

## Terranimo® - Welches Risiko der Bodenverdichtung besteht bei der Gülleausbringung?

Die Forschungsanstalt Agroscope und die Fachhochschule HAFL aus der Schweiz haben zusammen mit der Universität Aarhus aus Dänemark dankenswerterweise ein für die Landwirtschaft sehr nützliches Tool entwickelt. Unter der Adresse [www.terranimoch.ch](http://www.terranimoch.ch) ist ein kostenlos zugängliches Simulationsmodell verfügbar, mit dem das Risiko von Bodenverdichtungen beim Einsatz landwirtschaftlicher Fahrzeuge berechnet werden kann. Alle nachfolgenden Abbildungen entstammen dieser Website.

Berner Fachhochschule  
Hochschule für Agrar-, Forst- und  
Lebensmittelwissenschaften HAFL

Offiziell genehmigte Anwendung der beiden Bundesämter für Landwirtschaft und für Umwelt

→ *expert*    → *light*    **terranimoch.ch**

Anmelden | Registrieren    D | F | E

### Willkommen bei **Terranimo®**

**Terranimo®** ist ein Simulationsmodell für die Berechnung des Bodenverdichtungsrisikos beim Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen.

Es sind zwei Versionen verfügbar:

- **Terranimo® light**  
für die einfache und schnelle Risikoeinschätzung von Standardsituationen.
- **Terranimo® expert**  
für die umfassende Analyse des Verdichtungsrisikos bei spezifischen Bedingungen.

Abb.1: Startseite von [www.terranimoch.ch](http://www.terranimoch.ch)

### Auswahl der verwendeten Maschine

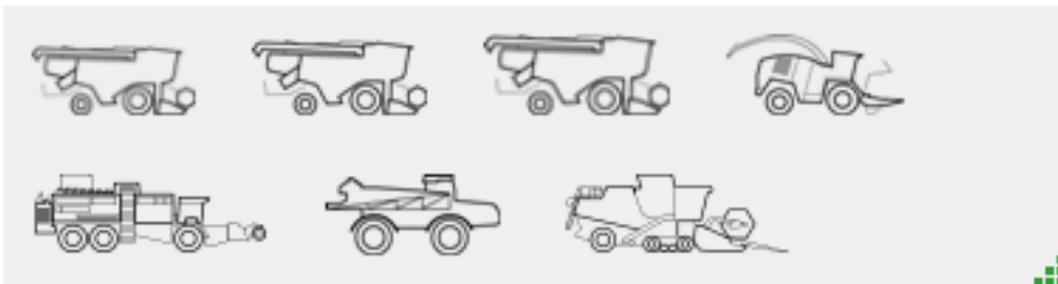
Nach dem Anklicken von z.B. „Terranimo@expert“ wählen Sie z.B. die Größe Ihres Traktors und einem Gerät, hier beispielhaft ein Güllefass.

## – 1. Maschine wählen ?

### Traktoren



### Selbstfahrende Geräte



### Anhänger



Abb.2: Auswahlmöglichkeiten für Traktore, selbstfahrende Geräte und Anhänger bzw. Anbaugeräte

### Bereifung auswählen

Die ausgewählten Maschinen sind standardmäßig mit üblichen Reifen-Dimensionen ausgestattet, z.B. Hinterrad für einen „normalen Traktor“ 600/65R38.

Um die passenden Werte für Ihre Bereifung zu erhalten, wählen Sie diese aus.

## — 2. Rad konfigurieren

Wählen Sie die passenden Parameter für das aktuelle Rad.

einseitig ändern

Standard Reifen

beidseitig ändern

Reifen-Assistent

Reifenkategorie

Anhängerreifen ▼

Hersteller

Trelleborg (Pirelli) ▼

Reifenbezeichnung

T421 ▼

Dimension (Lastindex)

600/55-26.5 (166) ▼

Datenblatt drucken

Abb.3: Beispielsbereifung für den Traktor-Hinterreifen

## Berücksichtigung der Lastübertragung

Im angeführten Beispiel wiegt das volle Güllefass mit Tandemachse 17000 kg, der Traktor ohne Güllefass 5200 kg (davon 3200 kg auf der Hinterachse, 2000 kg auf der Vorderachse). Diese Gewichte können Sie an die Bedingungen auf Ihrem Betrieb anpassen.

