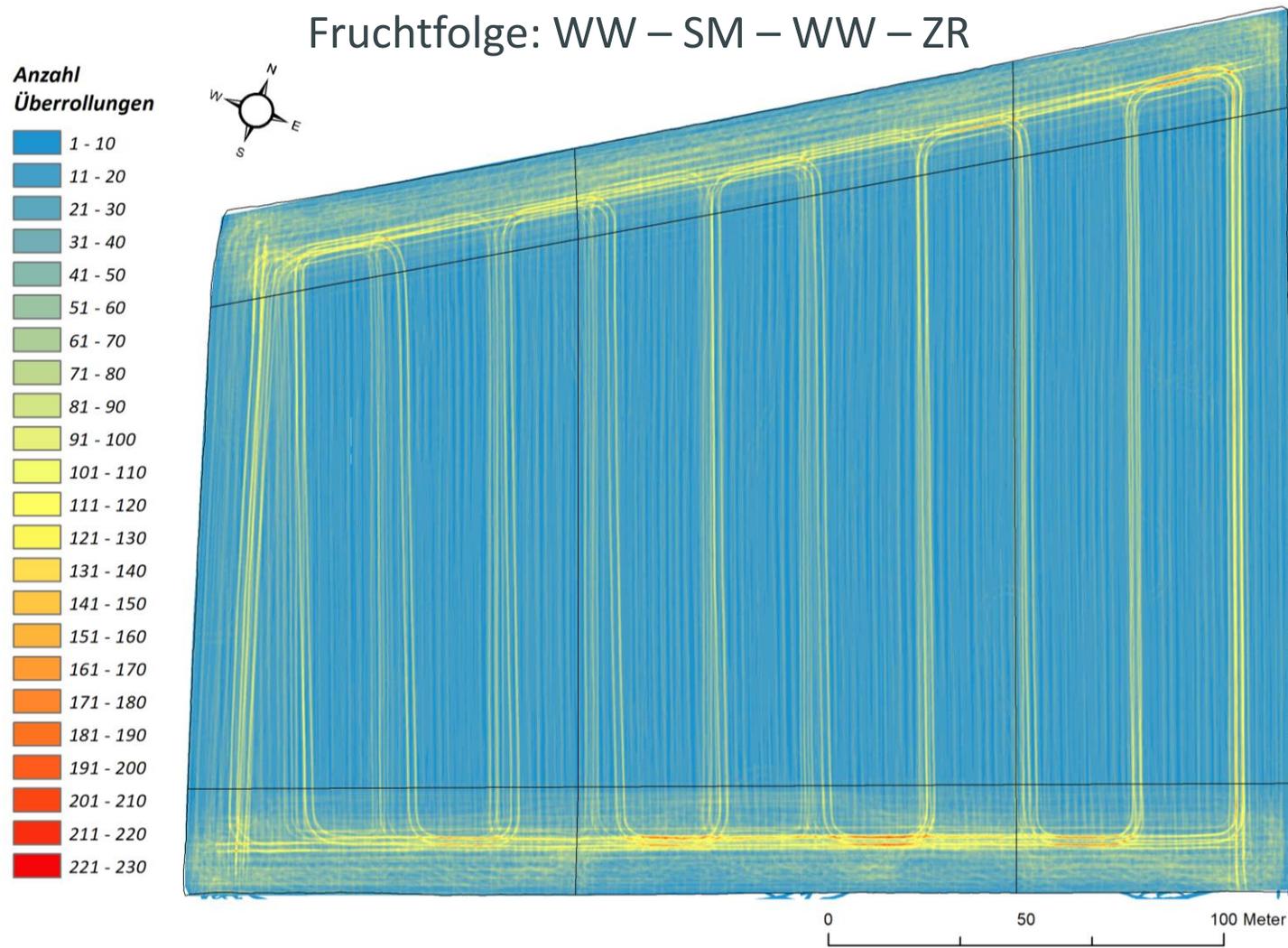


## Field Shape Dependency



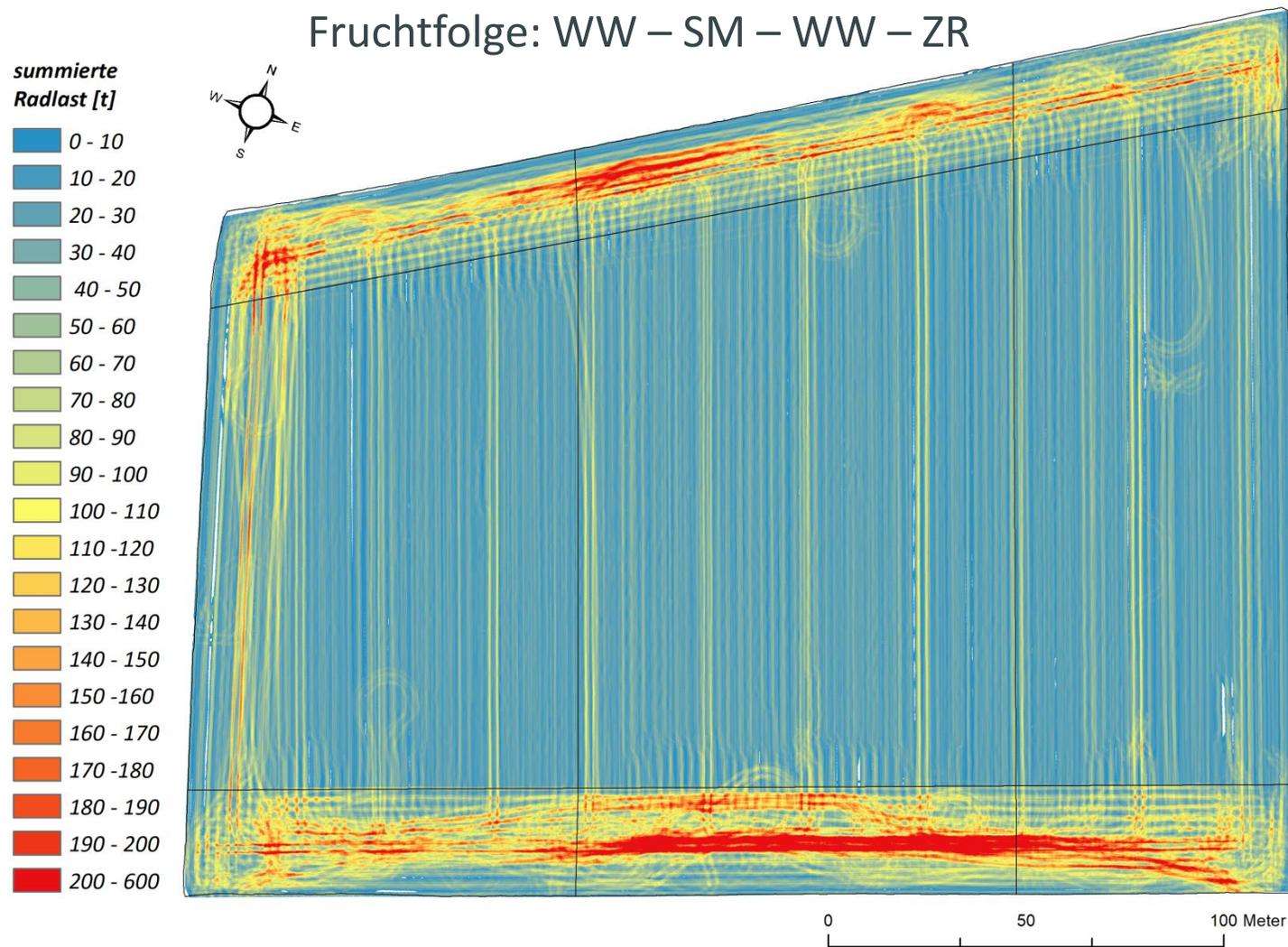
Augustin et al. (2022)

