

Reifen – Fahrwerk – Boden

Gliederung

Themenpunkt

1. Anforderungen an die Reifen
2. Reifenbezeichnungen
3. Aufbau
4. Bodenschutz
5. Traktion
6. Voreilung
7. Bandlaufwerke
8. Systeme zur Reifendruckregulierung
9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung

1.1 Maximale Kraftübertragung auf den Boden



- Lanz Bulldog D7506/3 mit 25 PS, Baujahr 1939
- Damals Traktor in der oberen Leistungsklasse
- Im Vergleich zu heute wenig Leistung
→ Eher geringe Anforderungen an die Reifen

- John Deere 9R 640, 691 PS
- Begrenzender Faktor ist nicht die Leistung, sondern diese auf den Boden zu übertragen
- Nur möglich durch Zwillingsbereifung oder Kettenlaufwerk

1.2 Hohe Tragfähigkeit

- Reifen müssen sehr hohen Gewichten standhalten – Anforderung Tragfähigkeit
- Trotzdem steht die Bodenschonung im Vordergrund
- Wird erreicht durch
 - Große Aufstandsfläche des Reifens
 - Gleichmäßige Gewichtsverteilung auf der gesamten Aufstandsfläche
- Gleichmäßige Gewichtsverteilung auf das Zugfahrzeug



1.2 Hohe Tragfähigkeit



Gesamtgewicht beladen von 60t
Etwa 10t Last pro Reifen
(vredo, 2020)



Gesamtgewicht 19t
Etwa 12,5t auf der Vorderachse
→6,2t pro Rad
(claas, 2010)

1.3 Hohe Fahrgeschwindigkeiten



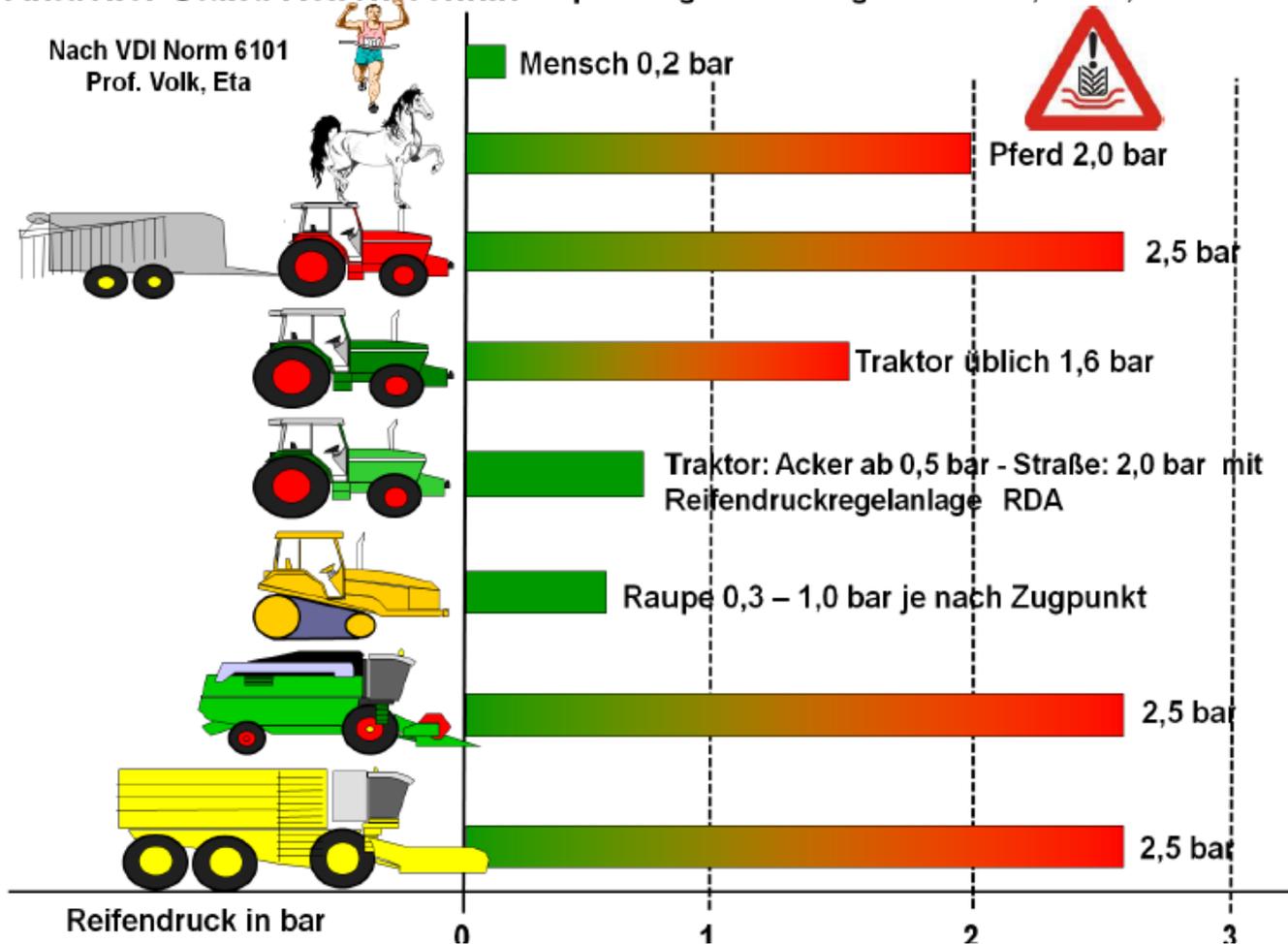
- Früher max. 25 km/h
- Heute bis zu 80 km/h möglich
- Gradwanderung zwischen maximaler **Kraftübertragung** auf dem Feld und minimalem **Rollwiderstand** bei Transportarbeiten
- Auch bei hohen Geschwindigkeiten muss Fahrkomfort gegeben sein

1.4 Beste Bodenschonung

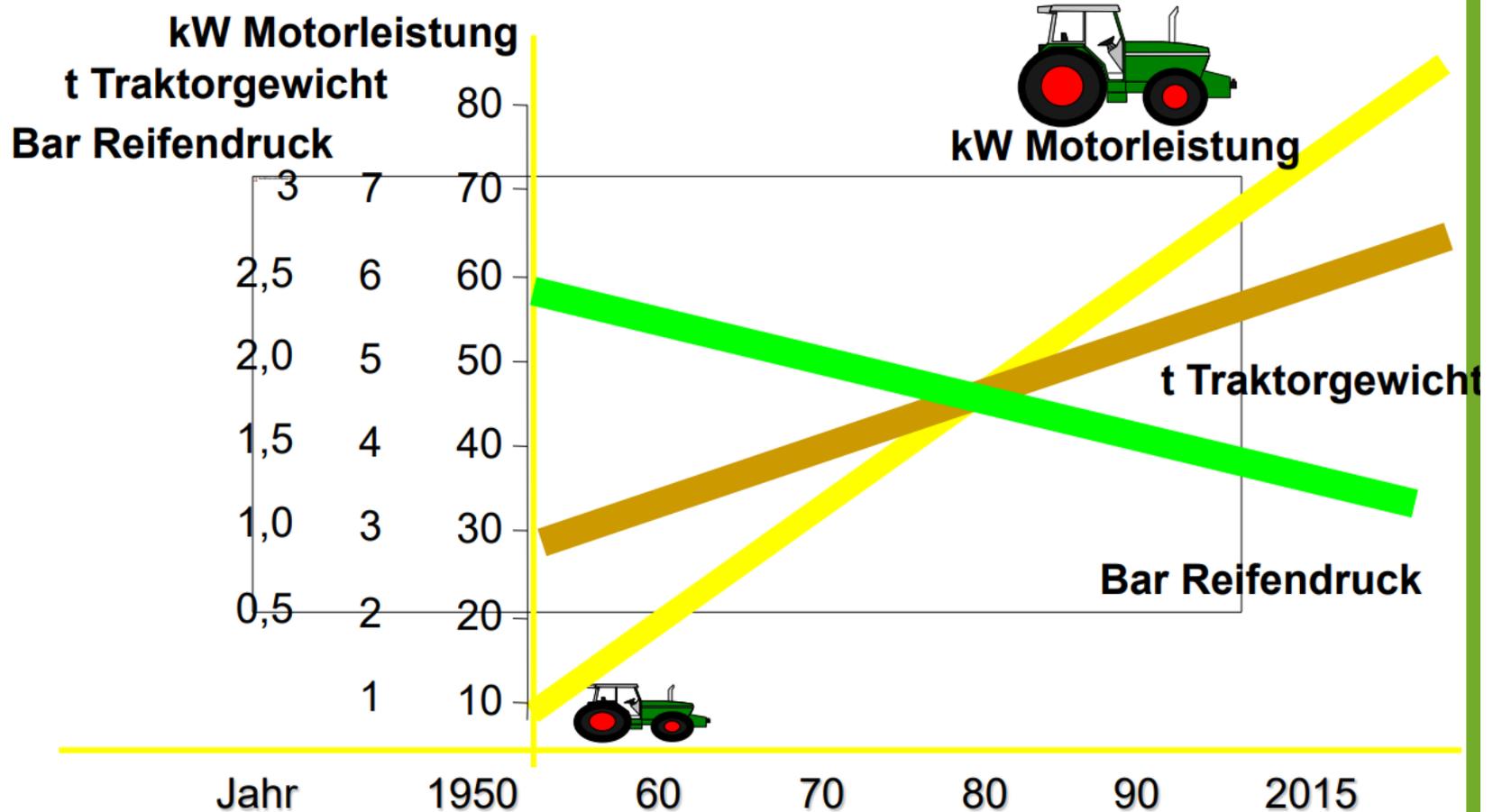


- Hohe Beanspruchung durch niedrigen Reifendruck
- Früher lag der durchschnittliche Reifendruck bei 2,5 Bar
→ heute ab 0,5 Bar bei Feldarbeit

Aktueller Stand Reifentechnik Empfehlung: Bestellung max. 1 bar; Ernte; max. 2 bar



Reifen sind von 2, 5 bar auf ca. 1 bar stärker und besser geworden



1.5 Wirtschaftlichkeit von Reifen

- Hohe Investitionskosten „Bodenschonende Bereifung“ schrecken oft ab, sind aber oft nachhaltig und amortisieren sich in der Regel
- Kosten werden eingespart in Form von
 - Langlebigkeit
 - Kraftstoffersparnis
 - Höhere Flächenleistung durch weniger Schlupf
- Reifen von Vredestein



1.5 Schlussfolgerung

- In den letzten 60 Jahren haben sich Leistung, Gewicht und Geschwindigkeit der Maschinen vervielfacht
- Zusätzlich sind die Anforderungen gestiegen
 - Lange Lebensdauer erwünscht
 - Geringe Anschaffungskosten
 - Beste Bodenschonung
 - Federung und Dämpfung
 - Vibration
 - Fahrgeräusche

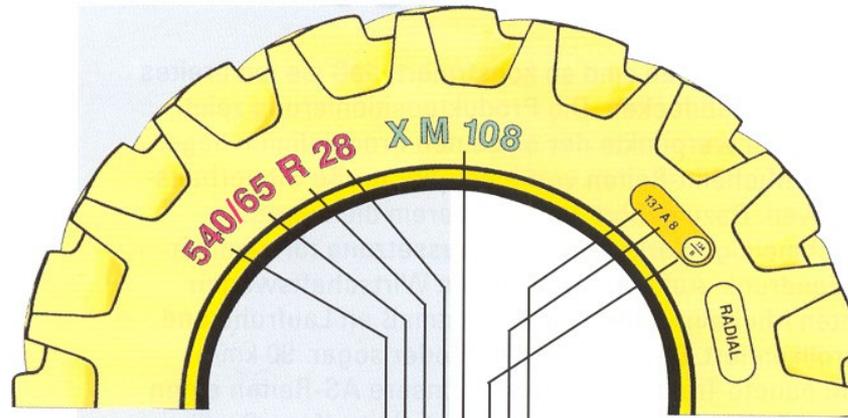
2. Reifenbezeichnung



1. Reifenbreite in Millimeter
2. Höhen – Breiten Verhältnis 55%
3. Radial Reifen

4. Felgendurchmesser in Zoll
5. Tragfähigkeitsindex
6. Geschwindigkeitsindex

Reifenaufbau



- 540** = Reifenbreite in mm
(oder in Zoll, z.B. 16.9)
- 65** = Das Verhältnis von
Reifenhöhe zu Reifenbreite
beträgt 65:100
- R** = Radialreifen
- 28** = Nenndurchmesser in Zoll
- M 108** = Profilausführung

Betriebskennung:

- 137** = Tragfähigkeitskennzahl:
2300 kg (LI=Load-Index)
- A8** = Geschwindigkeits-
Symbol: 40 km/h

Zusatzbetriebskennung:

- 134** = Tragfähigkeitskennzahl:
2120 kg

2. Reifenbezeichnungen



- Produktionsdatum
- 14. Woche 2017

2. Reifenbezeichnung

- Für Landwirtschaft relevante Geschwindigkeitsklassen
- Gibt die maximale Geschwindigkeit an, für die der Reifen zugelassen ist

Geschwindigkeitsklasse					
Code	km/h	mph	Code	km/h	mph
A1	5	3	L	120	75
A2	10	6	M	130	81
A3	15	9	N	140	87
A4	20	12	P	150	94
A5	25	16	Q	160	99
A6	30	19	R	170	106
A7	35	22	S	180	112
A8	40	25	T	190	118
B	50	31	U	200	124
C	60	37	H	210	130
D	65	40	V	240	149
E	70	43	Z	über 240	über 149
F	80	50	W	270	168
G	90	56	(W)	über 270	über 168
J	100	62	Y	300	186
K	110	68	(Y)	über 300	über 186

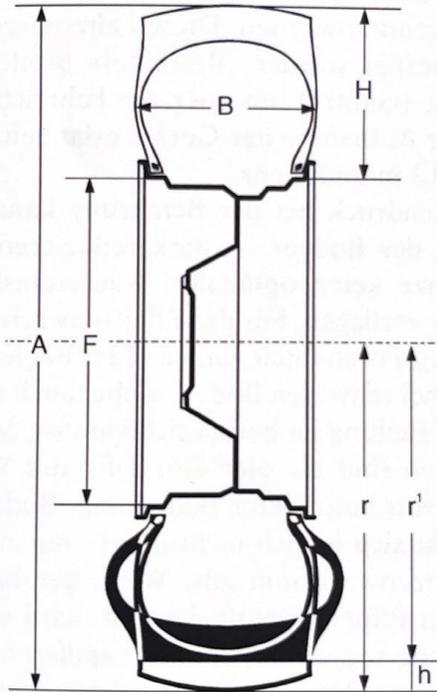


2. Reifenbezeichnung

- Maximale Tragfähigkeit des Reifens
- Wird zusammen mit Geschwindigkeitsindex angegeben