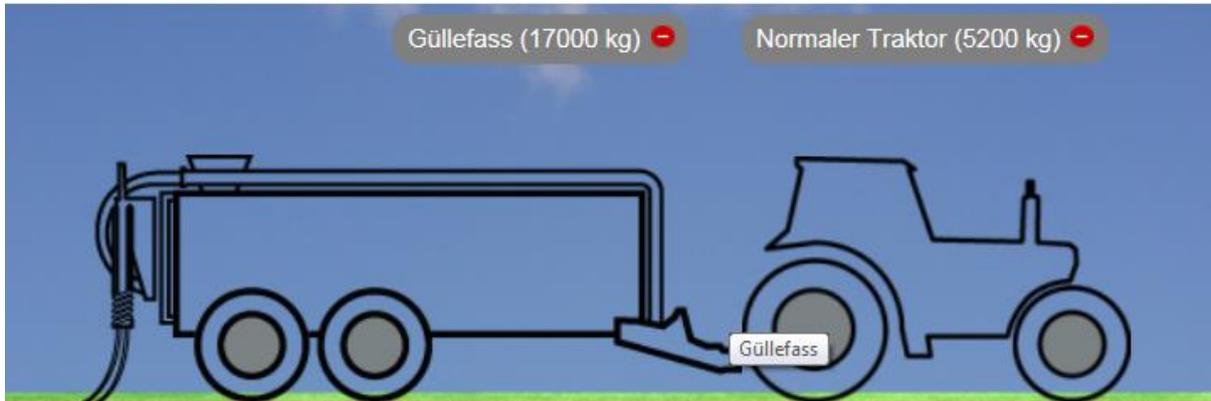


Abb.4: Gewichte ohne Berücksichtigung der Lastübertragung

Durch das Anhängen des Gülleffasses an den Traktor wird aber Gewicht vom Güllefass auf den Traktor übertragen. Für eine korrekte Betrachtung müssen Sie daher die Lastübertragung berücksichtigen.

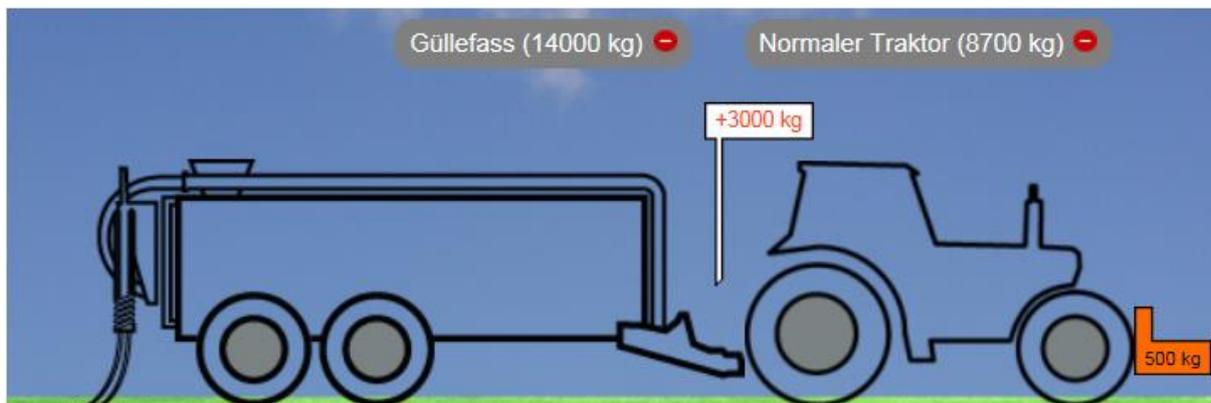


Abb.5: Gewichte mit Berücksichtigung der Lastübertragung

Wählen Sie den entsprechenden Auswahlbutton:

**Berechnung der Lastübertragung**

Dadurch wird Folgendes berücksichtigt (unter der Annahme von Standard-Achsabständen, individuelle Veränderung der Achslasten möglich):

- Vom vollen Güllefass werden 3000 kg auf die Traktor-Hinterachse übertragen, die beiden Achsen des Güllefasses müssen daher 14.000 kg tragen (Achtung: Achslasten über 5000 kg beinhalten grundsätzlich das Risiko von Verdichtungen).
- Dadurch wird die Traktor-Vorderachse um 1000 kg entlastet. Um die Lenkfähigkeit und Zugkraft der Vorderräder zu erhalten, wird der Traktor vorne zusätzlich ballastiert, sodass die Vorderachse bei angehängtem vollem Güllefass mit 1500 kg belastet ist.
- Die Hinterachse des Traktors wird daher gesamt mit  $3200+4000=7200$  kg belastet. (Achtung: Überprüfen Sie in Ihren Fahrzeugpapieren, ob die Hinterachse für diese Belastung zugelassen ist!)
- Der Traktor wiegt gesamt nun 1500 kg (Vorderachse) + 7200 kg (Hinterachse) = 8700 kg.