# Anzahl Überrollungen Fruchtfolge



Augustin et al. (2020)

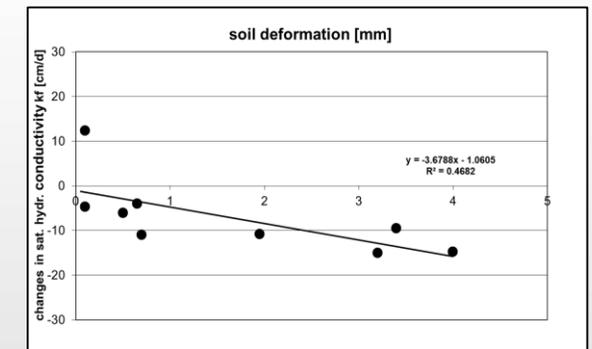
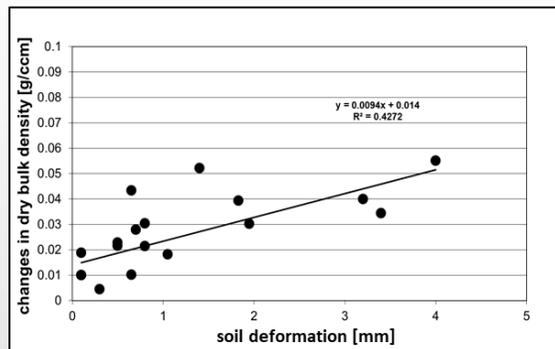
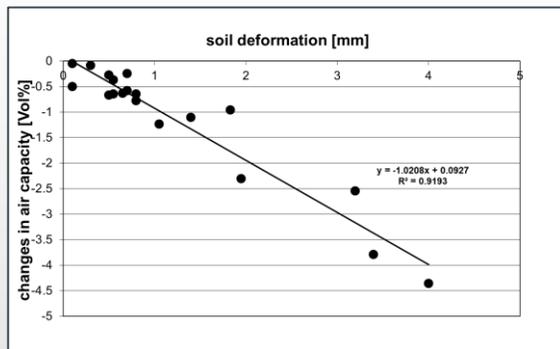
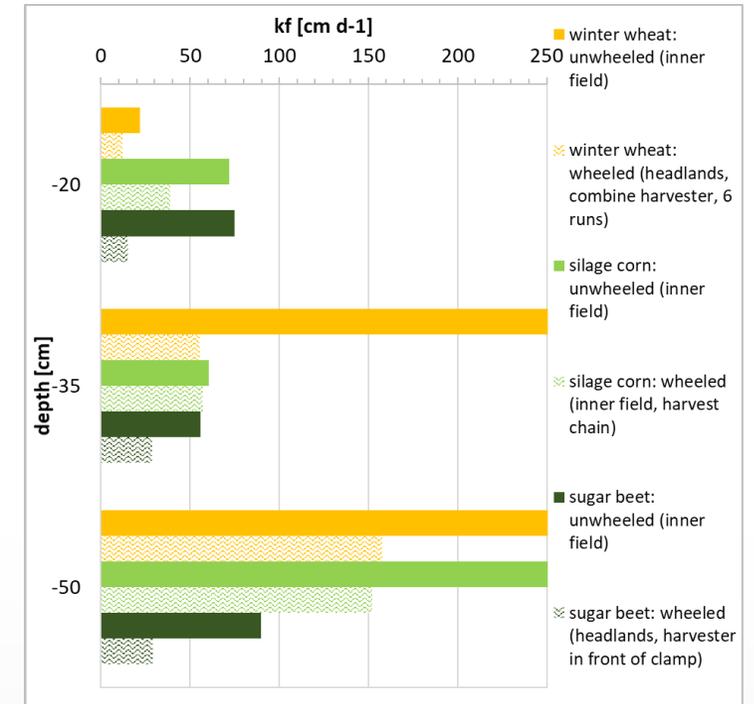
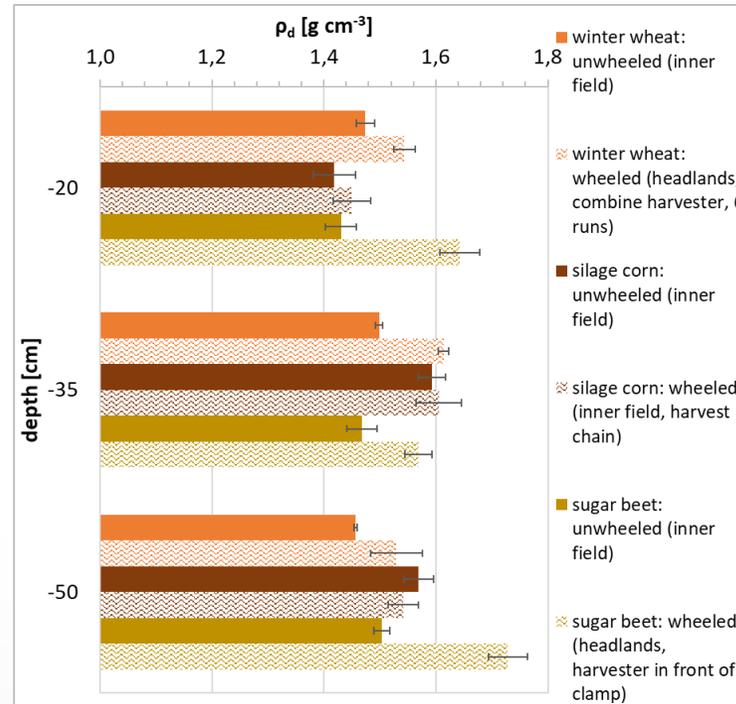
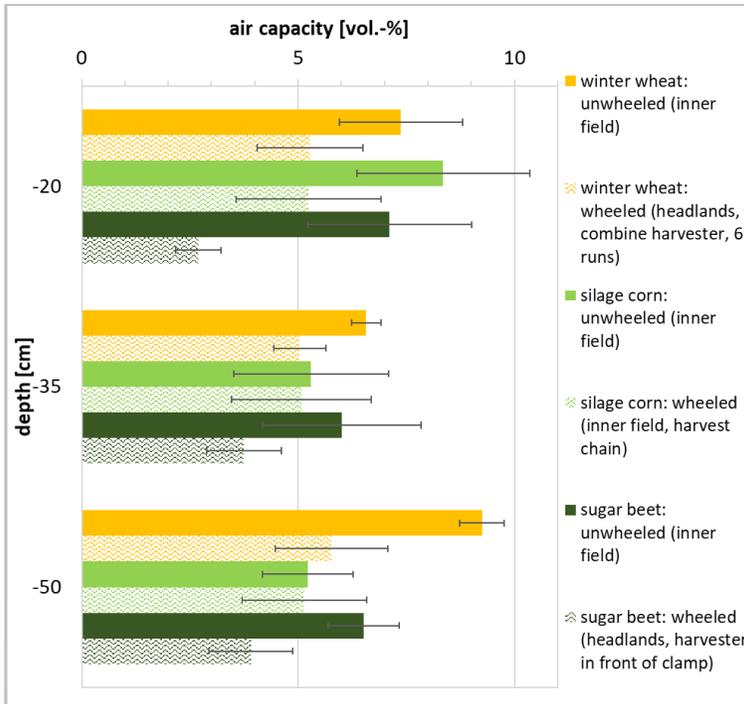
# Summierte Radlasten Fruchtfolge