Load-Index	Maximale Tragfähigkeit	Load-Index	Maximale Tragfähigkeit
72	355 kg	92	630 kg
73	365 kg	93	650 kg
74	375 kg	94	670 kg
75	387 kg	95	690 kg
76	400 kg	96	710 kg
77	412 kg	97	730 kg
78	425 kg	98	750 kg
79	437 kg	99	775 kg
80	450 kg	100	800 kg
81	462 kg	101	825 kg
82	475 kg	102	850 kg
83	487 kg	103	875 kg
84	500 kg	104	900 kg
85	512 kg	105	925 kg
86	530 kg	106	950 kg
87	545 kg	107	975 kg
88	560 kg	108	1000 kg
89	580 kg	109	1030 kg
90	600 kg	110	1060 kg
91	615 kg		

2. Reifenbezeichnung



A = Außendurchmesser

H = Querschnittshöhe

B = Querschnittsbreite

r = Radius unbelastet

r' = Radius belastet

h = Reifeneinfederung unter Last

F = Felgendurchmesser

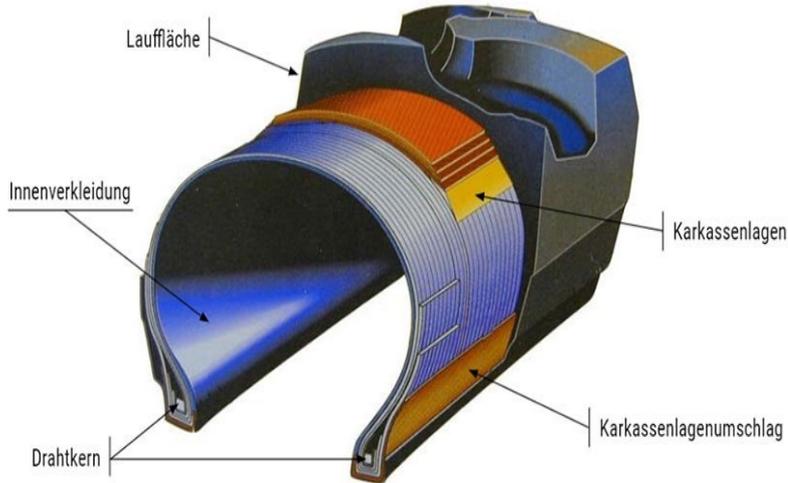
Merke → Reifenbreite gibt nicht die Profildicke an, sondern die Querschnittsbreite bei maximaler Ausdehnung !



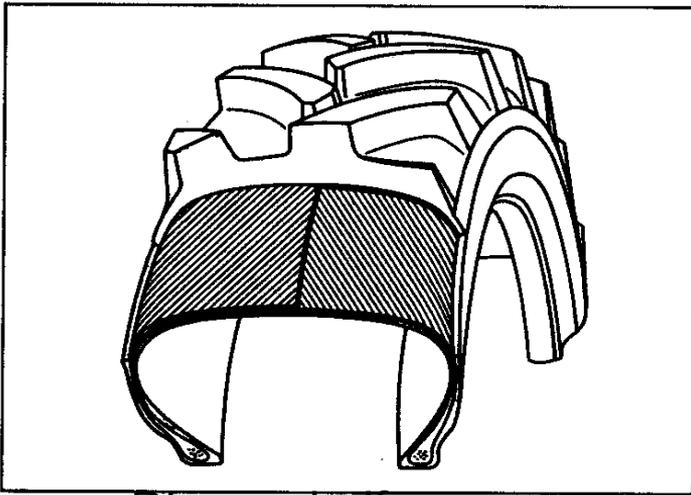
2. Reifenbezeichnungen

Kennzeichnungsbeispiel	Erklärung	Verwendungszweck
540/65 R 28 137 A8	540 = Reifenbreite in mm 65 = Höhen – Breiten – Verhältnis R = Radialbauart 28 = Nennmaß der Felge in Zoll 137 = Loadindex A 8 = Speedindex	<ul style="list-style-type: none">• Niederquerschnitts Treibradreifen• Klassischer Vorderreifen bei Allrad-Schleppern mit 100 – 200 PS
710/75 R 38 174 D TL	710 = Reifenbreite in mm 75 = Höhen – Breiten – Verhältnis R = Radialbauart 38 = Felgenreöße in Zoll 174 = Loadindex D = Speedindex TL = Tubeless	<ul style="list-style-type: none">• Hinterreifen von Traktor• Für Leistungsklassen ab 150PS wegen großer Reifenbreite• Schlauchloser Reifen

3. Aufbau von Reifen



- Lauffläche bestimmt den Einsatzzweck
- Gürtellagen verleihen Festigkeit
- Karkasse dient als Druckbehälter
- Flanke schützt die Karkasse
- Wulst besteht aus Stahleinlagen, die für stabilen Sitz auf der Felgen sorgen
- Kernreiter ist eine Gummischicht zwischen fester Wulst und flexibler Seitenwand (Autolexikon, 2022)

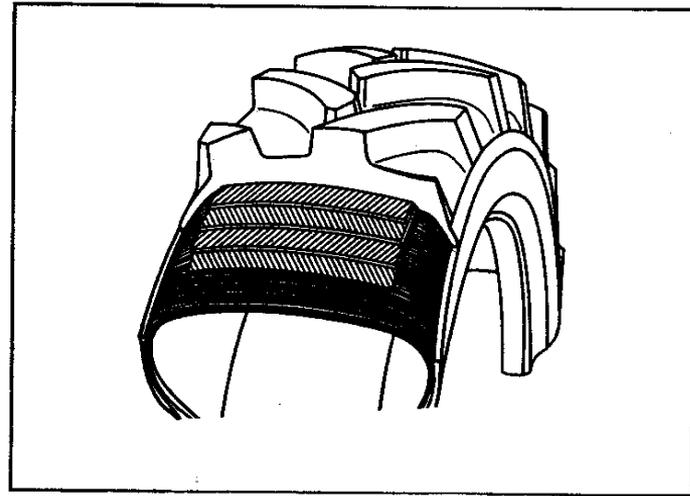


Diagonalreifen

Bei Diagonalreifen verlaufen mehrere Karkassfäden durchgehend von Wulst zu Wulst in einem Winkel von 30 bis 45° zur Laufrichtung (Mittellinie), so dass sich ein Kreuzmuster ergibt.

Vorteile gegenüber Radialreifen:

- stabilerer Halt bei Hangfahrten
- unempfindlicher gegenüber Verletzungen der Seitenwand
- geringere Anschaffungskosten



Radialreifen (Gürtelreifen)

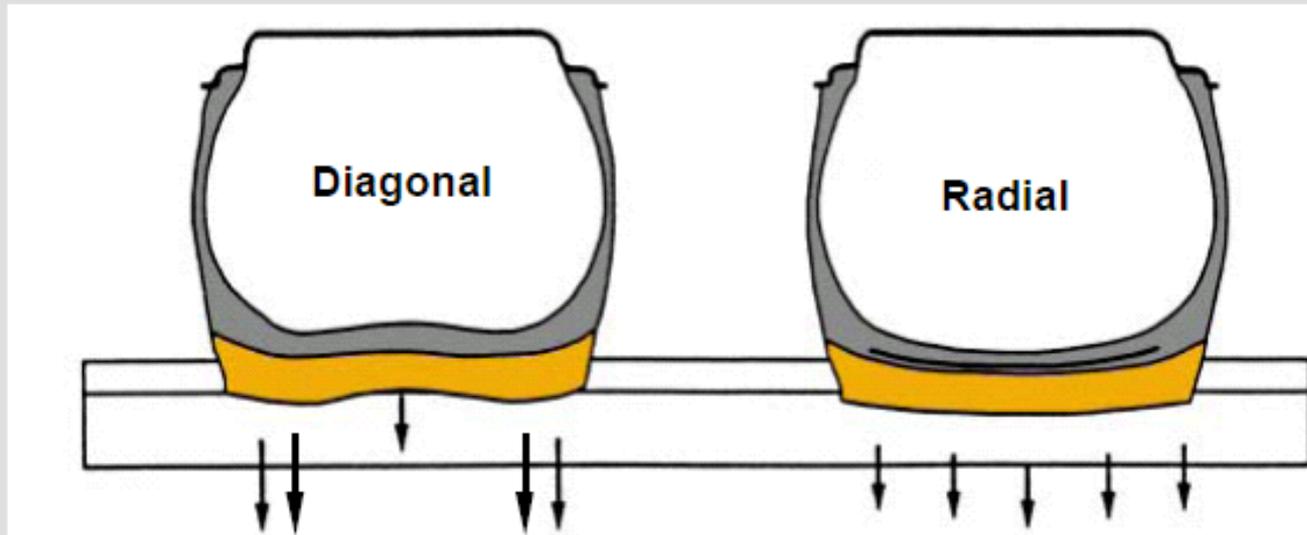
Die einlagigen Karkassfäden der Radialreifen verlaufen quer (90°) zur Mittellinie. Darüber sind mehrere Gürtellagen stabilisierend eingebettet, die selbst keine direkte Anbindung zu den Wülsten haben. Die Bewegung der Seitenwand wird daher nicht in die Lauffläche übertragen

Vorteile gegenüber Diagonalreifen:

- flexiblere Reifenflanke
- bessere Einfederung, höherer Fahrkomfort
- konstant längere, größere Bodenkontakfläche
- höhere Zugkraft bei geringerem Schlupf
- weniger Dieselverbrauch
- geringere Einsinktiefen
- weniger Bodenverdichtung
- höhere Ernteerträge

Bodenschonung

Vergleich des Bodendrucks



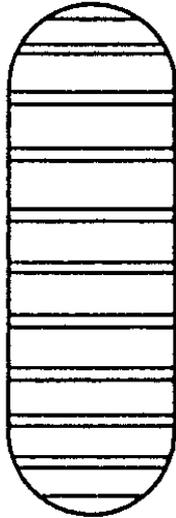
3. Aufbau von Reifen



→ Für alle Arbeiten die mit niedrigem Reifendruck gefahren werden sollen, sind Radialreifen besser geeignet

→ Optimale Bodenanpassung durch weiche Flanke

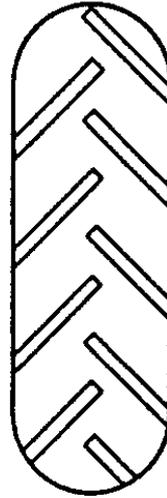
Grundgedanken Profil



Zugkraft-
Profil



Komfort-
Profil



Kompromiß



Optimale
Lösung

① Komfortzone

② Traktionszone

PROFILVARIANTEN

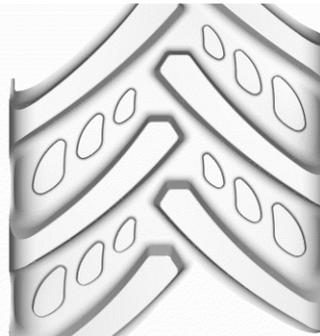
Die unterschiedlichen Bodenverhältnisse und Anforderungen bezüglich Zugkraft, Bodenschonung, Abrollkomfort und Verschleißverhalten machen bei Traktorreifen spezielle Profile erforderlich:

Ackerprofil



ZUGKRAFT
SELBSTREINIGUNG
ABROLLKOMFORT
SEITENSTABILITÄT
ABRIEBFESTIGKEIT

Grünlandprofil



BODENSCHONUNG
ZUGKRAFT
SEITENSTABILITÄT
ABROLLKOMFORT
ABRIEBFESTIGKEIT

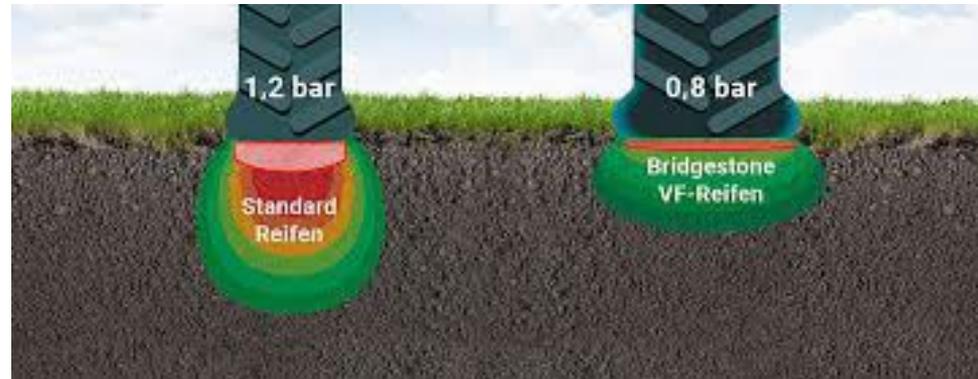
Pflegeprofil



TRAGFÄHIGKEIT
SEITENSTABILITÄT
PASSENDE BREITE
ABROLLKOMFORT
ABRIEBFESTIGKEIT

3. Aufbau von Reifen

- VF Technologie (Very High Flexion)
- Bietet bis zu 15% höhere Tragfähigkeit bei gleicher Radlast
- Vergrößerung der Aufstandsfläche bei 710/70 R 42 um 26% gegenüber herkömmlicher Bauart

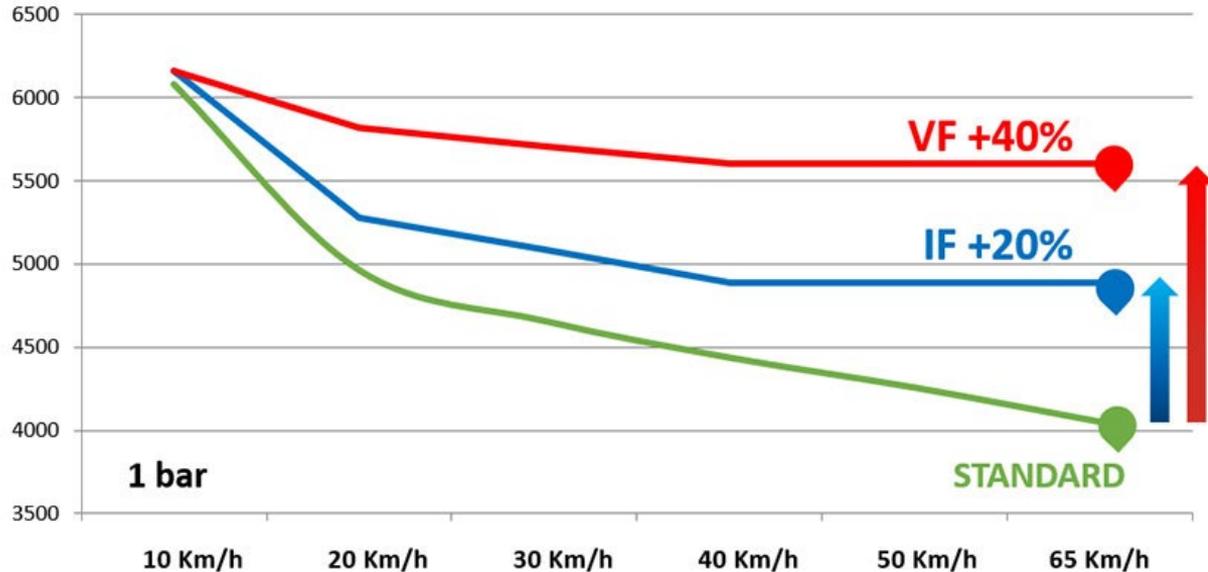


3. Aufbau von Reifen

- VF „Very High Flexion“ Reifen sind grundlegend aufgebaut wie Standardradialreifen, jedoch aus hochwertigeren Materialien
- Die Karkassen sind verstärkt und trotzdem elastischer
- Vorteile sind verbesserte
 - Widerstandsfähigkeit
 - Traktion
 - Elastizität
 - Tragfähigkeit

(Bridgestone, 2022)

3. Aufbau von Reifen



Durch VF Technologie wird die Tragkraft bei gleicher Geschwindigkeit und gleichem Reifendruck um 40% gesteigert

3. Aufbau von Reifen

Treibradreifen	Implement Reifen	Front Reifen	MPT Reifen
Für Antriebsachsen von Traktoren	Für Anbaugeräte und Anhänger	Nicht Allrad Schlepper	Schnelllaufende Spezialfahrzeuge, mit Antriebsprofil





3. Aufbau von Reifen

Treibradreifen bei Traktoren



Standartreifen

Sowohl für Transport, als auch Ackerarbeiten geeignet (Agrama, 2018)



Pflegereifen

- Für das Fahren in Fahrgassen oder Reihenkulturen konzipiert
- Führen leicht zu Bodenverdichtung



Großvolumenreifen

- Für Feldarbeiten geeignet
- Sehr große Auflagefläche und wenig Bodendruck
- Im Transport hoher Verschleiß und Rollwiderstand

Gleicher Felgendurchmesser – gleicher Außendurchmesser – Wirkung auf den Boden?