## Zwillingsbereifung des Traktors

Das Programm schlägt aus Gründen der Vereinfachung für den Traktor eine Zwillingsbereifung in der gleichen Dimension wie die Originalbereifung vor (z.B: zweimal 600/65R38 auf der Hinterachse, zweimal 480/65R28 auf der Vorderachse) – Achtung: Beachten Sie die maximale Gesamtbreite bei Straßenfahrten! Wenn Sie eine Zwillingsbereifung verwenden, setzen Sie die tatsächlich verwendeten Reifendimensionen ein!

Dadurch verteilt sich die Belastung der Hinterachse von 7200 kg auf 4 Reifen, jeder Reifen muss nur 1800 kg tragen. Dies ist mit einem Fülldruck von z.B. 0,4 bar bis 10 km/h, mit einem Fülldruck von 0,6 bar bis 65 km/h möglich.

Grundsätzlich gilt, dass Sie umso weniger Fülldruck benötigen, je langsamer sie fahren. Beim Ausbringen der Gülle am Feld reicht für die Tragfähigkeit oft ein geringerer Druck als beim Fahren auf der Straße.

Überprüfen Sie, ob die maximal zulässige Fahrgeschwindigkeit nicht durch andere Regelungen (z.B. Gesamtbreite) ohnehin schon auf z.B. 25 km/h begrenzt ist. Wenn Sie nicht schneller fahren, können Sie den Reifenfülldruck für die Straßenfahrt auf die Geschwindigkeit 30 km/h einstellen. Diese Einstellung wird auch von vielen Herstellern für die Übertragung von hohen Zugkräften im Feld empfohlen.

Um die Auswirkungen von unterschiedlichen Reifendrücken auf den Boden deutlich zu machen, werden in diesem Artikel weiter die Einstellungen bei 10 km/h und bis 50km/h behandelt. Achtung: Die in den Tabellen der Reifenhersteller angeführten notwendigen Luftdrücke beziehen sich v.a. auf die Tragfähigkeit. Beachten Sie auch die Angaben für die Übertragung von hohen Zugkräften!

Die Vorderreifen benötigen ebenfalls nur einen Fülldruck von 0,4 bar bei 10 km/h bzw. 0,6 bar bei 50 km/h

Die 14000 kg auf den beiden Achsen des Güllefasses verteilen sich auf 4 Räder (z.B. der Dimension 600/55-26,5). Lt. Herstellerangaben wird ein Luftdruck von 0,9 bar für 10 km/h und 1,5 bar für Geschwindigkeiten bis 50 km/h benötigt.



Abb.6: Lastverteilung mit Zwillingsbereifung des Traktors

## Einfachbereifung des Traktors

Durch das Anklicken des Minus-Symbols neben jedem Traktorreifen kann die Zwillingsbereifung entfernt werden.

Die relativ geringe Belastung der Vorderachse ermöglicht auch bei Einfachbereifung den Fülldruck der Vorderräder mit 0,6 bar bei Fahrgeschwindigkeiten bis 65 km/h zu belassen.

Bei den Hinterrädern wird das entsprechende Feld aber nun gelb hinterlegt, dies deutet auf einen zu geringen Fülldruck hin. Das Programm empfiehlt nun den optimalen Druck.

Demnach müsste der Fülldruck für die Fahrt bis 10 km/h auf mind. 0,9 bar erhöht werden, für die Fahrt bis 50 km/h auf mind. 1,4 bar.

Dies deutet auf die Möglichkeiten hin, durch eine Vergrößerung der Bereifung (Zwillingsbereifung, Breitreifen etc.) den notwendigen Reifenfülldruck zu senken. Wenn mit der entsprechenden Bereifung der notwendige Fülldruck für die Straßenfahrt nicht höher ist, als für den Feldeinsatz, kann mit dem niedrigen Reifendruck unter beiden Bedingungen gefahren werden.