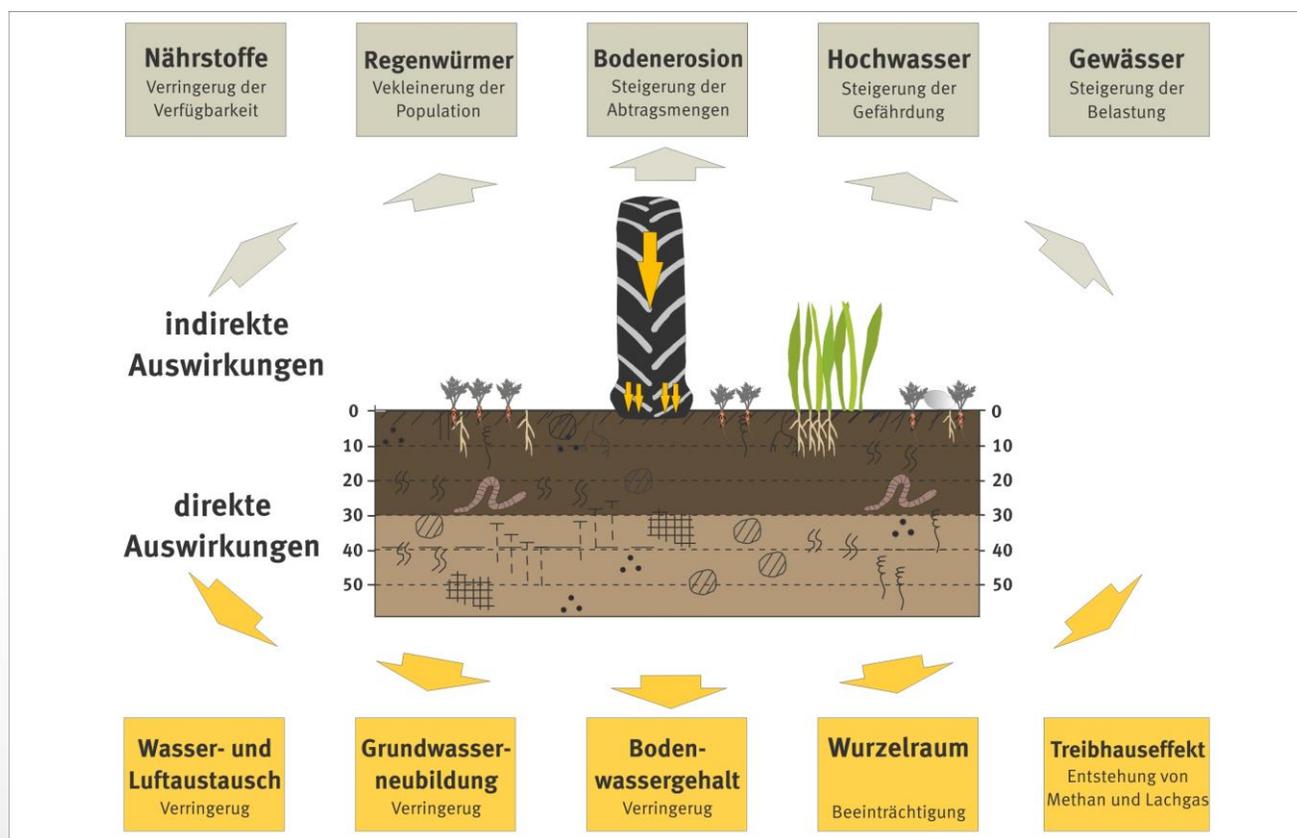
Augustin et al. (2020)

1. Aktuelle Situation
2. Faktoren für Bodenverdichtungen
3. Auswirkungen von Bodenverdichtungen
4. Maßnahmen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerflächen
5. Zusammenfassung

# Auswirkungen von Bodenverdichtung



# Auswirkungen von Bodenverdichtung



UBA (2023)

- Produktionsfunktion: Pflanzenwachstum → Ertrag
- Filter-/Pufferfunktion: Nährstoffnutzung, -effizienz und -auswaschung, THG
- Speicherfunktion: pflanzenverfügbares Bodenwasser und Nährstoffe, Infiltration, Grundwasserneubildung → Erosion, Hochwasserschutz, THG
- Lebensraumfunktion: Bodenleben, Regenwürmer, mikrobielle Zusammensetzung etc.
- ...

# Maßnahmen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerflächen



1. Planung
2. Anpassung der mechanischen Belastung an die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens
3. Optimierung der aktuellen Befahrung

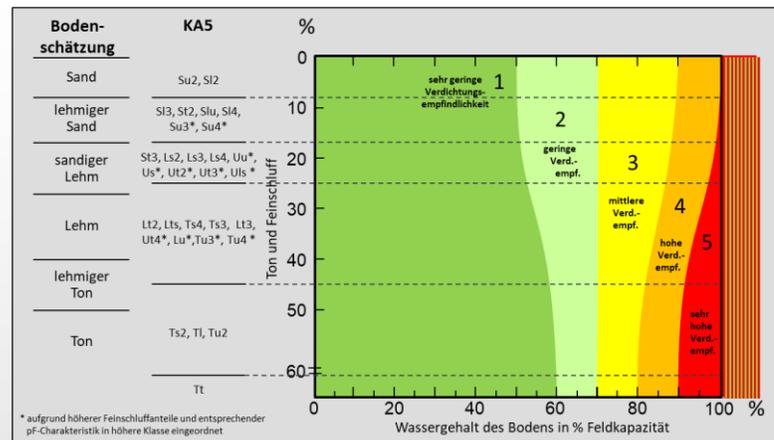
# Entscheidungsmatrix Befahrbarkeit

| Maschine und Anzahl der zu berücksichtigenden Achsen | Traktor     |          | Anhänger    |          |          | Häcksler    |          | Maximum | Mittelwerte |             |  |
|--|-------------|----------|-------------|----------|----------|-------------|----------|---------|-------------|-------------|--|
|  | Vorderachse |          | Hinterachse |          |          | Vorderachse |          |         |             | Hinterachse |  |
|  | 1. Achse    | 2. Achse | 3. Achse    | 4. Achse | 5. Achse | 6. Achse    | 7. Achse |         |             |             |  |
| 1 Radlast [t]  | 1,5         | 4,75     | 4,75        | 4,75     | 4,75     | 7,0         | 2,0      | 7,0     | 4,21        |             |  |
| 2 Reifeninnendruck [bar]                             | 1,2         | 1,6      | 3,0         | 3,0      | 3,0      | 1,5         | 1,0      | 3,0     | 2,04        |             |  |
| 3 Kontaktfläche [m²]                                 |             |          |             |          |          |             |          |         |             |             |  |
| 4 Kontaktflächendruck [bar]                          | 1,0         | 1,0      | 1,2         | 1,2      | 1,2      | 0,85        | 0,9      | 1,2     | 1,05        |             |  |
| 5 Anzahl Überrollungen pro Spur                      | 7           |          |             |          |          |             |          |         |             |             |  |
| 6 Anteil der überrollten Fläche [%]                  | 33          |          |             |          |          |             |          |         |             |             |  |

|                                  | Wertebereich von | Wertebereich bis | Wichtung | Belastungsanteil |
|----------------------------------|------------------|------------------|----------|------------------|
| 7 Radlast [t]                    | 0,5              | 12,0             | 2,00     | 1,17             |
| 8 Reifeninnendruck [bar]         | 0,6              | 4,0              | 1,00     | 0,51             |
| 9 Kontaktflächendruck [bar]      | 0,4              | 2,5              | 2,00     | 0,84             |
| 10 Anzahl Überrollungen          | 1                | 6                | 0,70     | 0,82             |
| 11 Anteil der Überrollten Fläche | 0                | 100              | 0,176    | 0,058            |
| 12 Summe der Wichtungen          |                  |                  | 5,88     |                  |
| 13 Belastungssumme               |                  |                  |          | 3,40             |
| 14 Belastungskennwert gesamt     |                  |                  |          | 0,58             |

| Belastungskennwerte/Belastungsklassen | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| obere Grenze                          | 0,38 | 0,46 | 0,54 | 0,62 | 0,70 |
| untere Grenze                         | 0,30 | 0,38 | 0,46 | 0,54 | 0,62 |