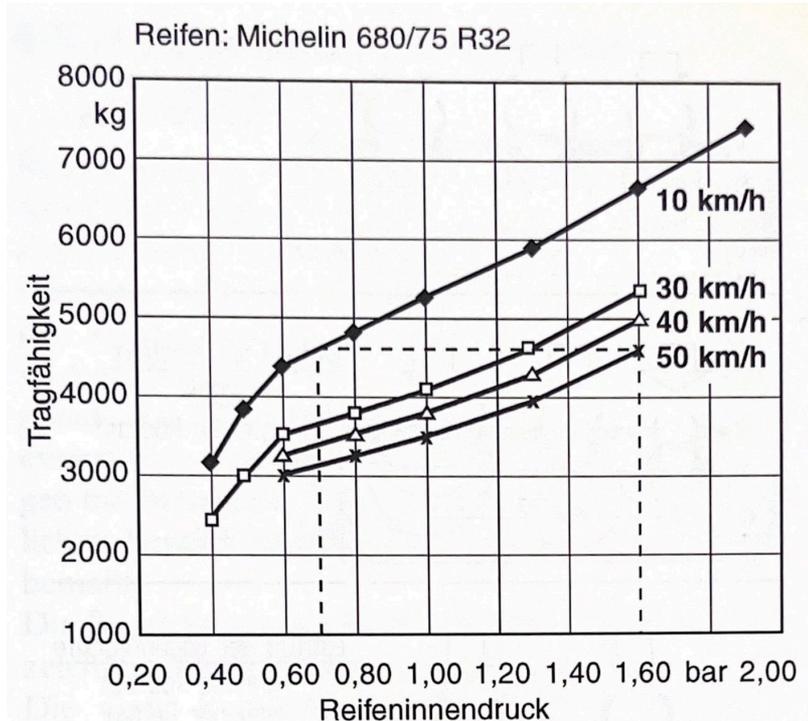


4. Bodenschutz

- Für optimale Bodenschonung muss der Reifendruck so niedrig wie möglich gewählt werden
- Bei Straßenfahrten muss der Druck für ein sicheres Fahrverhalten wieder erhöht werden (Eichhorn, 1999)

Größe	Tragfähigkeit (kg) pro Reifen bei Luftdruck (bar)													
	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,4	km/h
650/65 R 42 (20.8 R 42)	-	2130	2590	2870	3150	3420	3700	3970	4110	4250				50
	-	2130	2590	3010	3420	3840	4250	-	-					40
	1980	2380	2770	3220	3660	4100	4550	-	-					30
	2490	2930	3380	3920	4470	5010	5560	6100	6380					10

4. Bodenschutz



Je höher die Fahrgeschwindigkeit, desto höher der dafür nötige Reifeninnendruck!

Den Reifeninnendruck immer so niedrig wie möglich und so hoch wie nötig wählen!

4. Bodenschutz

Bar	0.8	0.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1
psi	12	13	15	17	22	26	30
(kg - lbs)							
10 Km/H	4225	4500	4775	5325	6250	7175	7590
6 Mph	9315	9921	10527	11740	13779	15818	16733
25 Km/H	3750	4000	4250	4750	5575	6400	6765
16 Mph	8267	8818	9370	10472	12291	14110	14914
40 Km/H	3325	3545	3765	4200	4925	5650	5975
25 Mph	7330	7815	8300	9259	10858	12456	13173
50 Km/H	3025	3220	3415	3800	4465	5125	5415
31 Mph	6669	7099	7529	8378	9844	11299	11938
65 Km/H	2575	2745	2915	3250	3815	4375	4625
40 Mph	5677	6052	6426	7165	8411	9645	10196

Beispiel:
Güllefass mit
4200kg Radlast

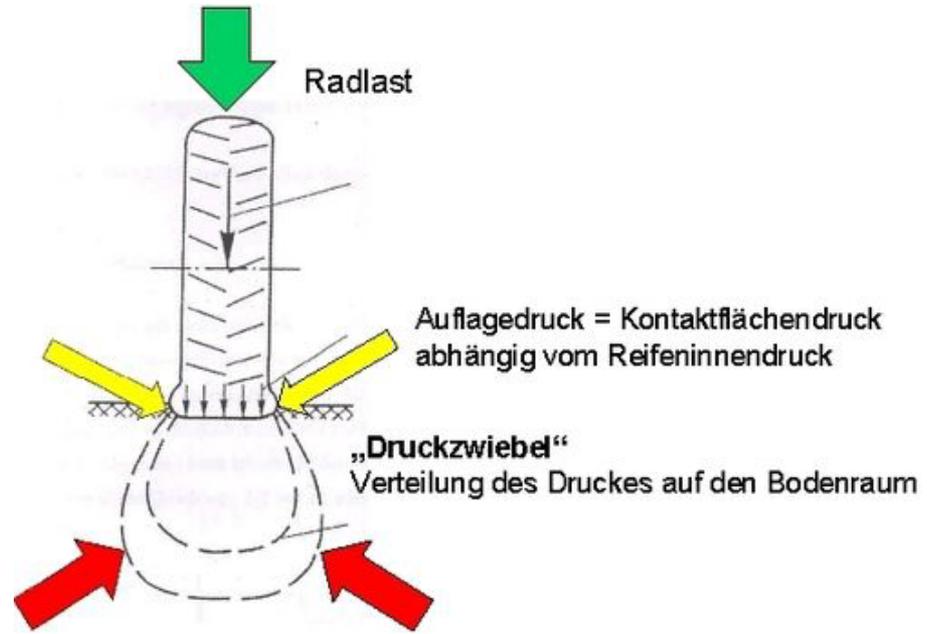
→ Auf dem Acker
möglichst geringer
Reifendruck
→ Für die Straße
höherer Druck nötig
→ nur mit
Reifendruckregel-
anlage zu
bewältigen

4. Bodenschutz

Was ist Boden?

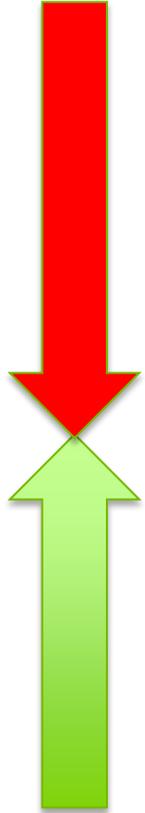
- Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen
- Bestandteil des Naturhaushaltes, insbesondere für Wasser- und Nährstoffkreisläufe
- Hat Filter- und Pufferfunktion zum Schutz des Grundwassers
- Besteht zu 50% aus Poren, davon zu gleichen Teilen aus Luft und Wasser (stmuv.bayern)

4. Bodenschutz



- Radlast (t)
- Gewichtskraft (N)
- Kontaktfläche (cm²)
- Kontaktflächendruck
- F in N/cm²**

- Bodenfestigkeit R
- Abhängig von
 - Bodenstruktur
 - Feuchtigkeit
 - Bodenart
 - Humusgehalt



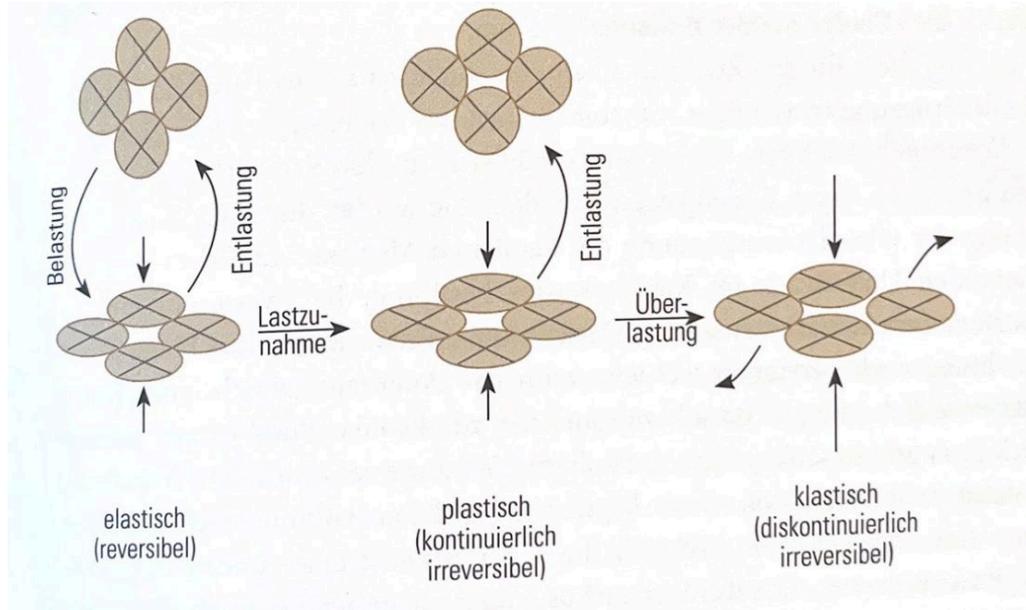
Wenn $F > R$ entsteht Bodenverdichtung

4. Bodenschutz

Was passiert bei
Zerstörung des
Bodengefüges?



4. Bodenschutz



Eine elastische Verformung ist nur solange möglich, wie sich die Partikel selbst verformen können, ohne dass es zu einem Bruch in der Struktur kommt

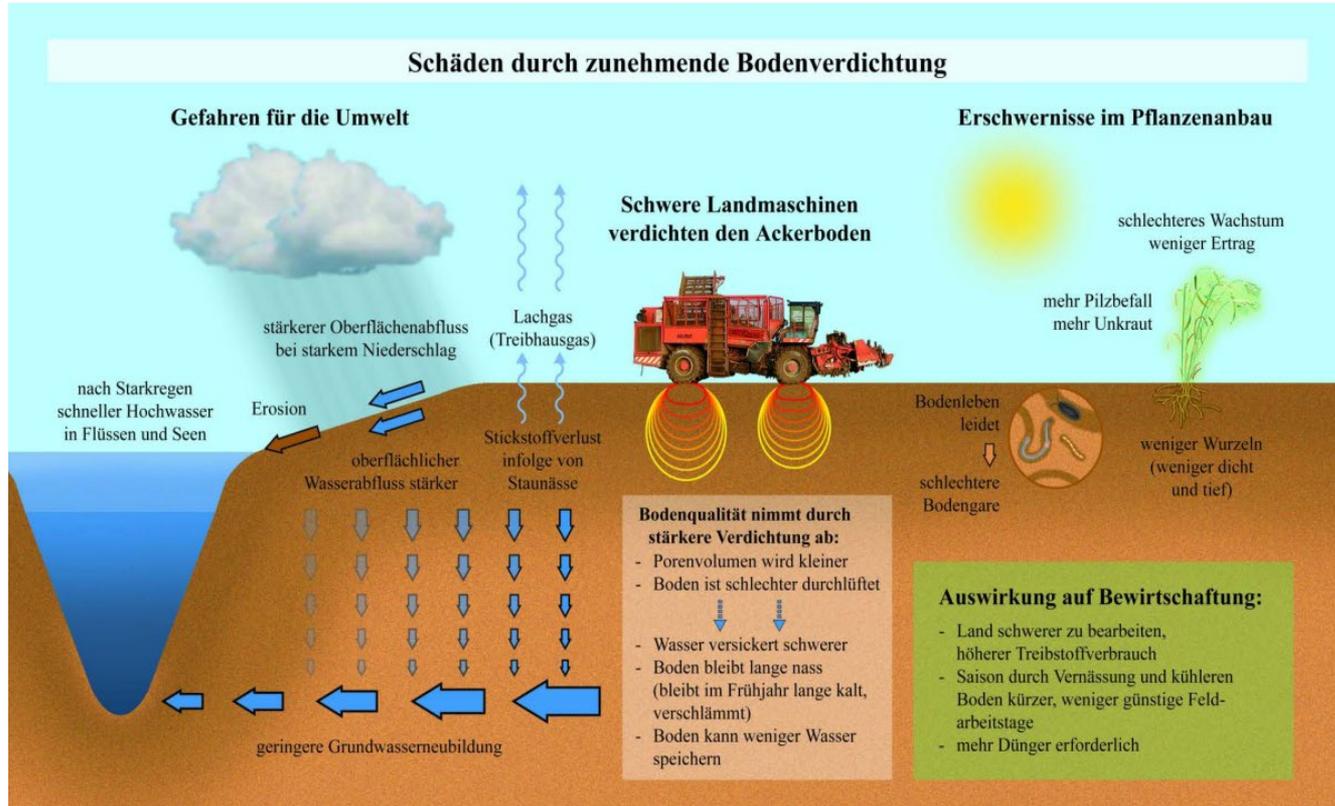
Bodenschonung

Im **Bodenschutzgesetz** wird die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürliche Ressource durch gute fachliche Praxis **gefordert.**

Dazu gehören:

- standortangepasste Bodenbearbeitung
- Bodenstruktur erhalten und verbessern
- **Bodenverdichtungen vermeiden**
- Bodenabträge durch standortangepasste Nutzung (Hangneigung, Wasser- und Windverhältnisse, Bodenbedeckung) vermeiden
- biologische Aktivität durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung erhalten und fördern