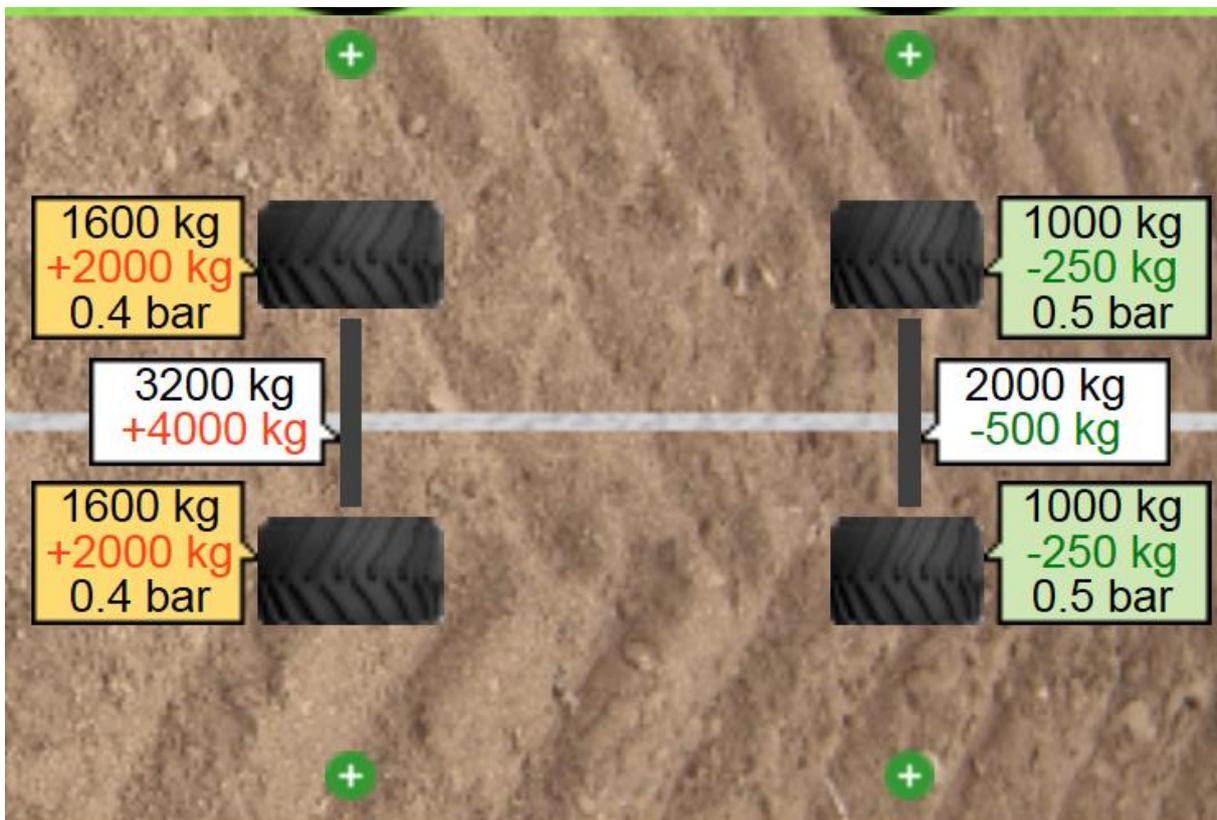


Abb.7: Lastverteilung mit Einfachbereifung des Traktors

### Unterschiedlicher Fülldruck: Feldfahrt-Straßenfahrt

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Drücke auf den Boden deutlich zu machen, wurden nun auf der linken Seite (in Fahrtrichtung) alle Reifen mit den empfohlenen Reifeninnendrücken für 10 km/h und auf der rechten Seite alle Reifen mit dem Fülldruck für 50 km/h eingestellt – sowohl beim Traktor, als auch beim Güllefass.