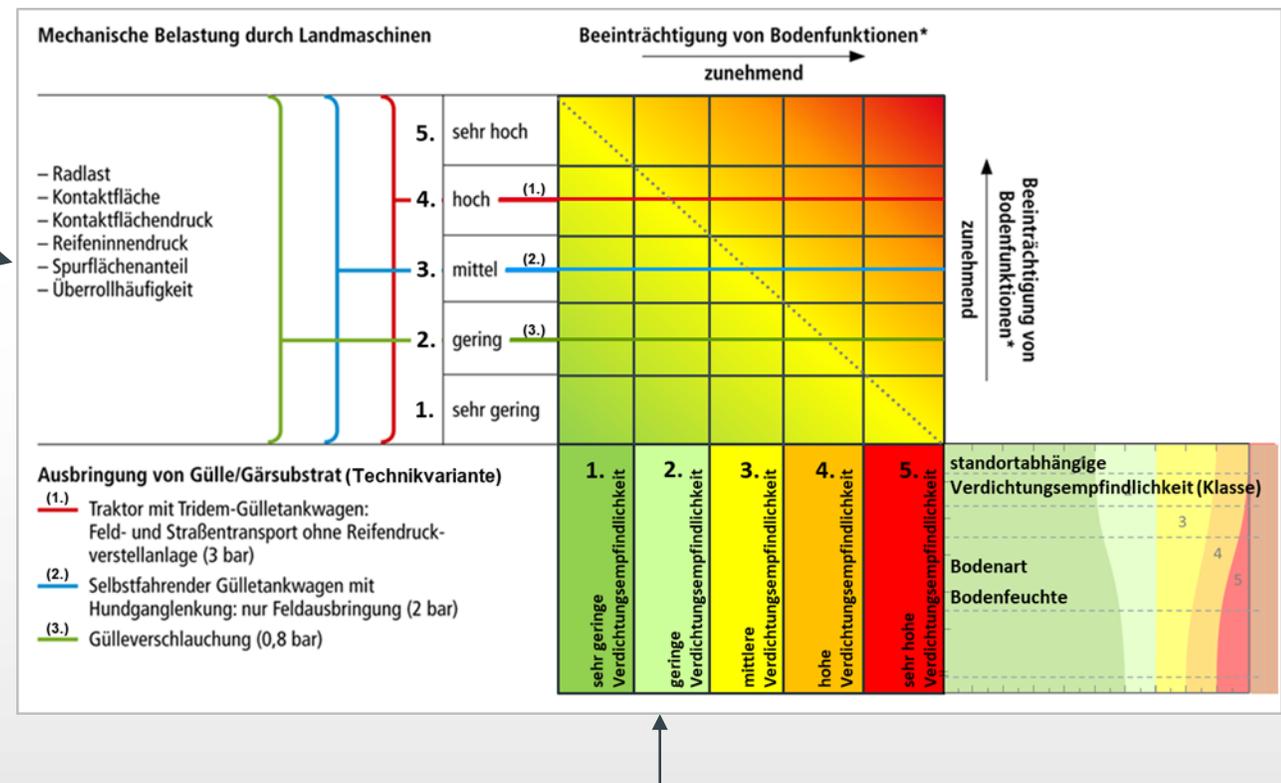
**mechanische Bodenbelastung**



**Verdichtungsempfindlichkeit**

Planung von standortbezogenen, bodenschonenden Feldbefahrungen und Verfahren, Investitionen in Technik und den Maschineneinsatz

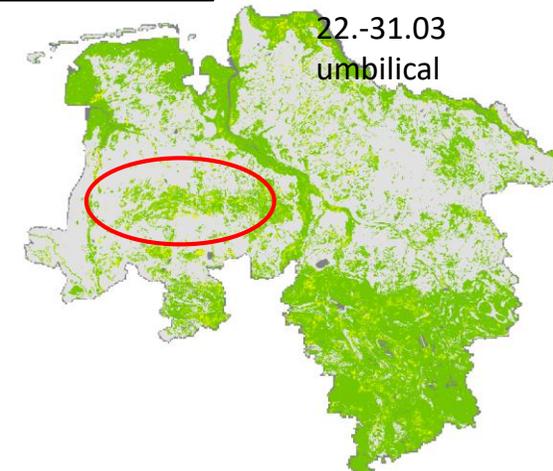
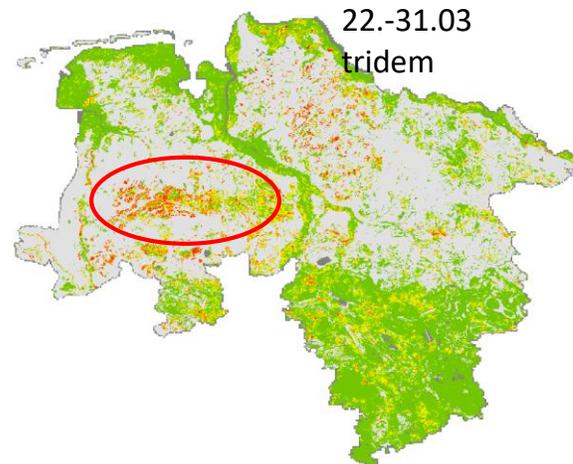
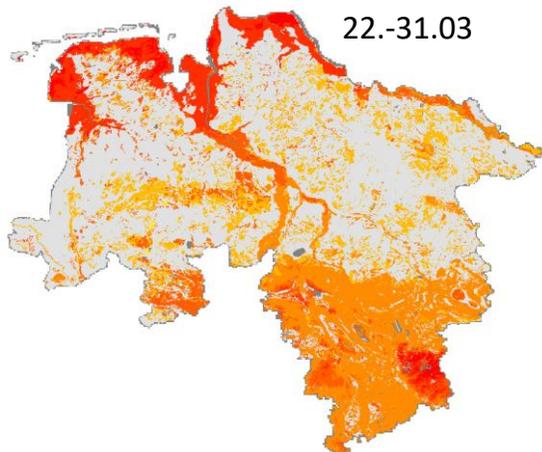
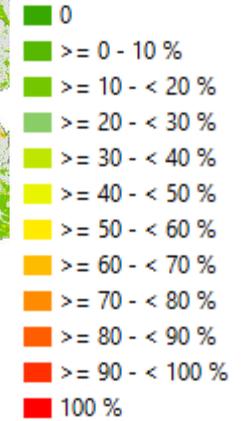
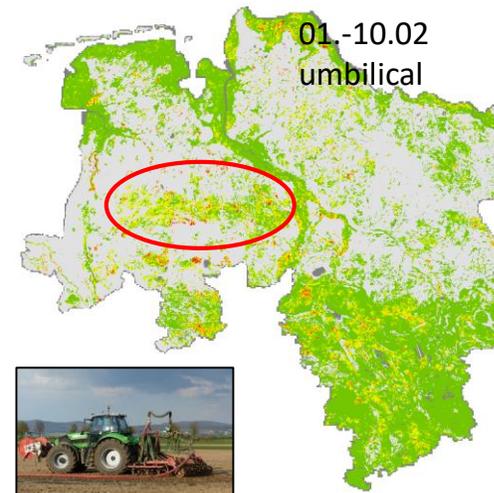
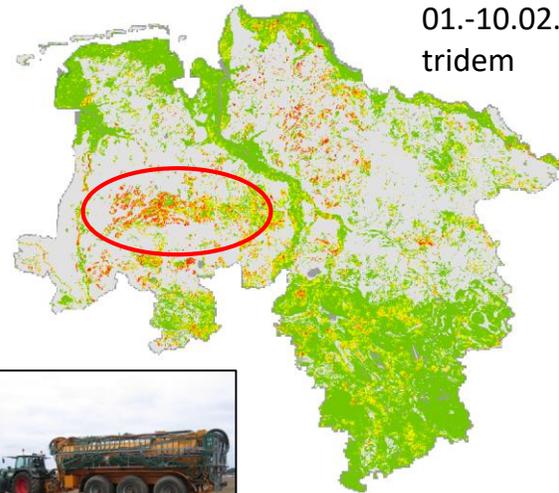
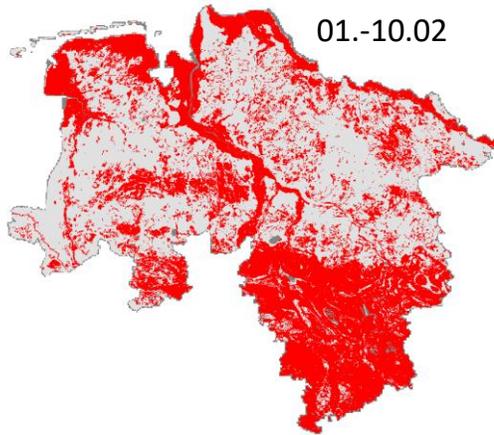
→ Ableitung von standort- und technikbezogenen Befahrbarkeitstagen