4. Bodenschutz





4. Bodenschutz

- Durch physikalische Bodenverdichtung vermindern sich Infiltrations- und Wasserspeicherkapazität
 - Erhöhter Oberflächenabfluss und Erosion
 - Verminderte Grundwasserneubildung
- Verschlechterung des Wasser- und Lufthaushalts



4. Bodenschutz

Optimaler Bodenschutz ist abhängig von mehreren Faktoren

1. Feuchtigkeit des Bodens
2. Bodenstruktur
3. Auflagefläche und Gewicht der Arbeitsmaschinen

B



**Traktor und Anhänger mit
relativ niedrigem
Reifeninnendruck!**

**Bodenstruktur massiv
geschädigt!**



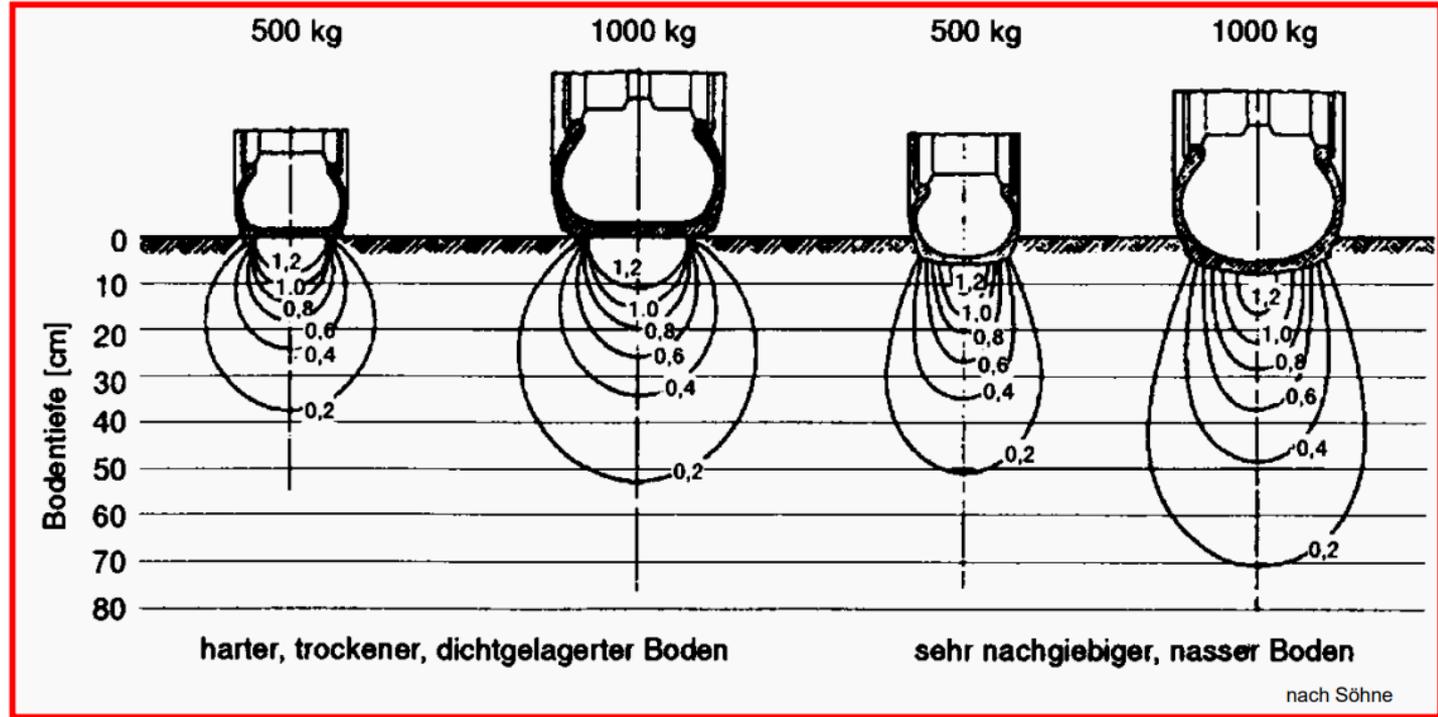
LKW mit bis zu 8 bar!

**Keine Schädigung der
Bodenstruktur?**

**Was macht den Unterschied
aus?**

4.1 Feuchtigkeit des Bodens

Die Bodenverdichtung wird umso größer, je feuchter der Boden ist



Weniger Bodenbearbeitung - höhere Tragfähigkeit

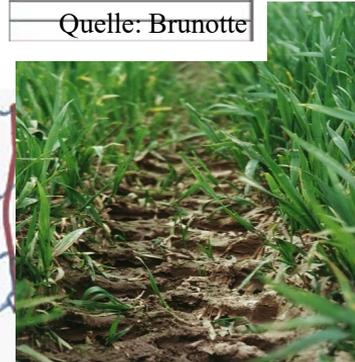
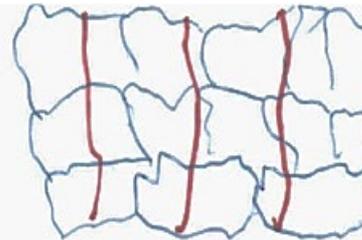
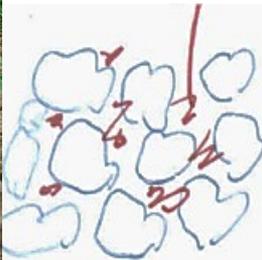
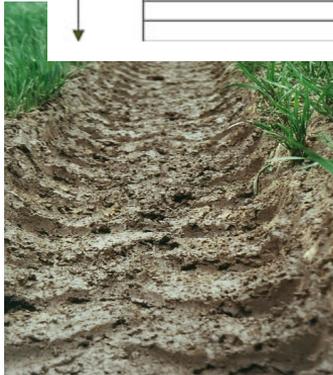
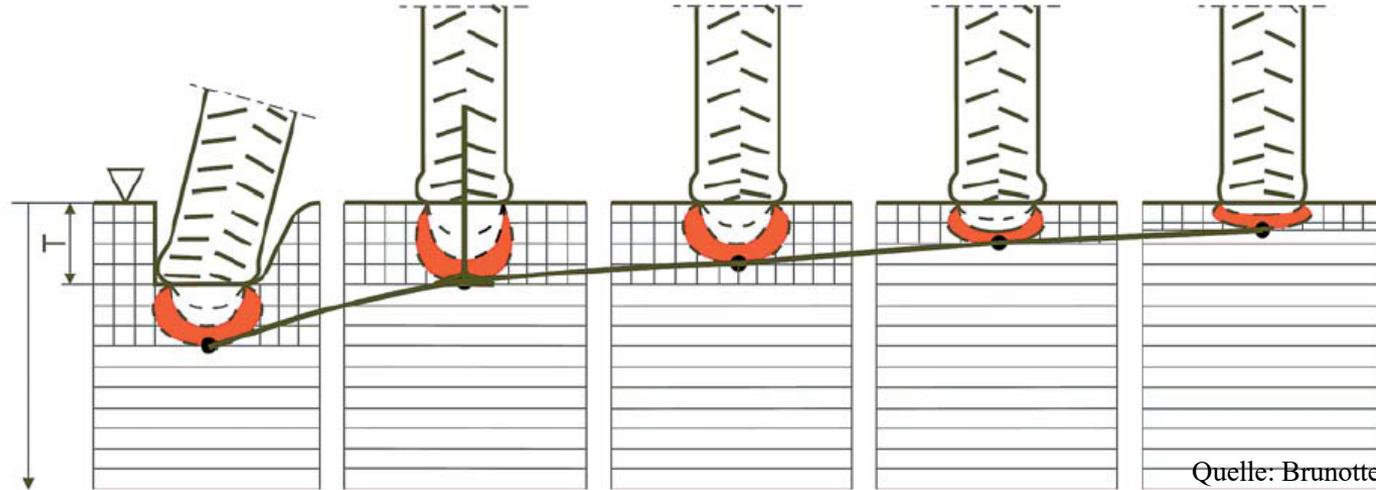
Konventionelle
BB mit Pflug

jährlich

fruchtfolgespezifisch
Lockerung

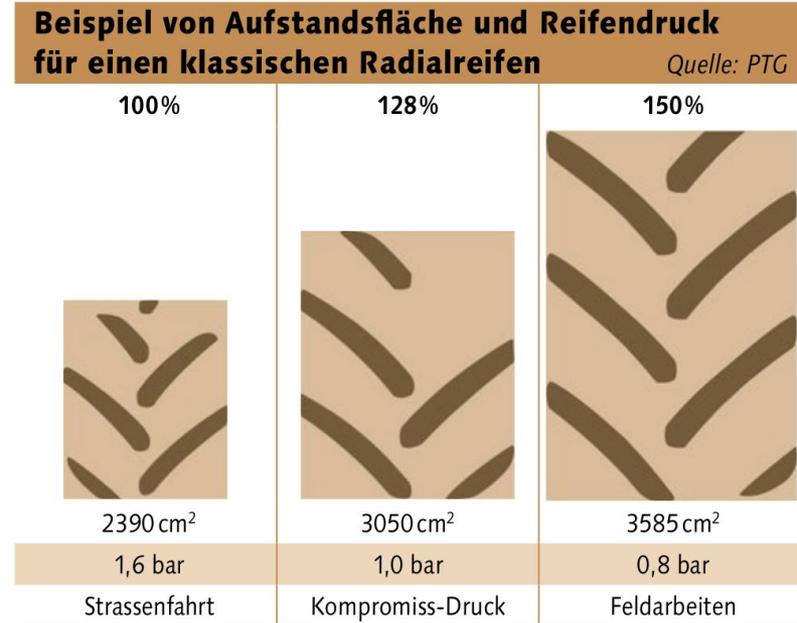
ohne

Direktsaat



4.3 Auflagefläche und Gewicht der Arbeitsmaschinen

- Vergrößerung der Auflagefläche um das 1,5 fache
- Druck pro cm² bei Radlast von 3t
 - bei 1,6bar 1,25 kg/cm²
 - bei 0,8bar 0,84 kg/cm²
 - 33% weniger Bodenbelastung



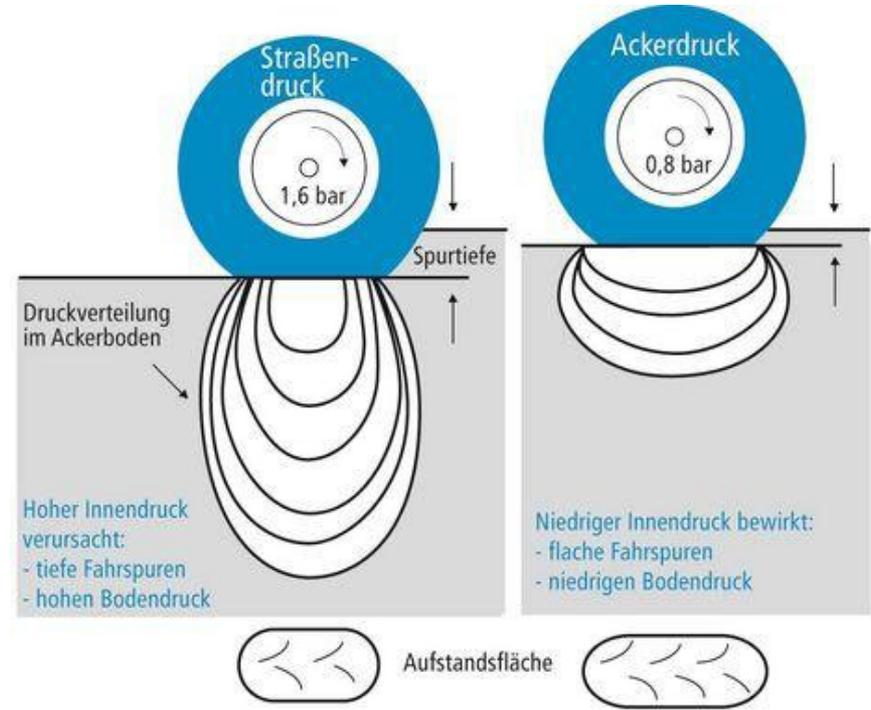


4.3 Auflagefläche und Gewicht der Arbeitsmaschinen

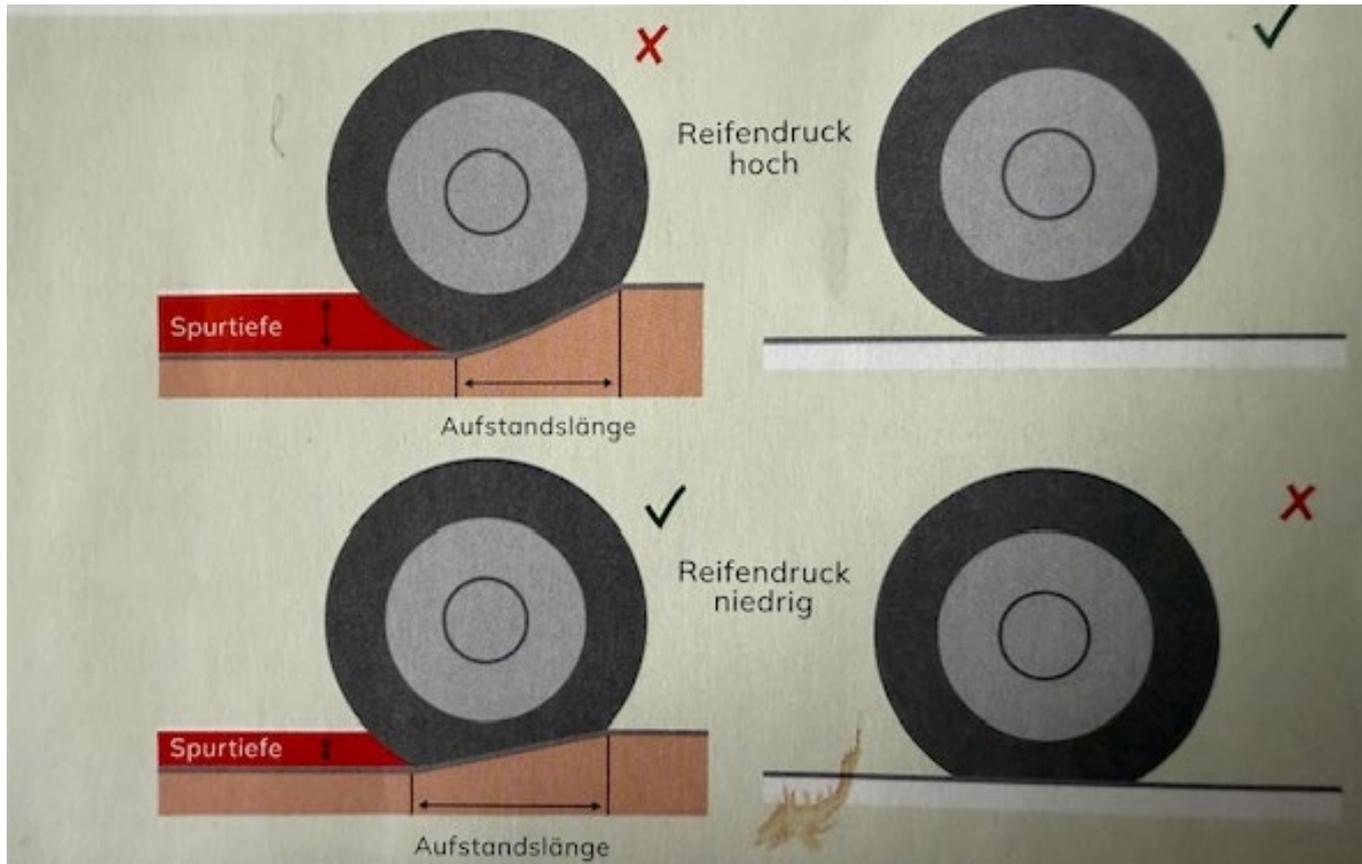


4.3 Bodenschutz

- Durch weniger Druck
niedrigere Spurtiefe
- Dadurch deutlich höherer
Bodendruck



Das Straße-Feld Dilemma



4.3 Bodenschutz

Bodenschonung

Ermittlung des spezifischen Bodendruckes

bei gleichen Reifendurchmessern und identischer Radlast (hier 3650 kg)