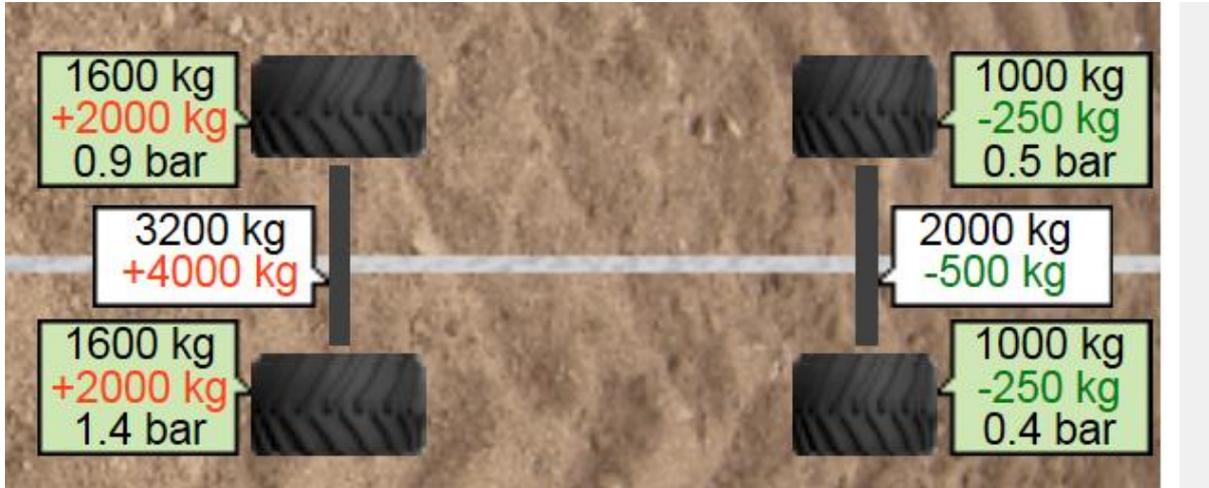


Abb.8: Lastverteilung des Traktors

Obere Zeile (in Fahrtrichtung links): minimaler Reifenfülldruck für 10 km/h

Untere Zeile (in Fahrtrichtung rechts): minimaler Reifenfülldruck für 50 km/h

Die Felder für die Reifen des Güllefasses werden bei dem Druck für 50km/h nun rot hinterlegt angezeigt. Dadurch wird signalisiert, dass, entgegen den Empfehlungen des Reifenherstellers, ein für die Feldarbeit unnötig hoher Reifeninnendruck eingestellt ist.

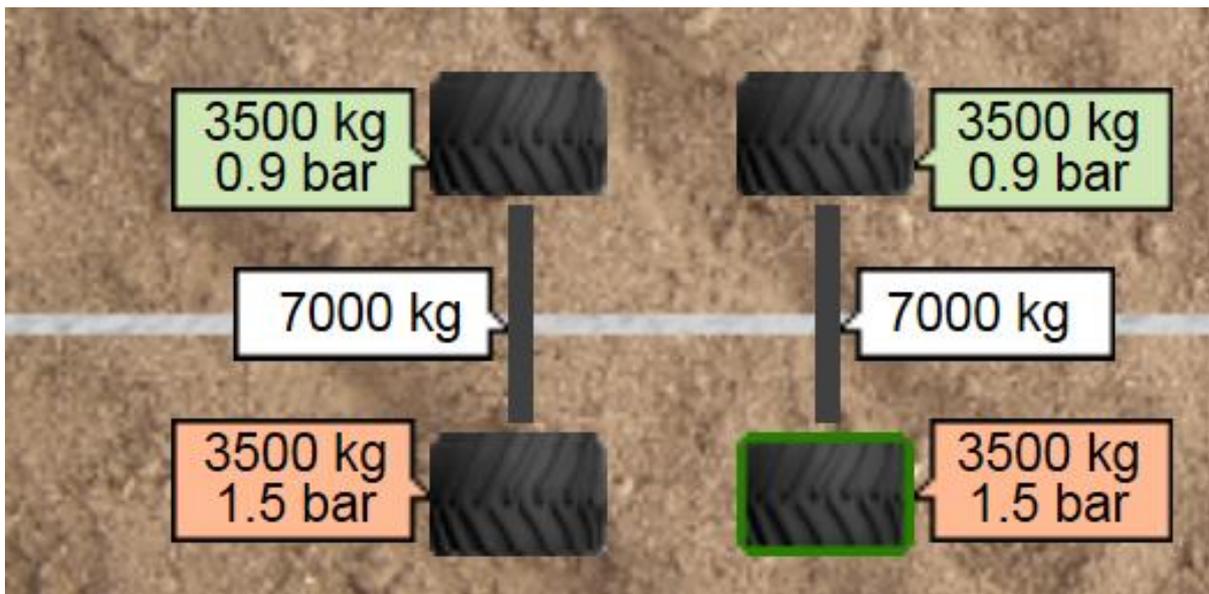


Abb.9: Lastverteilung des Tandem-Güllefasses

Obere Zeile (in Fahrtrichtung links): minimaler Reifenfülldruck für 10 km/h

Untere Zeile (in Fahrtrichtung rechts): minimaler Reifenfülldruck für 50 km/h

Wir wollen nun sehen, welche Auswirkungen die unterschiedlichen Drücke auf den Boden haben. Da sich die Bilanzen natürlich ebenso von den Bodenverhältnissen abhängen, können diese in den nächsten Programmschritten adjustiert werden.