# Entscheidungsmatrix Befahrbarkeit

susceptibility „high to very high“

potential compaction risk „high to very high“



# Maßnahmen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerflächen



1. Planung
2. Anpassung der mechanischen Belastung an die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens
3. Optimierung der aktuellen Befahrung

# SOILAssist Sensor System (SASS):

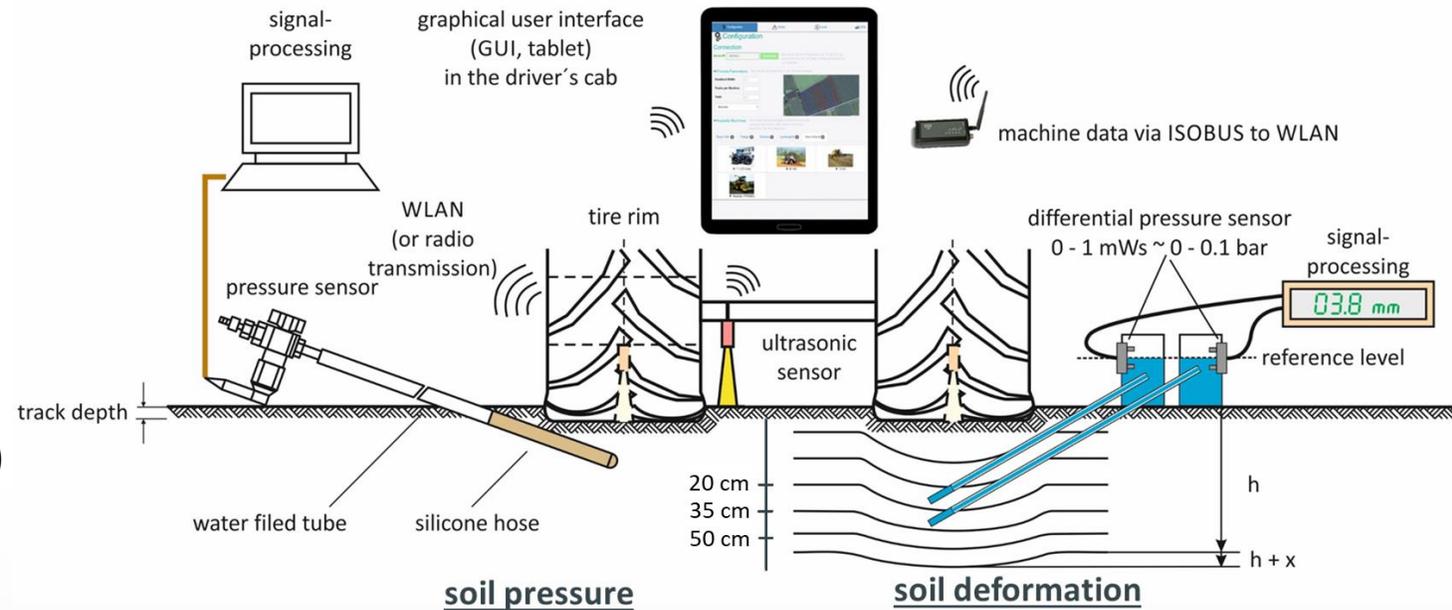
## Messgrößen:

- Reifeneinfederung
- Reifeninnendruck
- Spurtiefe
- RTK-GPS Position

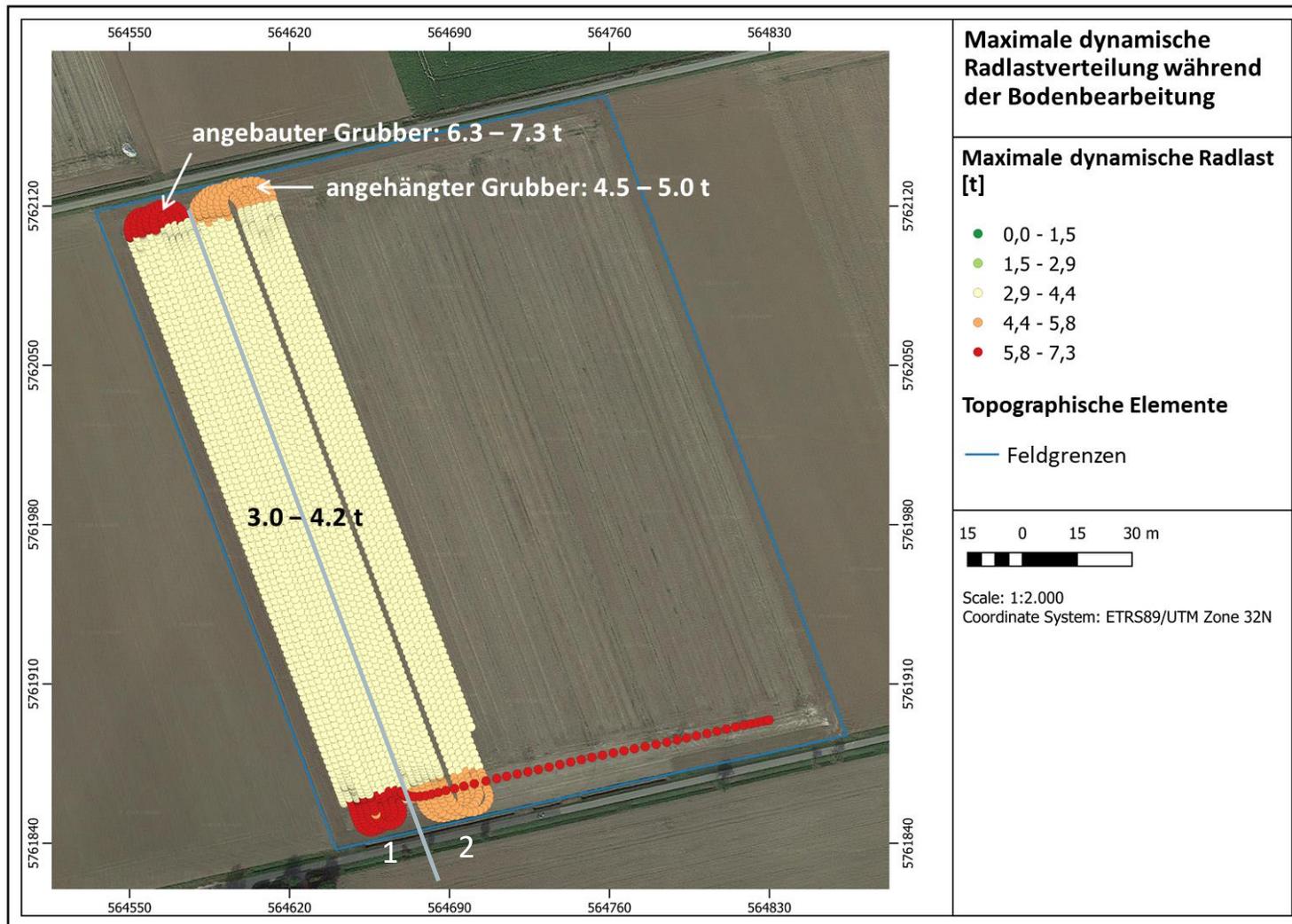
## Liefert Informationen zu:

- Radlasten, (Achslasten, Gesamtgewicht)
- Kontaktflächendruck
- Spurtiefe
- für jede Position im Feld
- in quasi-Echtzeit

→ überträgt die Informationen in Echtzeit an die zentrale Steuereinheit des **Assistenzsystems** (Tablet) in der Fahrerkabine

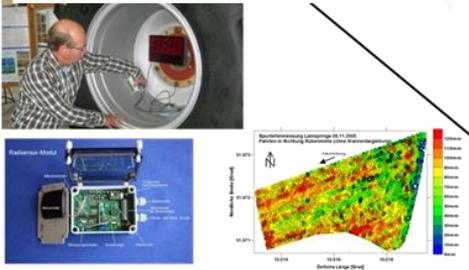


# SOILAssist Sensor System (SASS)



# On-board assistance system (OBAS)

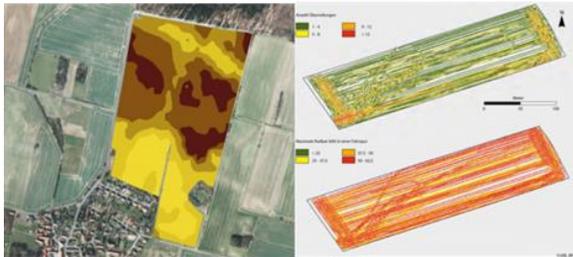
## SOILAssist Sensor System (SASS)



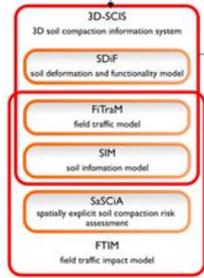
## machine data/specifications

| Searchstring | Hersteller  | Modell              | Motor              | PS  | Hubraum | Diesel | AdBlue | vorname   | Nutzen    | Merke     |           |
|--------------|-------------|---------------------|--------------------|-----|---------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Schaeffler   | Renett      | 828 vario           | DeutzTCD 6 L16     | 206 | 380     | 8098   | 500    | 50        | 800/70/18 | 30        | 720/70/18 |
|              | JOE         | Palma 4230          | AgriPower 620      | 217 | 8000    | 390    | 48     | 800/70/18 | 30        | 720/60/18 |           |
|              | Varta       | 7204                | AgriPower 620      | 217 | 8000    | 390    | 70     | 800/65/18 | 28        | 720/70/18 |           |
|              | Hubsch      | 175 270             | Hubsch 1800 D25    | 223 | 170     | 6028   | 390    | 38        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | John Deere  | 7200R               | 275 P16            | 206 | 378     | 8000   | 544    | 800/70/18 | 30        | 720/70/18 |           |
|              | John Deere  | 6210R               | PowerTech P55 6    | 138 | 213     | 6800   | 408    | 20        | 800/70/18 | 30        | 720/70/18 |
|              | Deutz Fahr  | 7201 TTV            | DeutzTCD 6 L16     | 174 | 206     | 8097   | 485    | 50        | 800/70/18 | 30        | 720/70/18 |
|              | Case IH     | Palma 4230          | PS5                | 217 | 144     | 5420   | 390    | 0         | 840/65/18 | 24        | 840/65/18 |
|              | New Holland | 78.900              | Case IH Palma 4230 | 217 | 144     | 5420   | 390    | 88        | 730/75/18 | 30        | 900/65/18 |
|              | Case IH     | 8000 Series         | PS5                | 217 | 178     | 6188   | 390    | 0         | 840/65/18 | 24        | 840/65/18 |
|              | Deutz Fahr  | 6204 TTV            | DeutzTCD 4 L14     | 133 | 154     | 4038   | 320    | 28        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | Wabco       | Perigo 1762 Dynam 4 | AgriPower 68.000   | 130 | 190     | 6600   | 300    | 30        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | Wabco       | Perigo 1762 Dynam 4 | AgriPower 68.000   | 130 | 190     | 6600   | 300    | 30        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | Wabco       | Perigo 1762 Dynam 4 | AgriPower 68.000   | 130 | 190     | 6600   | 300    | 30        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | Deutz Fahr  | 6204 TTV            | DeutzTCD 4 L14     | 133 | 157     | 6120   | 300    | 38        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | McCormick   | 130 20              | PowerTech 6204T    | 85  | 80      | 3400   | 380    | 70/18     | 24        | 480/70/18 |           |
|              | Renett      | 518 vario           | DeutzTCD 4 L14     | 133 | 200     | 4020   | 298    | 51        | 840/65/18 | 28        | 890/65/18 |
|              | John Deere  | 6210R               | PowerTech P55 6    | 138 | 212     | 6800   | 408    | 0         | 800/70/18 | 30        | 720/70/18 |

## spatial information



## Models



RTK-GPS



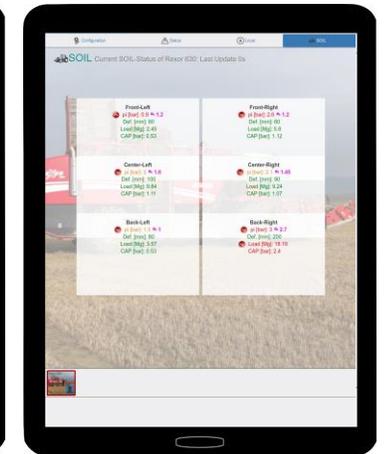
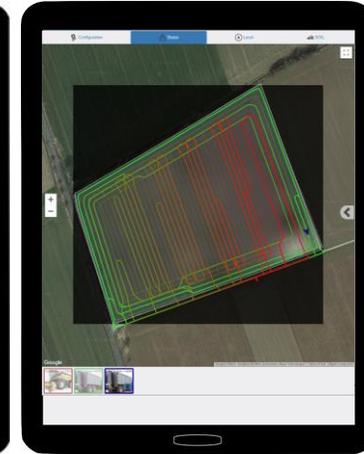
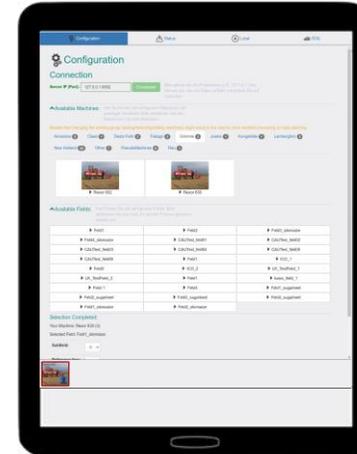
tyre pressure control system



Central Server



graphical user interface (GUI)



optimization of:

- machine parameters/specifications
- routes in the field
- rendezvous points of machineries

Center-Right

pi [bar]: 2.1 → 1.45  
Def. [mm]: 90  
Load [Mg]: 9.24  
CAP [bar]: 1.07

Recommended action:  
tyre pressure setpoint

Back-Right

pi [bar]: 3 → 2.7  
Def. [mm]: 200  
Load [Mg]: 18.19  
CAP [bar]: 2.4

Recommended action:  
increase/decrease

Color-code for good/  
warning/critical values

# Routenplanung - Befahrungsmanagement auf dem Feld

## Field geometries

(boundary, track reference line, access points, unloading points)

## Machines {static parameters}

(type, bunker capacity, max. speed, etc)

## Machines' current states

(location, bunker state, etc)

## Maps/grids

(soil-cost map, etc.)

## Planner settings

(headland width, optimization type, average yield mass [t/ha], etc.)