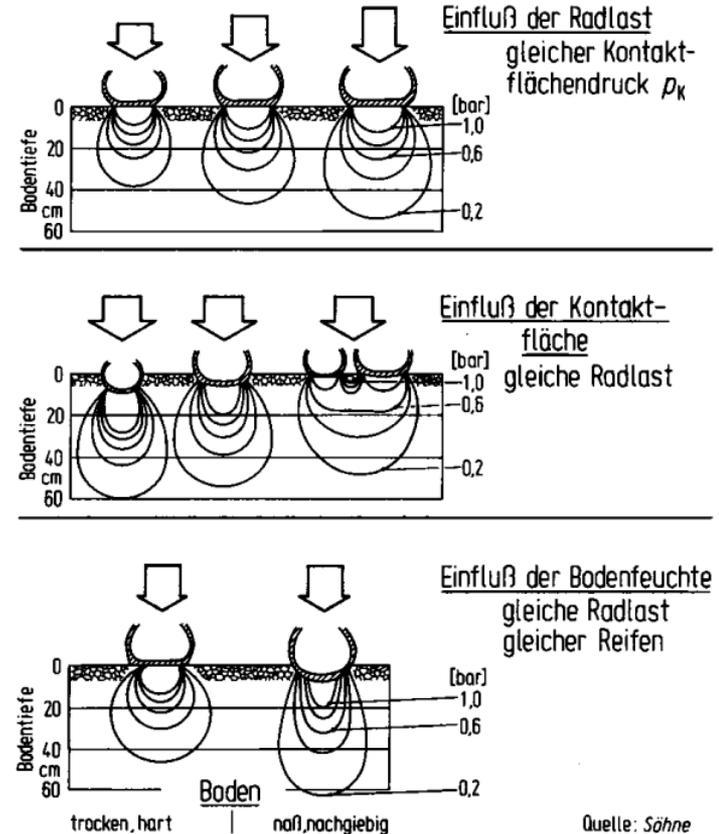
Produkt-Linie	Grösse	LI	Fülldruck (bar)	Zuschlag (Seitensteifigkeit) (bar)	Bodendruck (daN/cm ²)	Reduktion ggü. Standard (%)
AC 90 Standard alt	20.8 R 38	153 A8	1,6	0,15	1,75	0
AC 85	520/85 R 38	155 A8	1,45	0,1	1,55	11
AC 70	580/70 R 38	155 A8	1,4	0,1	1,5	14
AC 65	650/65 R 38	157 A 8	1,2	0,05	1,25	29
AC 70 H	800/65 R 32	167 A 8	0,6	0,1	0,7	60

Spezifischer Bodendruck = Reifeninnendruck [bar] + Zuschlag für Seitensteifigkeit

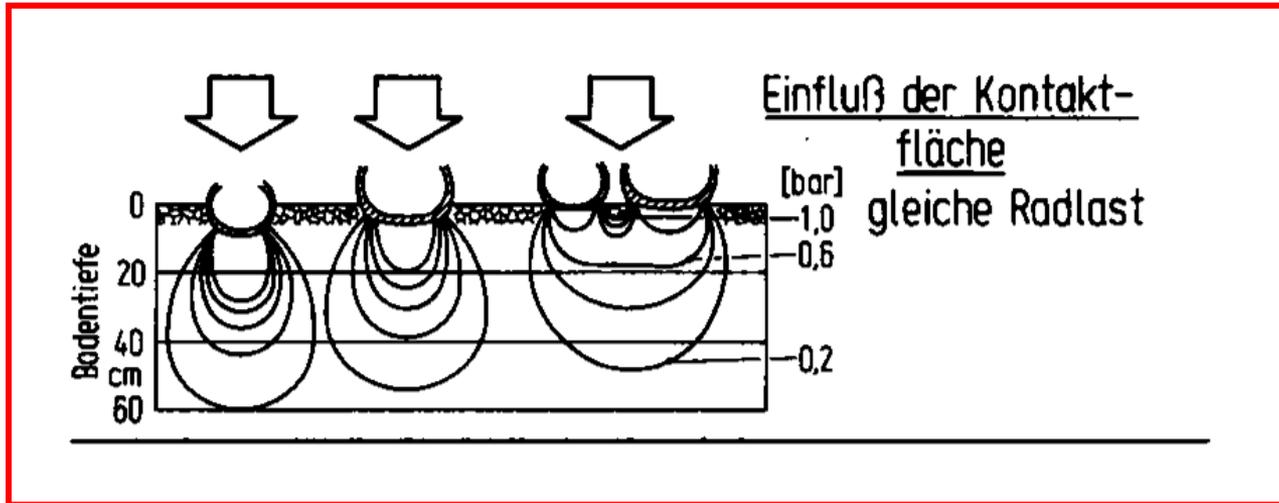
-Reifendruck in bar und Bodendruck in daN/cm² sind nahezu identisch
- Weniger Reifendruck = weniger Bodendruck

4.3 Bodenschutz

- Ein breiterer Reifen allein verringert nicht den Kontaktflächendruck
→ Reifendruck muss auch gesenkt werden
- Bei einer Verbreiterung der Reifen vermindert sich der Druck überproportional

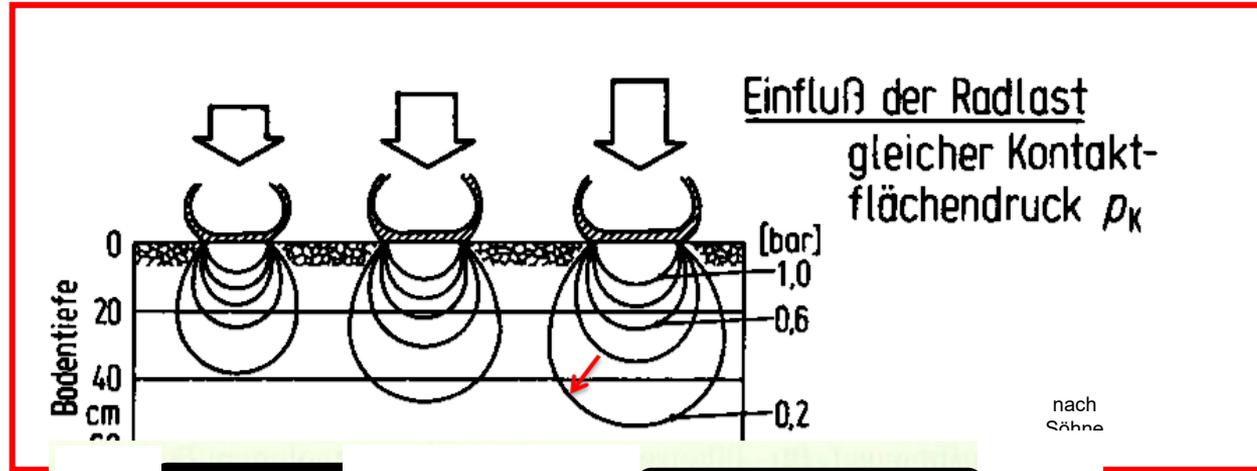


Gleiche Radlast - mehr Aufstandsfläche



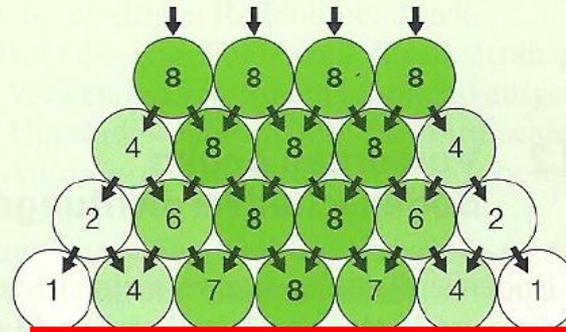
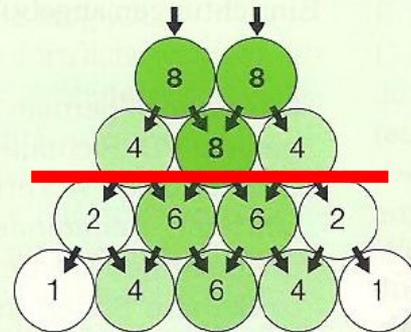
- Breitere Reifen
- Reifen mit größerem Durchmesser
- Flexible (Radial)reifen
- (Zwillingsreifen)
- Raupenlaufwerke
- **Geringerer Reifeninnendruck**

Bei gleichem Kontaktflächendruck – größere Tiefenwirkung bei breiteren Reifen



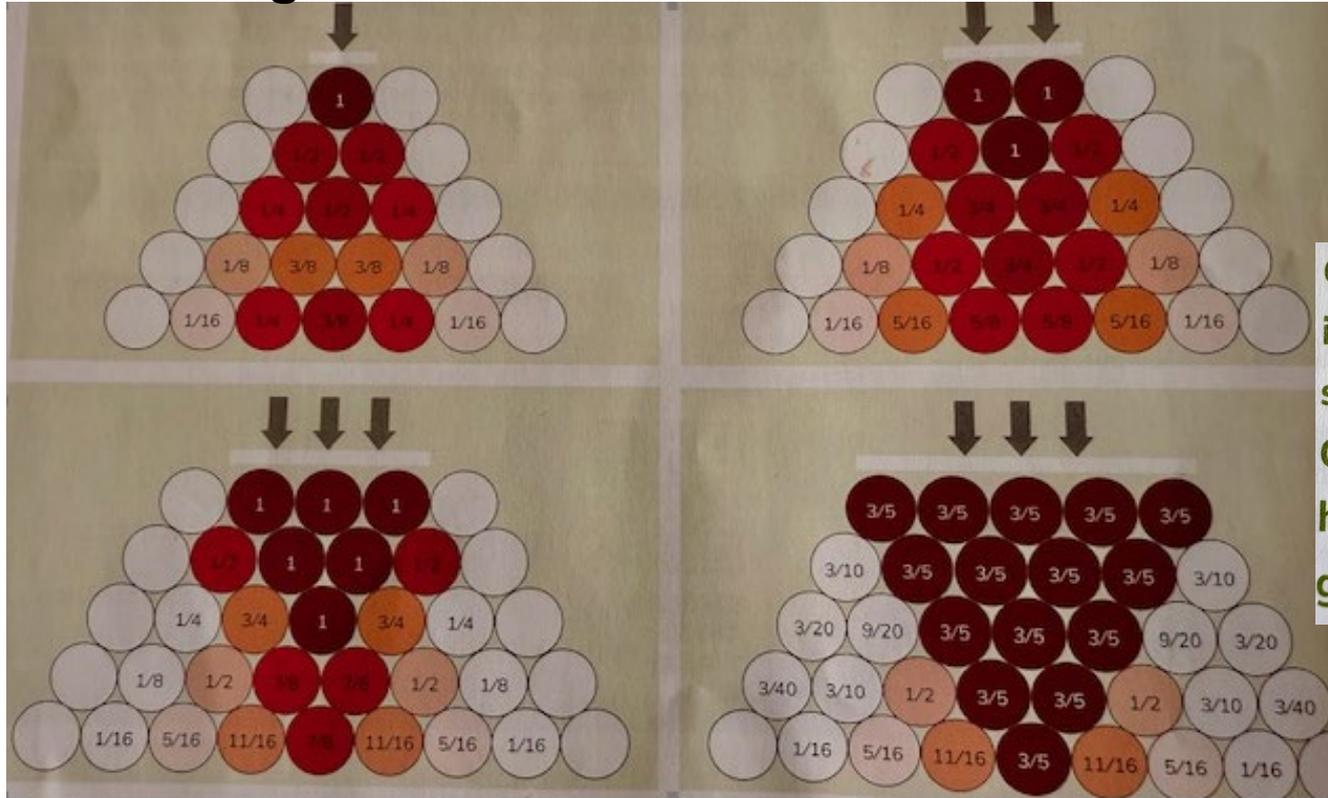
8 bar

8 bar



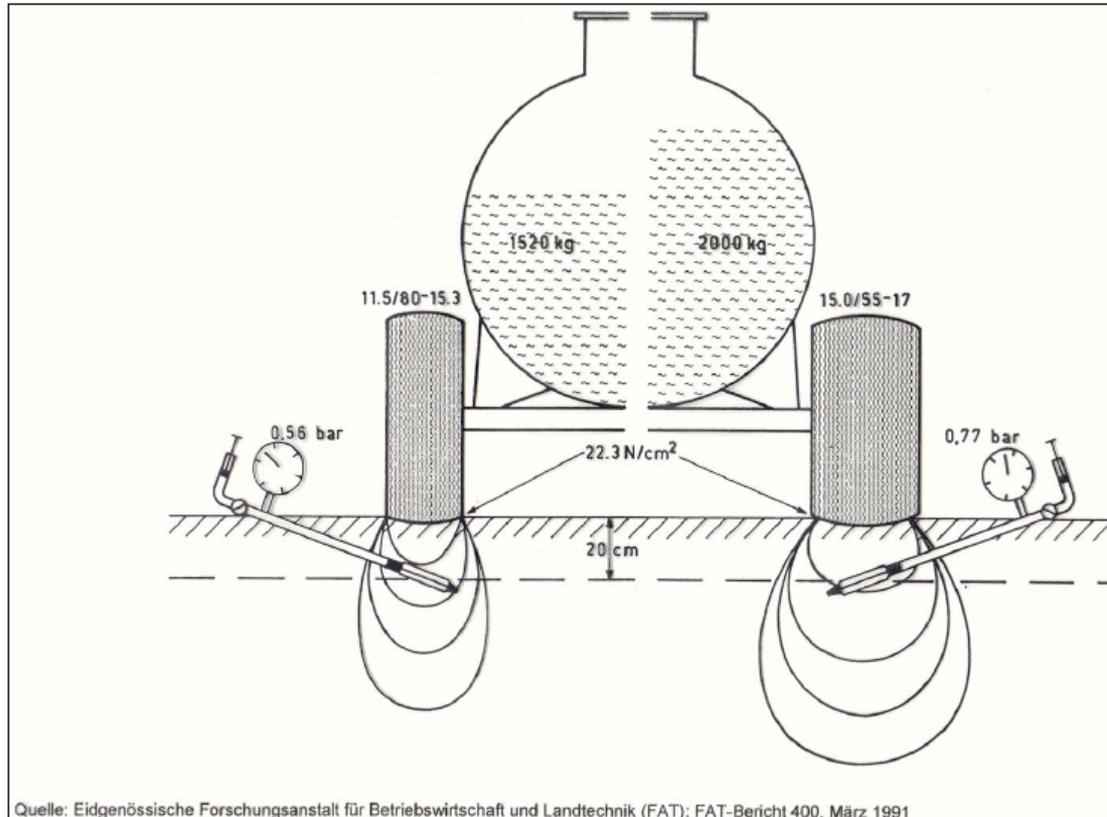
zweidimensionales
Kugelmodell

Kugelmodell: Je größer die belastete Kontaktfläche bei einem bestimmten Kontaktflächendruck ist, umso stärker ist die Tiefenwirkung



Geringe Reifeninnendrucke wirken sich primär auf den Oberboden aus – hohe Radlasten hingegen in der Tiefe.