## Bodeneigenschaften

Auf der folgenden Eingabeseite können die Daten des befahrenen Bodens eingegeben werden. Es sind auch mehrere Standardböden hinterlegt, aus denen der passende Bodentyp ausgewählt werden kann. Die Reaktion von z.B. tiefgründigen Braunerdeböden auf das Befahren wird in vielen Gebieten ähnlich sein.

### CH6

Bodentyp:	Braunerde, Parabraunerde, Regosol
Abtrocknung:	normal
Ausgangsmaterial:	Moräne oder Molasse
Landschaftstyp:	welliges Hügelland
Gründigkeit:	tiefgründig
Typische Gebiete:	Mittelland, Zentralschweiz

Horizont	unterer Rand [cm]	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Organische Substanz [%]	Lagerungsdichte [g/cm <sup>3</sup> ]
Ah	30	16	25	59	2.5	1.39
B	60	16	25	59	0	1.42
Bt(g)	100	20	25	55	0	1.42
BCg	150	15	25	60	0	1.42

Abb.10: Auswahl des Bodentyps

Informationen zu Ihren Böden können Sie unter [www.bodenkarte.at](http://www.bodenkarte.at) abfragen. Zur Verwendung der digitalen Bodenkarte ist im Mitteilungsblatt der Bgld. Landwirtschaftskammer ein eigener Artikel erschienen, den Sie unter [www.bgld.lko.at](http://www.bgld.lko.at) (Grundwasserschutz, Bodeninformationen) „10-04-01 Wie finde ich Daten in der digitalen Bodenkarte.pdf“ <https://bgld.lko.at/bodeninformationen+2500+2405135> abrufen können.

Wenn Sie sehr unterschiedliche Böden befahren, können Sie auch die Standardeinstellung belassen und damit vergleichen, wie sich z.B. der Bodendruck durch Anpassung des Reifeninnendruckes, verändert. Grundsätzlich kann auf allen Böden der Kontaktflächendruck durch Absenkung des Fülldruckes verringert werden.

### **Bodenfeuchtigkeit**

Weiters können Sie die aktuelle Bodenfeuchtigkeit beim Befahren einstellen. Dadurch kann z.B. deutlich werden, dass bei nassen Bedingungen auch die beste Zwillingsbereifung mit abgesenktem Reifendruck nicht ausreichen kann, um Verdichtungen zu vermeiden.

Standardmäßig ist „feucht“ eingestellt. Dieser Wassergehalt ermöglicht z.B. eine gute Bodenbearbeitung. Dies ist auch bildlich mit einem Erdbrocken dargestellt, der sich in der Hand gut zerdrücken lässt



Abb. 11: Kennbild für Bodenfeuchtigkeitsklasse „feucht“: Brocken lassen sich in der Hand zerdrücken

.

## Kontaktdruck

Die folgende Grafik zeigt die Resultate des beschriebenen Beispiels.

Der Kontaktdruck ist unter der Seite mit dem für 50 km/h angepassten Reifen-Fülldruck (vordere Reihe) deutlich höher, als unter der Seite mit dem für 10 km/h angepassten Reifen-Fülldruck (hintere Reihe).