## AAS PLANNER

### Process field:

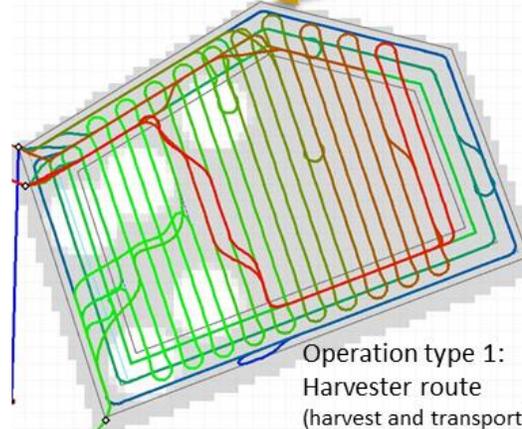
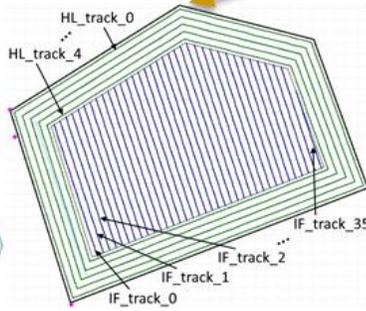
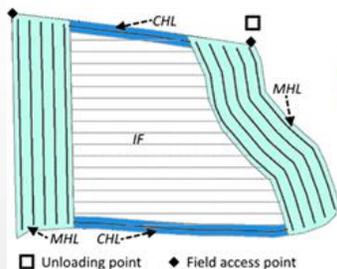
- (Surrounding) Headland generation
- Track generation (headland and inner field)

### Generation of routes:

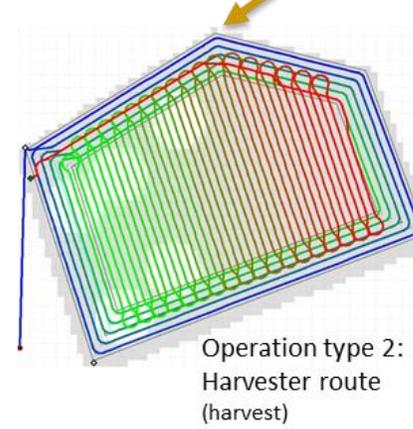
(for time or soil-impact optimization)

- Harvester
- Transport vehicles (if applicable)

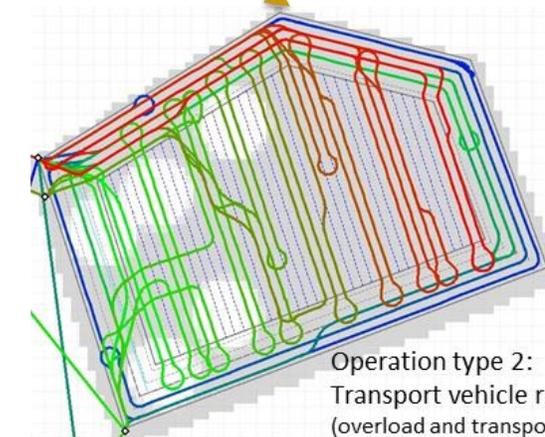
Routes for all machines



Operation type 1:  
Harvester route  
(harvest and transport)



Operation type 2:  
Harvester route  
(harvest)



Operation type 2:  
Transport vehicle route  
(overload and transport)

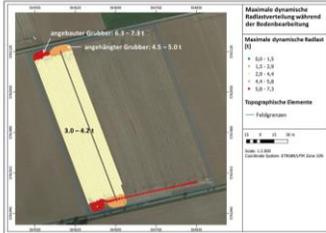
Focke Martínez et al. (2021)

# Empfehlungen

## 1. Bodenbearbeitung:

Die Ergebnisse des SOILAssist Sensor Systems zeigen eine geringere Bodenbelastung im Vorgewende mit angehängten Anbaugeräten im Vergleich zu angebauten Anbaugeräten

→ **Empfehlung: angehängte Anbaugeräte**



Bodenbearbeitung mit dem Grubber Amazone Cenius 3002-T, oben: angebaut, unten: angehängt.



## 2. Ausbringung von Gärresten im Frühjahr

Die Ergebnisse der Feldmessungen (Bodendruck, Deformation, Veränderung von Bodenparametern), der Modellierung und der Entscheidungsmatrix zeigen die geringsten Bodenbelastungen bei der Gülleverschlachtung.

→ **Empfehlung: Gülleverschlachtung im Frühjahr, insbesondere bei hoher Bodenfeuchte**



## 3. Silomaisernt:

Ergebnisse des SOILAssist Sensorsystems, Feldmessungen und des Routenplanungssystems zeigen eine reduzierte Bodenbelastung bei der Trennung von Feld- und Straßentransport und Anpassung des Reifeninnendrucks

→ **Empfehlung: Trennung von Feld- und Straßentransport**



## 4. Zuckerrübenerte:

Ergebnisse aus dem SOILAssist Sensorsystem, Feldmessungen, dem Routenplanungstool und den Modelle zeigen eine geringere Gesamtbodenbelastung des Feldes bei Anpassung der Bunkerfüllung an die Feldlänge.

→ **Empfehlung: Anpassung der Bunkerfüllung an die Feldlänge.**

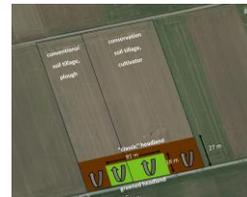


## 5. Maßnahme: Begrünung des Vorgewendes:

Verringerung der Bodenbelastung im Vorgewende, einem hot-spot der Bodenverdichtung

→ politische Beratung

→ mögliche künftige Fördermaßnahmen im Agrarsektor (Agrarumweltmaßnahme)



# Zusammenfassung

- Es kommt nicht nur auf die Maschinengröße an,
- auch die Technik und der Zeitpunkt ist ausschlaggebend...
- d.h. eine Vielzahl an Faktoren spielen eine Rolle und müssen berücksichtigt werden  
→ Betrachtung des Gesamtsystems bzw. Verfahrens
- Anpassung der Maschinen und Verfahren an die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens
- d.h.: Optimierung der einzelnen Maschine, Optimierung der gesamten Feldbefahrung
- Planungstools nutzen: Standortbezogene Planung von Investitionen, Maschinenauslastungen und Einsatzzeiten

# Zusammenfassung

Nutzung aller technischen Möglichkeiten, wie z.B.:

- Großvolumige Reifen (IF-/VF-Reifen), Zwillingsbereifung
- Anpassung des Reifeninndrucks, Reifendruckregelanlagen
- Vermeidung von schmalen Reifen, Transportbereifung und Straßenluftdrücken auf dem Acker
- Ggf. Reduzierung der Bunkerfüllung
- Vermeidung von random- traffic und unnötigen Befahrungen
- ...

# Zukünftig

- Weiterentwicklung der Reifen- und Fahrwerkstechnik für Bodenschutz, nicht zur Erhöhung der Gesamtlasten
- Präzise Maschinensteuerung per GPS, autonome Maschinen
- Digitalisierung, Sensorik, Robotik
- Monitoring und Optimierung von Arbeitsprozessen unter Bodenschutzaspekten
- Ökonomische Effekte eines verstärkten Bodenschutzes

Vielen Dank!