Gleicher Kontaktflächendruck – ungleiche Tiefenwirkung



Trotz gleichem Kontaktflächendruck werden beim breiteren Reifen mit der entsprechend höheren Radlast um 38 % höhere Boden-drücke gemessen.



4. Bodenschutz - Radlastreduzierung

Durch Reduktion der Radlasten werden Bodenschadverdichtungen vermindert

- Gezogene Arbeitsgeräte verwenden
- Frontpacker anstatt Frontgewichte
- Gülle verschlauchen



Radlastreduzierung

Einfluss Maschinenauswahl auf Radlasten



FENDT 820 Vario

140 kW (190 PS)

6800 kg Leergewicht (100 %)

5700 kg Nutzlast (hier: 4550 kg)

12500 kg Ges.Gew. (hier: 11350 kg)

4540 kg + 6810 kg

540/65 R 30 + 650/65 R 42

V 50km/h 1,2 bar + 1,1 bar

V 10km/h 0,6 bar + 0,6 bar



2. 100% Lastverteilung in Abhängigkeit
von der gewählten Maschinenauswahl

FENDT 922 Vario

140 kW (190 PS)

10080 kg Leergewicht (148 %)

5920 kg Nutzlast (hier: 4550 kg)

16000 kg Ges.Gew. (hier: 14530 kg)

5810 kg + 8720 kg

540/65 R 34 + 650/65 R 42

V 50km/h 1,5 bar + 1,6 bar

V 10km/h 1,0 bar + 1,1 bar

Radlastreduzierung

durch zusätzliche Achsen / Räder (aufgesattelte bzw. angehängte Geräte)



Quelle: Lemken



Quelle: Rauch, Amazone



Quelle: Horsch

4. Bodenschutz – Überladewägen

Vereint Wirtschaftlichkeit und Bodenschutz

- wenig Bodendruck auf dem Acker dank Großvolumenreifen
- billiger Straßentransport mit LKWs



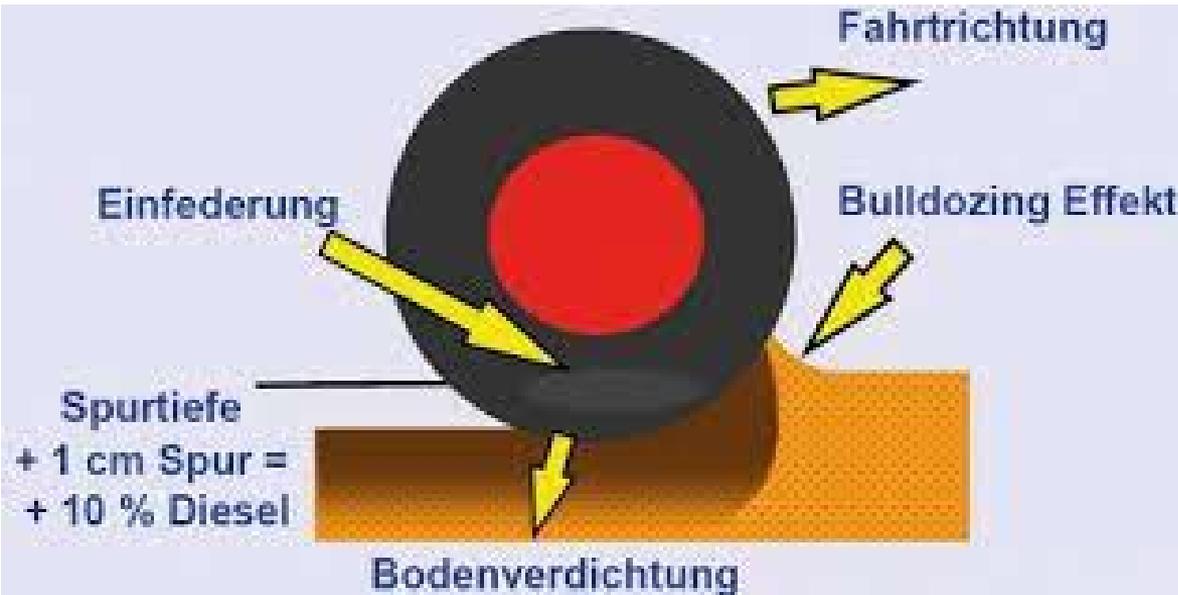
4. Bodenschutz – versetzt fahren

- Verhindert Mehrfachüberfahung
- Last wird gleichmäßig verteilt
- Kaum Fahrspuren

Lfl, 2015



4. Bodenschutz – Bulldozing Effekt



- Auf lockerem Boden schiebt sich Erde vor den Reifen zusammen
- Mit jedem cm Fahrspur steigt der Dieserverbrauch
- Beim versetzten Fahren von Bedeutung, da jeder Reifen eine neue Fahrspur zieht

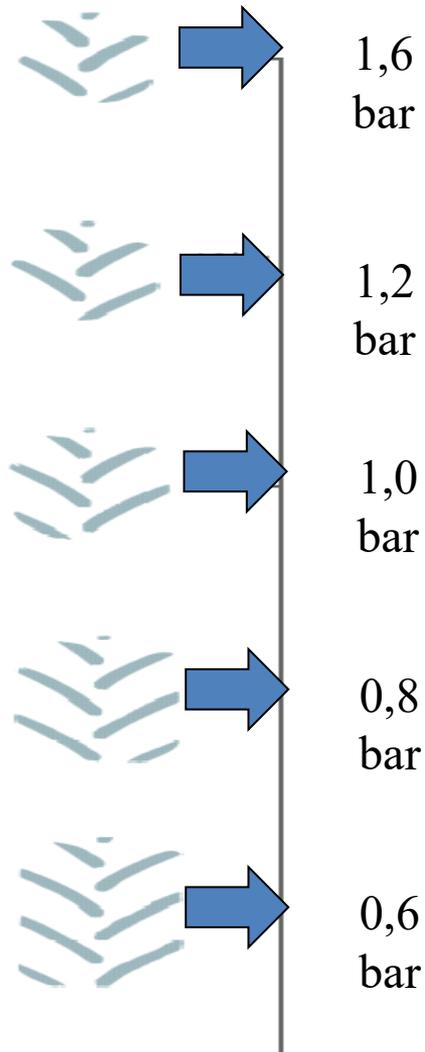
4. Bodenschutz

Zusammenfassung

- Durch Erhöhung der Auflagefläche oder Gewichtsreduktion entsteht weniger Bodenverdichtung
- Durch konservierende Bodenbearbeitung sind Flächen früher befahrbar
- Trotzdem nie auf zu nassem Boden fahren



Auf dem Acker

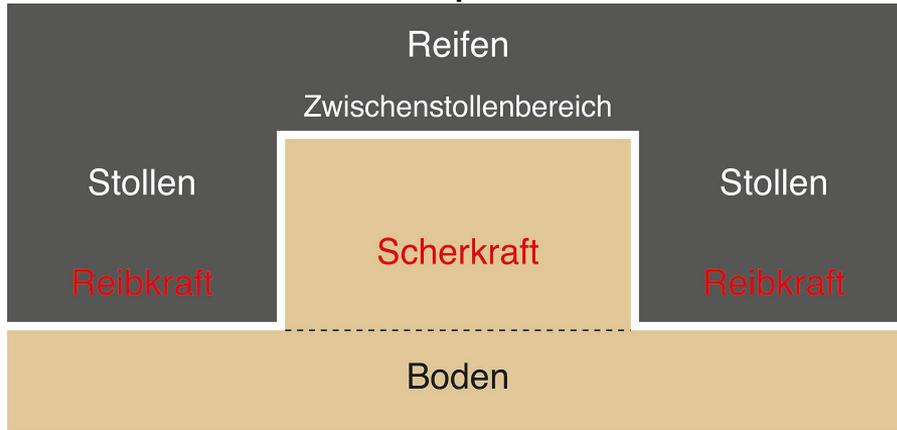


» Mit sinkendem Reifendruck erhöht sich die Verzahnung der Stollen im Boden!

- **Weniger Schlupf** und dadurch **mehr echte Vorfahrt!**
- Weniger **Kontaktflächendruck**
- Weniger **Druck im Boden**

5. Traktion – Schlupf

Wie entsteht Schlupf?



$$\text{Umfangskraft } F_U = \text{Reibkraft } F_R + \text{Scherkraft } F_S$$

Reibkraft + **Scherkraft** + **Reibkraft**

$$F_R = \mu * F_N$$

$$F_S = \tau * A$$

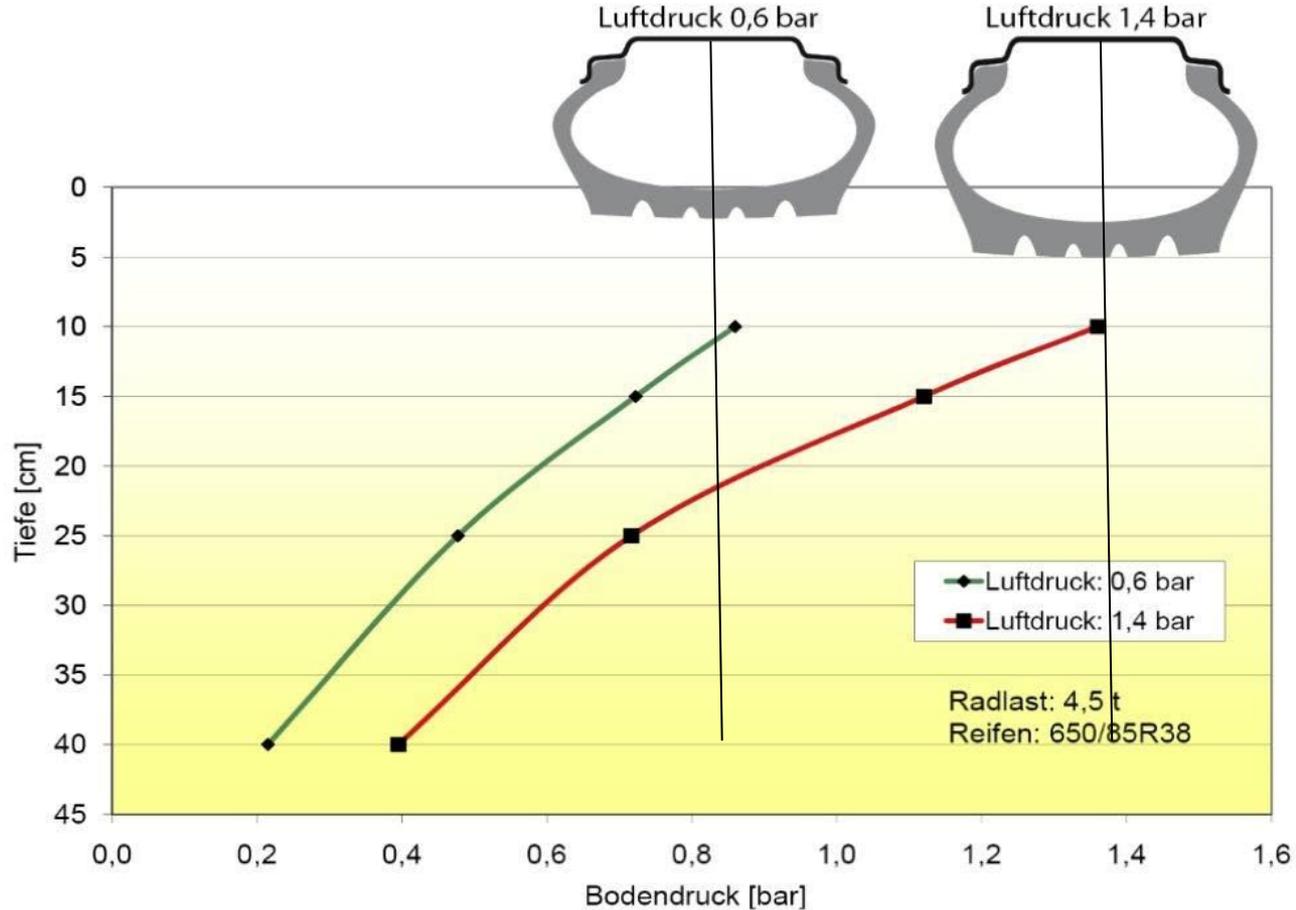
$$F_R = \mu * F_N$$

$$\mu_{\text{Haft}} = \mu_{\text{Gleit}}$$

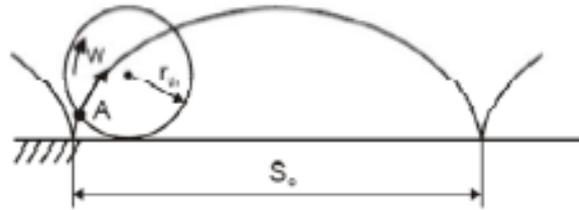
$$\mu_{\text{Haft}} = \mu_{\text{Gleit}}$$

- Die maximale Umfangskraft ist abhängig von Reibkraft und Scherkraft
- Diese sind beide abhängig von Reifen, Radlast + Reifendruck und Bodenbeschaffenheit

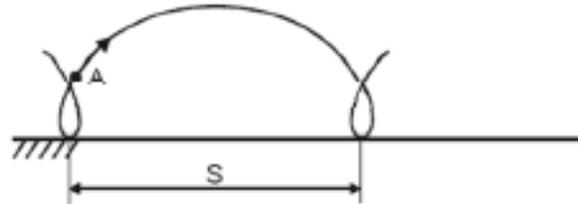
Druck im Boden in Abhängigkeit vom Reifeninnendruck