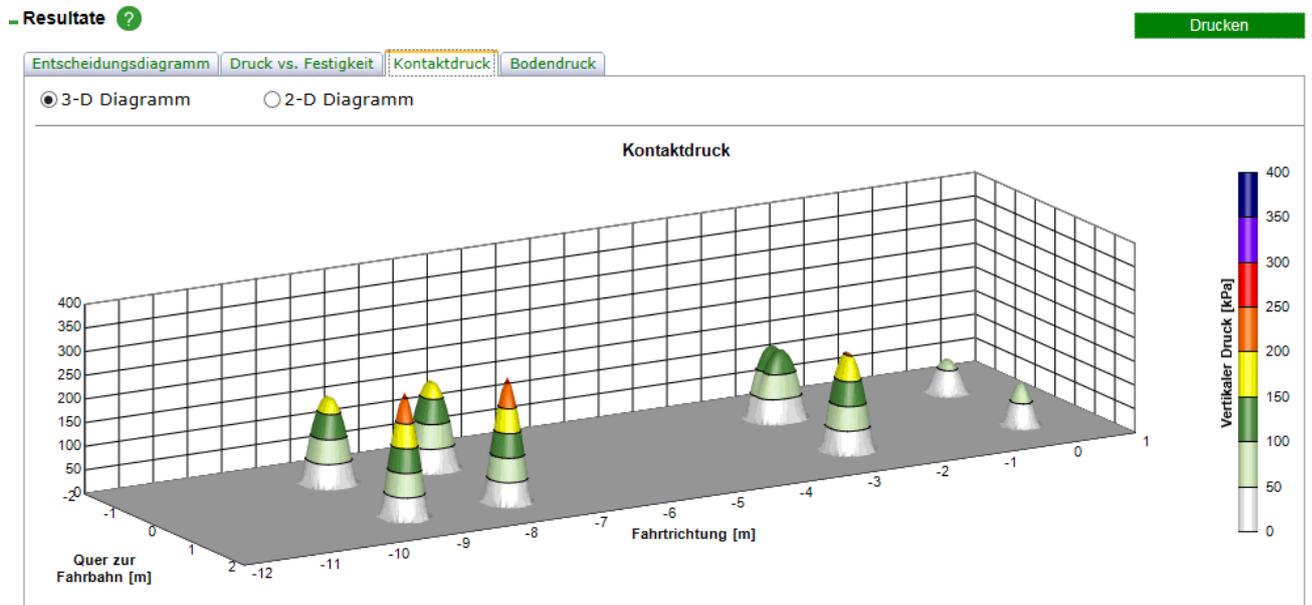


Abb.12: Kontaktdruck unter den Achsen des vollen Güllefasses und des Traktors (von links nach rechts) bei unterschiedlichem Reifenfülldruck

Hintere Reihe (in Fahrtrichtung links): minimaler Druck für die Feldfahrt (10 km/h)

Vordere Reihe (in Fahrtrichtung rechts): minimaler Druck für die Straßenfahrt (bis 50 km/h)

### Druck versus Festigkeit

Diese Grafik zeigt den Bodendruck in unterschiedlichen Bodentiefen (z.B. 0.2m = 20cm). Im grün gekennzeichneten Bereich ist keine Verdichtung zu erwarten. Im roten Bereich muss mit Verdichtungen gerechnet werden.

In 20 cm Bodentiefe verursachen nur die gering belasteten Vorderräder keine Verdichtungen.

Der Traktor-Hinterreifen mit abgesenktem Luftdruck (10 km/h) liegt im gelben Bereich, derjenige mit vollem Luftdruck (50 km/h) in der roten Zone.

Die beiden druckreduzierten Reifen des Güllefasses (10 km/h) liegen an der Grenze zwischen Gelb und Rot, die beiden voll aufgepumpten Reifen des Güllefasses (50 km/h) in Rot.

Wenn Sie z.B. im Frühjahr vor dem Maisanbau Gülle ausbringen, besteht auch bei günstiger Bodenfeuchte hohes Risiko, dass Sie dabei ohne Reifendruckanpassung in z.B. 20 cm Tiefe Verdichtungen verursachen, die das folgende Maiswachstum beeinträchtigen.

Eine Lockerung tiefer als 20cm ist aber nach der Gülleausbringung im Frühjahr und vor dem Maisanbau nicht empfehlenswert, da dadurch der kapillare Anschluss an den Unterboden verloren geht.