## BonaRes (A): SOILAssist

Contact:

Dr. Marco Lorenz

Thünen Institute of Agricultural Technology

Bundesallee 47

D-38116 Braunschweig

phone: +49 (0)531-596-4148

marco.lorenz@thuenen.de



# Anhang: Literaturquellen

- Augustin, K., Kuhwald, M., Brunotte, J., Duttmann, R. (2020): Wheel Load and Wheel Pass Frequency as Indicators for Soil Compaction Risk: A Four-Year Analysis of Traffic Intensity at Field Scale. *Geosciences*, 2020, 10(8), 292; <https://doi.org/10.3390/geosciences10080292>
- Augustin, K., Focke Martínez, S., Duttmann, R., Hertzberg, J., Kuhwald, M. (2022): Effects of varying field geometry and machine configurations on spatial field traffic intensity: a case study for winter wheat harvest. *Soil Use Manage.* 2023. 39:232–248. DOI: 10.1111/sum.12820.
- Brandhuber, R. (2005): Bodengefüge – Status und Veränderungen. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 57–60.
- Brunotte, J., Lorenz, M., Sommer, C., Harrach, T., Schäfer, W. (2008): Verbreitung von Bodenschadverdichtungen in Südniedersachsen. *Berichte über Landwirtschaft*, Band 86 (2), S. 262-284.
- Cramer, B., Botschek, J., Weyer, T. (2006): Untersuchung zur Bodenverdichtung nordrhein-westfälischer Böden. – *Bodenschutz* 3, S. 64–71.
- EUSO, (2023): <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/> (abgerufen am 23.02.2023)
- Focke Martínez, S., Wiemann, S., Hertzberg, J. (2021): Overview of a route-planning tool for capacitated field processes in arable farming. In: Referate der 41. GIL-Jahrestagung in Potsdam, 08.-09. März 2021: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus: Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Zeiten ISBN 978-3-88579-703-6. *Lecture Notes in Informatics (LNI)-Proceedings Volume 41*, 97-102; [https://gil-net.de/Publikationen/GIL2021\\_Gesamt\\_finalb.pdf](https://gil-net.de/Publikationen/GIL2021_Gesamt_finalb.pdf)
- Harrach, T., Pfeiffer, B., Heitzmann, S., Sauer, S. (2003): Langfristige nutzungsbedingte Bodendegradierung ackerbaulich genutzter Lössböden in Sachsen. Abschlussbericht der Justus-Liebig-Universität Gießen, 144 S.(2003)
- Isensee, E., Schwark, A. (2006): Langzeitwirkung von Bodenschonung und Bodenverdichtung auf Ackerböden. In: *Berichte über Landwirtschaft*, Bd. 84, Heft 1/2006, S. 17–48.
- Keller, T., Or, D. (2022): Farm vehicles approaching weights of sauropods exceed safe mechanical limits for soil functioning. *PNAS* 2022, Vol. 119, No. 21, e2117699119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117699119>
- Lebert, M., Brunotte, J., Sommer, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelung zur Gefahrenabwehr. UBA-Texte 46/04, Berlin.
- Lebert, M. (2010): Entwicklung eines Prüfkonzepes zur Erfassung der tatsächlichen Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. UBA-Texte, 51/10, ISSN 1862-4804, 96 S.
- Lorenz, M., Brunotte, J., Vorderbrügge, T., Brandhuber, R., Koch, H.-J., Senger, M., Fröba, N., Löpmeier, F.-J. (2016): Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit - Grundlagen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerland. *Landbauforschung Applied Agricultural and Forestry Research* 66(2),101-104, DOI:10.3220/LBF1473334823000.
- Schneider, F., Don, A. (2019): Root-restricting layers in German agricultural soils. Part I: extent and cause. *Plant Soil* (2019) 442:433–451. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04185-9>.
- TLL (2007): zitiert in: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#wie-stark-verdichtet-sind-die-boden-in-deutschland-tatsachlich> (abgerufen am 23.02.2023)
- UBA (2023): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#bodenverdichtung-ein-problem> (abgerufen am 23.02.2023)
- Weyer, T., Buchner, W. (2001): Bodenschadverdichtungen – Auswirkungen, Ursachen, Wirkungen und Lösungsansätze. In: *Fachtagung Bodenbewirtschaftung im Umbruch – ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet*. Universität GH Paderborn, FB Agrarwirtschaft, Soest

# Anhang: Begriffsdefinitionen

## Unterscheidung:

- Verdichtungsempfindlichkeit: Kennwert für die potentielle Empfindlichkeit des Bodens gegenüber zusätzlicher Verdichtung
- Verdichtungsgefährdung: bezieht die Belastung des Bodens durch Auflast mit ein
- Verdichtung: über den aktuellen Zustand hinaus gehende reale Verdichtung (Änderung von Bodenparametern)
- Schadverdichtung: Verdichtung des Bodens, die zu negativen Auswirkungen auf Bodenwasserhaushalt, Pflanzenwachstum und Bodenleben und damit auf wesentliche Bodenfunktionen führt



# Anhang: Begriffsdefinitionen

## Unterscheidung:

- Verdichtungsempfindlichkeit: Kennwert für die Empfindlichkeit des Bodens für Verdichtungsmaßnahmen
- Verdichtungsgefährdung: bezieht sich auf die Gefahr, dass durch Verdichtungsmaßnahmen die Bodenwasserhaltefähigkeit und die Bodenfruchtbarkeit durch eine Verdichtung des Bodens (Änderung von Bodenphysikalischen Eigenschaften) beeinträchtigt werden
- Verdichtung: über den aktuellen Zustand des Bodens (Änderung von Bodenphysikalischen Eigenschaften)
- Schadverdichtung: Verdichtung des Bodens, die zu einer Beeinträchtigung der Bodenwasserhaltefähigkeit und der Bodenfruchtbarkeit führt

| Kriterien                     | Parameter                      | Schadensschwelle                    | Quellen   |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| Durchlüftung                  | Luftkapazität                  | Krume: 8 Vol%<br>Unterboden: 5 Vol% | Flühler (1973),<br>Blume (1968),<br>Dumbeck (1986),<br>Werner und Paul (1999) |
| Leitfähigkeit                 | gesättigte Wasserleitfähigkeit | 10 cm/d                             | DVWK (1999),<br>Blume (1968),<br>Zakosek (1960),<br>Werner und Paul (1999)    |
| morphologische Beschaffenheit | effektive Lagerungsdichte      | Stufen 4 und 5                      | AG-Boden (1994)   |
|                               | Packungsdichte                 | Stufen 4 und 5                      | DIN 19682-10 (1998)   |
|                               | Spatendiagnose                 | Stufen 4 und 5                      | Diez und Weigelt (1997)   |

Lebert et al. (2004)



# Boden des Jahres

|      |                 |
|------|-----------------|
| 2005 | Schwarzerde     |
| 2006 | Fahlerde        |
| 2007 | Podsol          |
| 2008 | Braunerde       |
| 2009 | Kalkmarsch      |
| 2010 | Stadtböden      |
| 2011 | Vega            |
| 2012 | Niedermoor      |
| 2013 | Plaggenesch     |
| 2014 | Weinbergsböden  |
| 2015 | Stauwasserboden |

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| 2016        | Grundwasserboden       |
| 2017        | Gartenboden            |
| 2018        | Alpiner Felshumusboden |
| 2019        | Kippenboden            |
| 2020        | Watt                   |
| 2021        | Lössboden              |
| 2022        | Pelosol                |
| <u>2023</u> | <u>Ackerboden</u>      |

→ Durch die Aktion soll die Bedeutung des Bodens und seine Schutzwürdigkeit vermittelt werden

<https://boden-des-jahres.de/>



**BODEN DES JAHRES**  
Ackerboden

2023

Ackerböden gibt es viele und überall – und doch sind sie besonders und wertvoll. Sie verdienen deshalb unsere Aufmerksamkeit und mehr Schutz!

**BODENSCHUTZ GEHT ALLE AN!**

Schirmerschaft 2023: „Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie – BonaRes“, eine Förderinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Eine Gemeinschaftsaktion des BonaRes-Zentrums für Bodenforschung, des Kuratoriums Boden des Jahres (Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Bundesverband Boden, Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling) und des Umweltbundesamtes. [www.boden-des-jahres.de](http://www.boden-des-jahres.de)