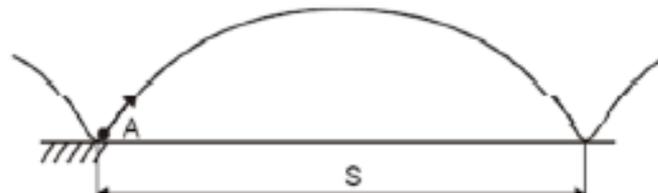
Schlupf – ohne, positiv, negativ



Ohne Schlupf
Radumfang = Abrollstrecke



Positiver Schlupf
Abrollstrecke kleiner Radumfang



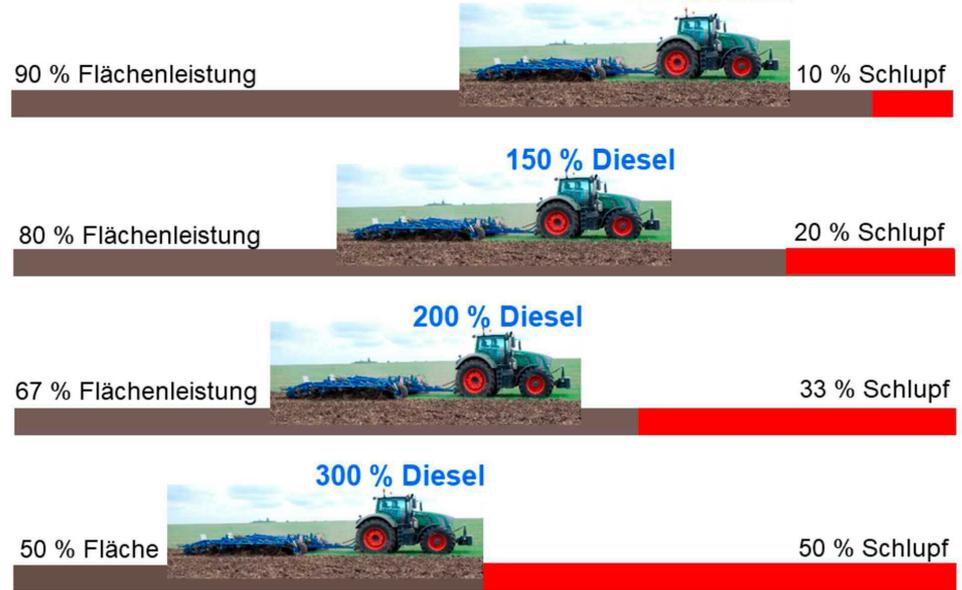
Negativer Schlupf
Abrollstrecke größer Radumfang

Meyer, 2011

5. Traktion

- Wichtigster wirtschaftlicher Faktor
- bis zu einem Schlupf von 20% nicht wahrnehmbar

Flächenleistung und Dieselverbrauch durch Schlupf Dieselverbrauch in % je Hektar

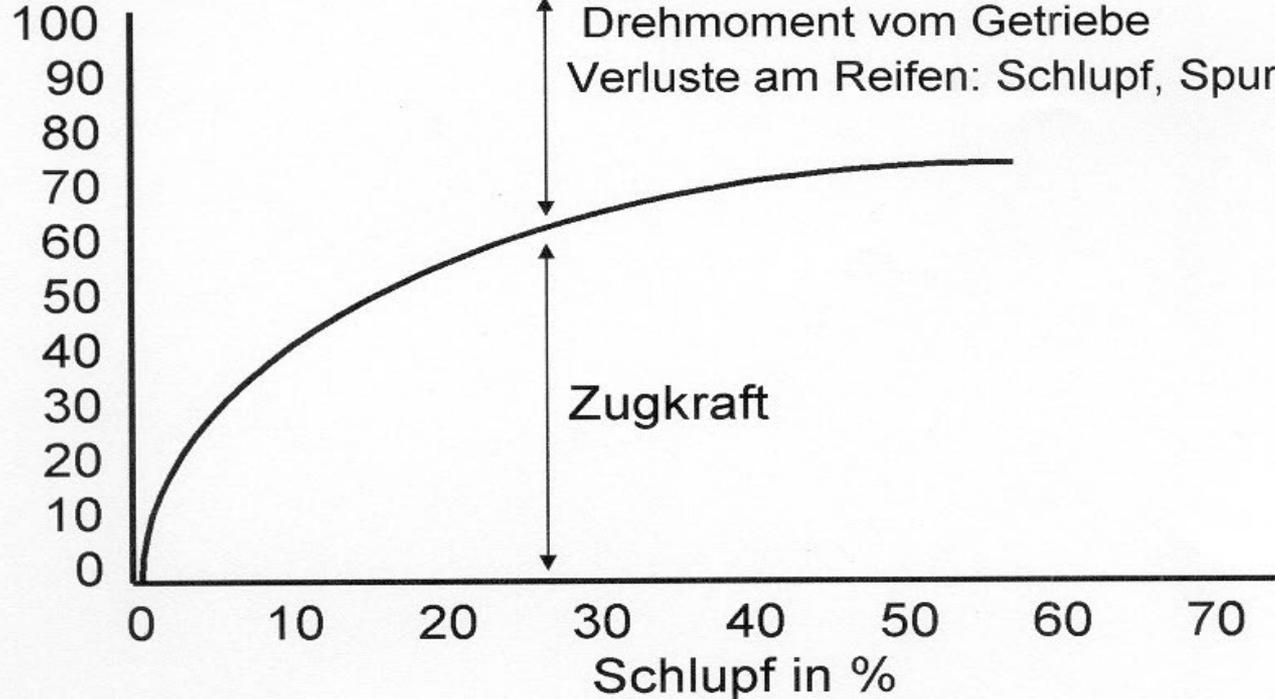


GrubberSchlupfFlächeDiseleJun2020Volk

Landwirtschaftliche Reifen:

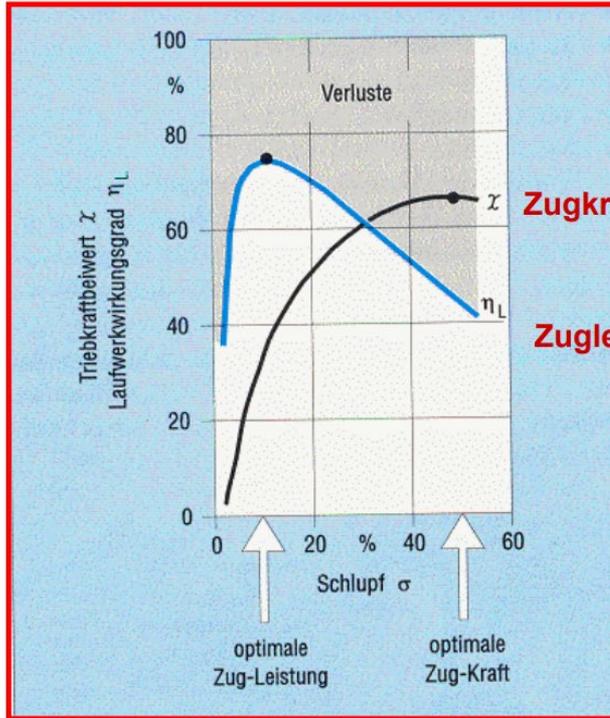
Der Treibkraftbeiwert ist eine dimensionslose Verhältniszahl

Treibkraftbeiwert



Zusammenhang zwischen Schlupf und Zugkraft

5. Traktion

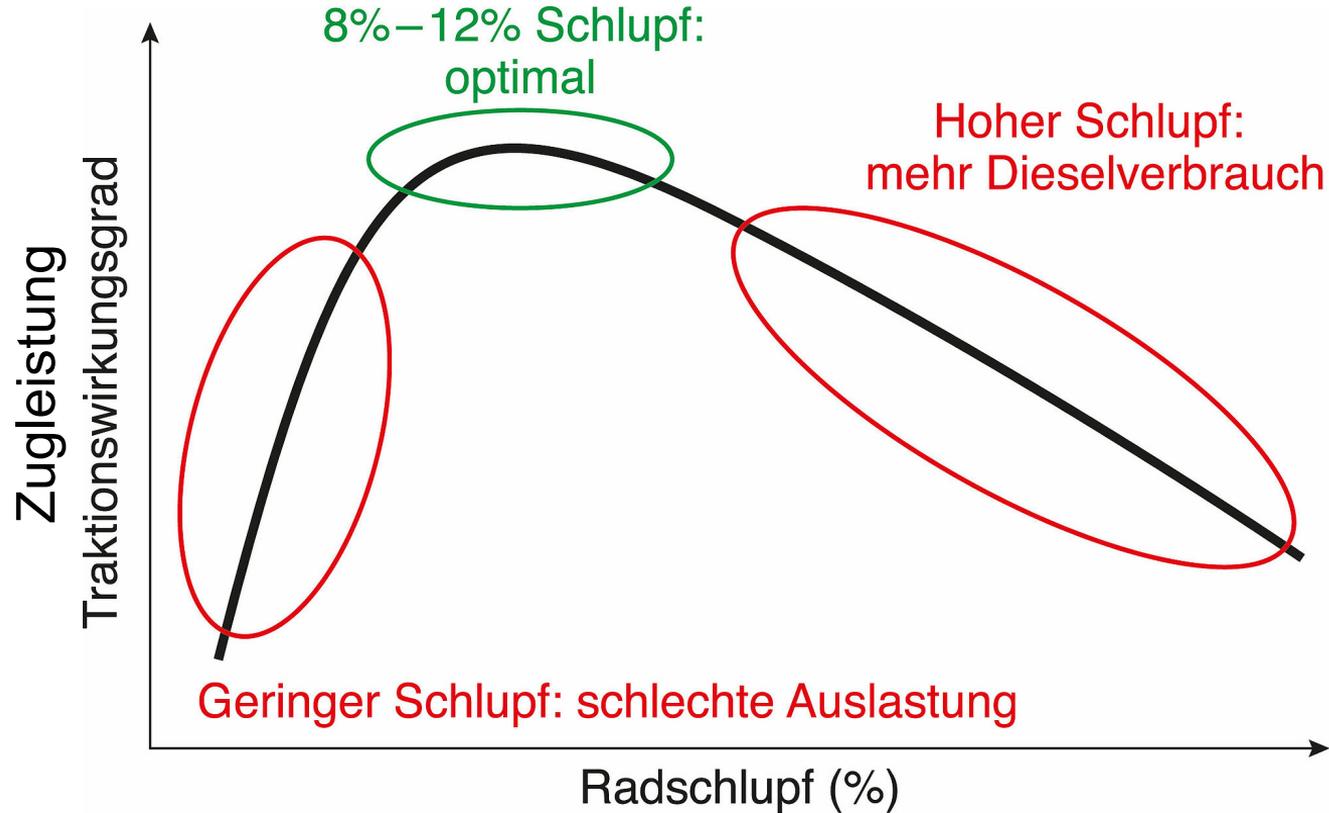


**Mehr Schlupf,
mehr Zugkraft,
weniger Geschwindigkeit
weniger Zugleistung
weniger Effizienz,
höherer Kraftstoffverbrauch**

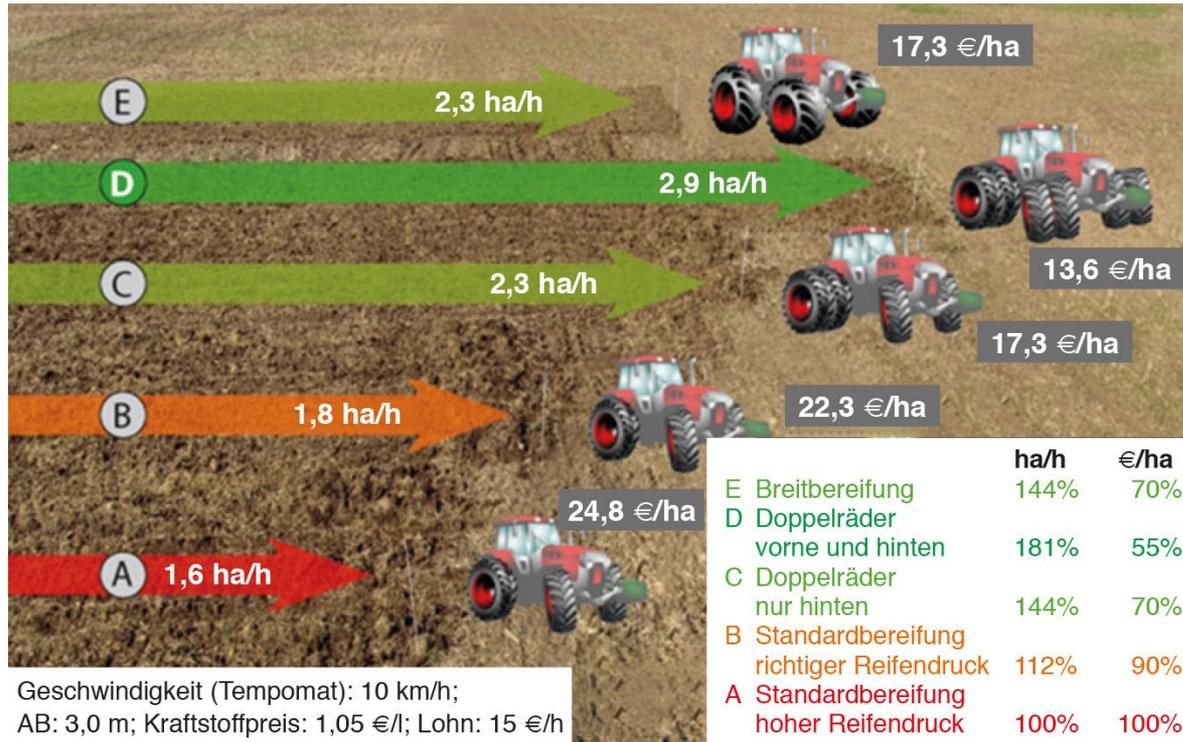
Zugleistung [W]= Zugkraft [N] x Geschwindigkeit [m/sec]



5. Traktion – Schlupf

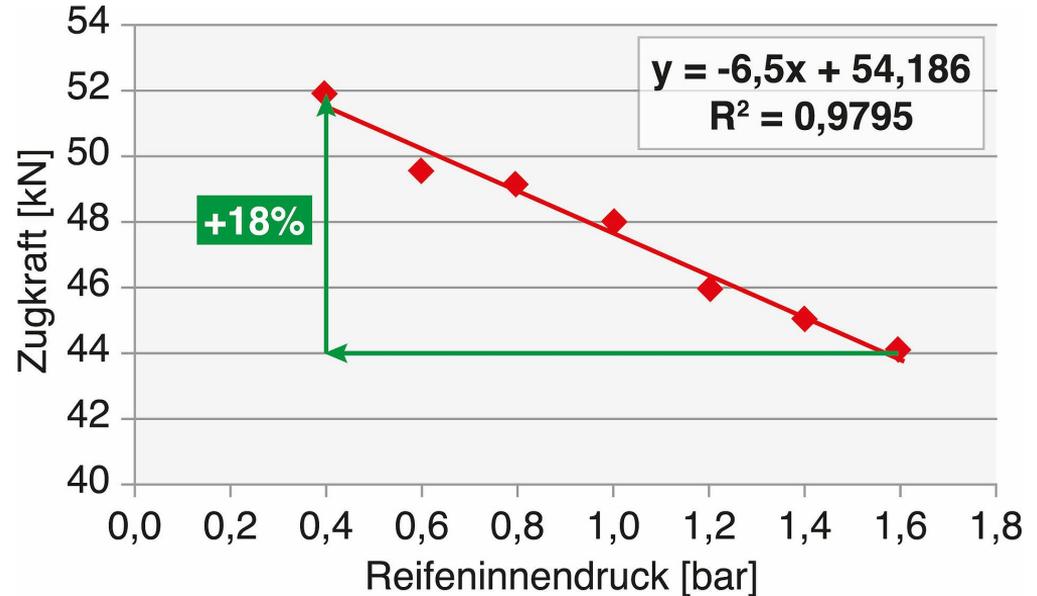


5. Traktion – Einflussfaktor Reifen



5. Traktion – Radlast und Reifendruck

- Je niedriger der Reifeninnendruck, desto größer die Aufstandsfläche des Reifens
- Bei größerer Aufstandsfläche, greifen mehr Stollen vom Profil in den Boden ein
→ dadurch nimmt die Zugkraft zu (gleicher Schlupf)