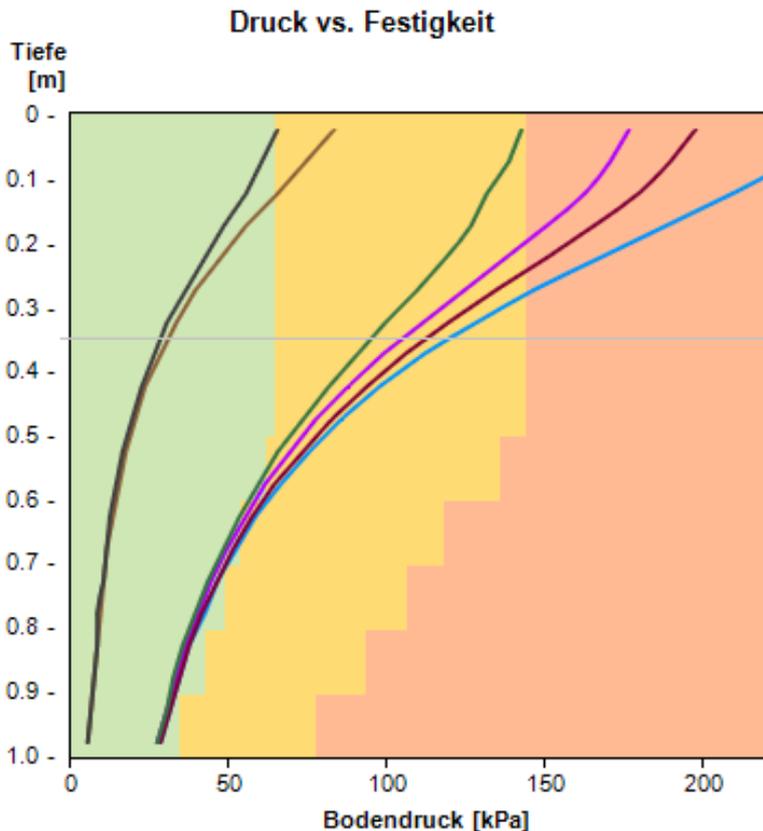


Abb.13:

Bodendruck in unterschiedlichen Bodentiefen

Von links nach rechts:

Traktor-Vorderrad (10km/h)

Traktor-Vorderrad (50 km/h)

Traktor-Hinterrad (10 km/h)

Güllefass (10 km/h)

Traktor-Hinterrad (50 km/h)

Güllefass (50 km/h)

Wenn Sie schon bei der Feldfahrt den Reifendruck auf das Minimum absenken und das Verdichtungsrisiko weiter reduzieren wollen, könnten Sie versuchen, die Radlast zu reduzieren. Beim Güllefass erfolgt dies ohnehin während der Ausbringung. Wenn ein Feld an einem Ende mehr verdichtungsgefährdet ist (z.B. Bachnähe) und an beiden Enden eine Zufahrtmöglichkeit besteht, könnte mit dem vollen Fass immer an der unproblematischen Seite begonnen werden, um mit weniger Gewicht im problematischeren Bereich fahren zu müssen.

Bei nassen Bedingungen und vollem Güllefass kann auch die Reifendruckabsenkung Verdichtungen nicht verhindern. Falls eine Ausbringung zu diesem Zeitpunkt notwendig ist, könnte bei passenden Schlagformen überlegt werden, die Gülle mit einem Zubringerfass zum Feldrand zu fahren und dort in kleinen Portionen in das Ausbringfass zu saugen.

Bei allen zukünftigen Kaufentscheidungen von Traktoren oder Güllefüßern etc. sollten Sie auf eine möglichst bodenschonende Bereifung (z.B. Breitreifen, Möglichkeit zur Montage von Zwillingsrädern etc.) achten.

## Zusammenfassung

Unter der Internetadresse [www.terranimoch](http://www.terranimoch) können Sie kostenlos das Risiko der Bodenverdichtung beim Befahren Ihrer Flächen abschätzen. In diesem Artikel wurden zum Beispiel die Möglichkeiten bei der Gülleausbringung dargestellt. Sie können dies auch für alle anderen Tätigkeiten durchführen, z.B.

- Pflanzenschutzmittelausbringung
- Düngung
- Mähdrusch (mit Rädern bzw. Raupenfahrwerk)
- Zuckerrüben-Ernte etc.

Allgemein kann gesagt werden:

- Befahren Sie nach Möglichkeit Ihre Felder nur bei passenden Bodenbedingungen!
- Reduzieren Sie die Achslasten so weit wie möglich!
- Verteilen Sie die Last auf möglichst viele, möglichst große Räder!
- Senken Sie den Reifenfülldruck bei der Feldfahrt auf das empfohlene Minimum ab!

Artikel zur Reifendruckanpassung bzw. zu möglichen Investitionsförderungen für Reifendruckregelanlagen können Sie nachlesen unter [www.bgld.lko.at](http://www.bgld.lko.at) (Grundwasserschutz/ Bodenschutz-Landtechnik) <https://bgld.lko.at/bodenschutz-landtechnik+2500+2405134>

2016-08-11 Reifendruckanpassung in der Praxis.pdf

2015-12-14 Förderung für die Nachrüstung von Reifendruckregelanlagen.pdf

2011-11-23 Ergänzung zum Artikel Wieviel Druck brauche ich in den Traktorreifen.pdf

2011-09-15 Wie viel Druck brauche ich in den Traktorreifen.pdf

2011-09-15 Schlupfkontrolle.pdf

Welche Erfahrungen haben Sie bei der Vermeidung von Bodenverdichtungen gemacht?

Rufen Sie mich an! Tel. 02682/702/606

Willi Peszt