5. Traktion – Ballastierung

- Traktoren werden immer leistungsstärker bei gleichzeitig kleinerer Bauweise
 - Es muss künstlich mit Gewichten nachgeholfen werden, um die Kraft auf den Boden zu übertragen
- Gewicht so hoch wie nötig, um auf den optimalen Schlupf zu kommen, andererseits so niedrig wie möglich um den Boden zu schonen

5. Traktion – Ballastierung

Ballastierung

direkt

Frontgewicht



Heckgewicht



Radgewicht



indirekt

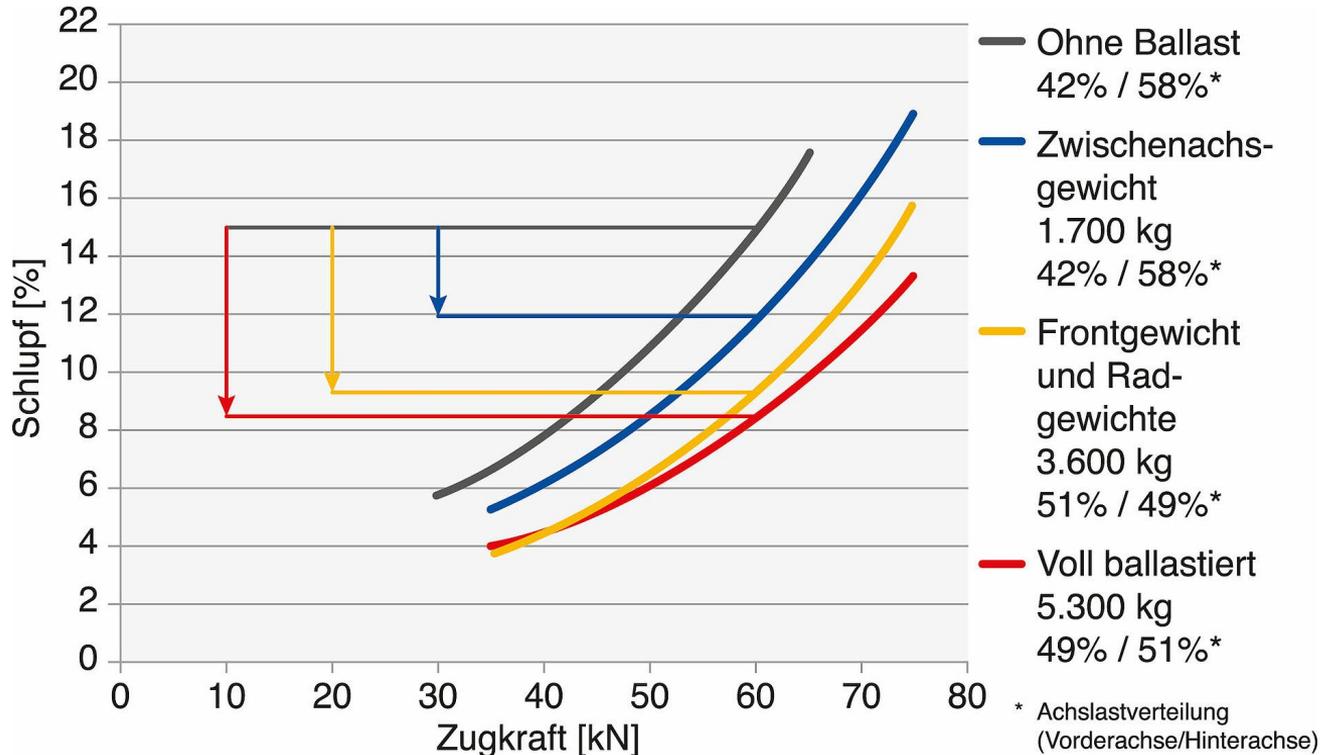
zusätzliche Hinter-
achsbelastung durch
Zugkraft



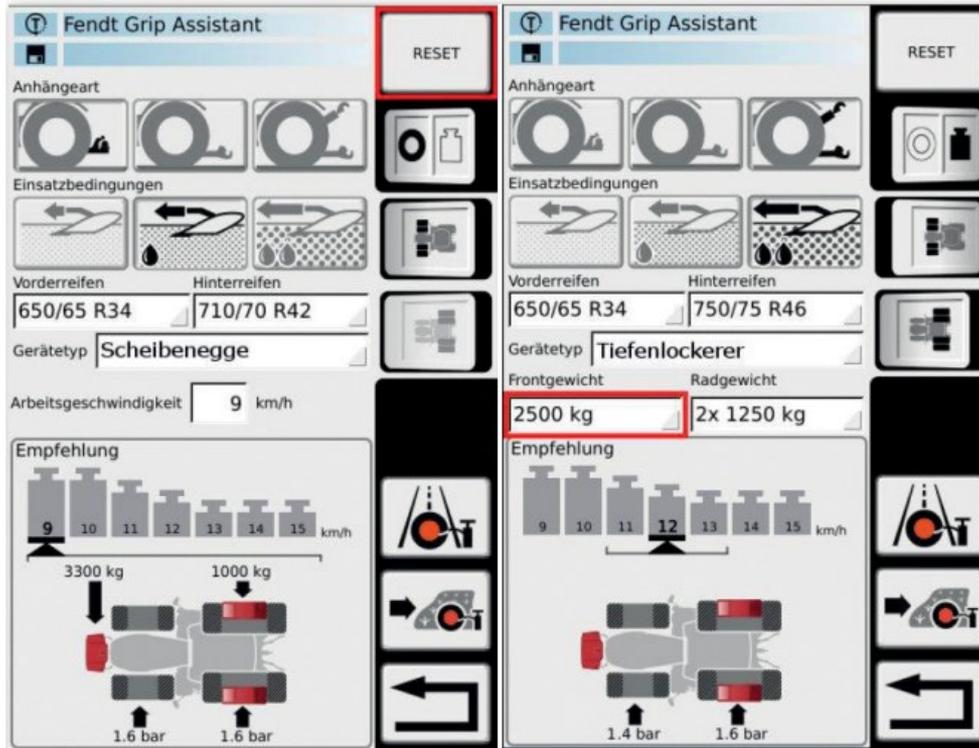
zusätzliche Hinter-
achsbelastung durch
Zugkraftverstärker



5. Traktion – Ballastierung



5. Traktion - Herstellerkonzepte



- Konzepte der Hersteller
- Fendt Grip Assistent
- Eingabe von Bereifung und Anbaugerät
- Es wird automatisch der Reifendruck für beide Achsen und die Auswahl der Gewichte von Front- und Radgewichten berechnet (DLG, 2020)

Film

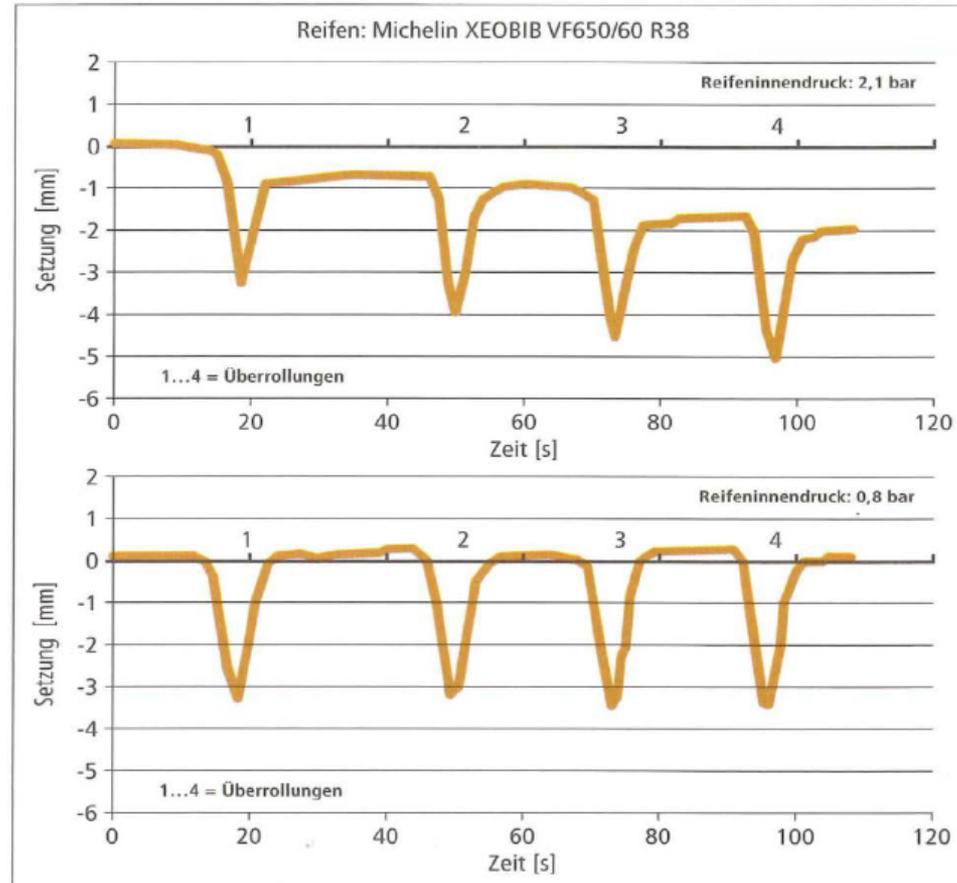
5. Bodenschutz – Multipass Effekt

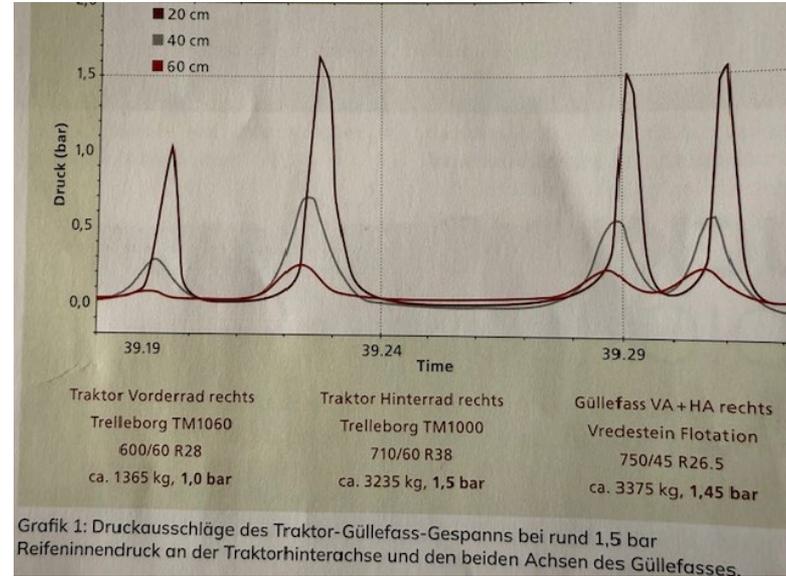
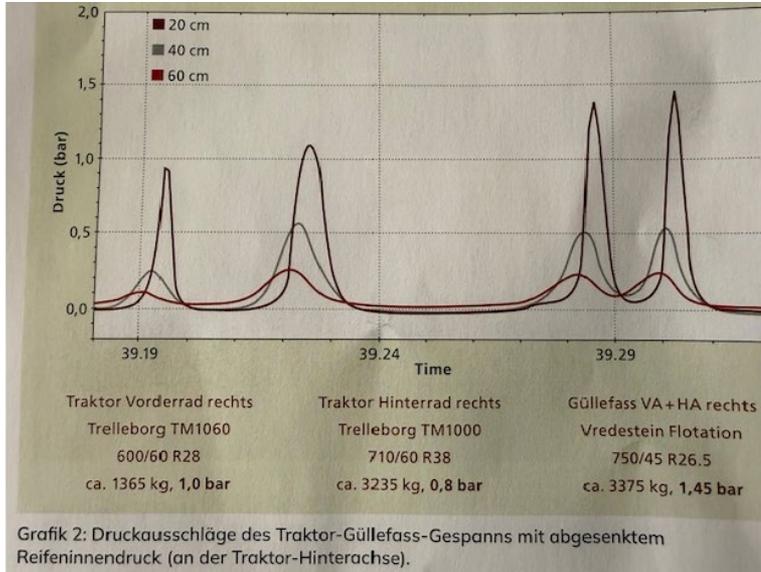
- Mehrfachüberfahrt des Bodens
- Vorteile
 - Bis zu 20% weniger Rollwiderstand ab dem zweiten Reifen
 - Krafteinsparung bei der Überfahrt
 - Durch Vorverdichten des Vorderräder steigt die Zugkraftübertragung der Hinterräder
 - Bei Knicklenkern wirkt er auch bei Kurvenfahrten
- Nachteile
 - Deutlich höhere Bodenverdichtung bis in 40cm tiefe
 - Tiefe Fahrspure bei mehrfachen Überfahrten (Rupert Geischeder, 2011)

Mehrfachüberrollung -Reifeninnendruck

**Bodensetzung in 40 cm
Tiefe nach 4-facher
Überrollung mit
unterschiedlichem
Reifeninnendruck,
Radlast 4 t
(NOLTING et al. 2006)**

**Gute fachliche Praxis
aid infodienst 2013**





6. Voreilung

Die Voreilung gibt prozentual an, wieviel länger der Weg ist den die Vorderräder gegenüber den Hinterrädern bei einem Allradschlepper zurück legen



6. Voreilung

Mögliche Störfaktoren für fehlerhafte Voreilung

→ Alle Änderungen des Reifenumfangs beeinflussen die Voreilung

1. Reifen vorne abgefahren oder weniger Luftdruck als auf Hinterachse → Voreilung wird weniger
2. Reifen hinten abgefahren oder weniger Luftdruck als auf Vorderachse → Voreilung nimmt zu

In beiden Fällen steigt der Spritverbrauch der Maschine!

6. Voreilung

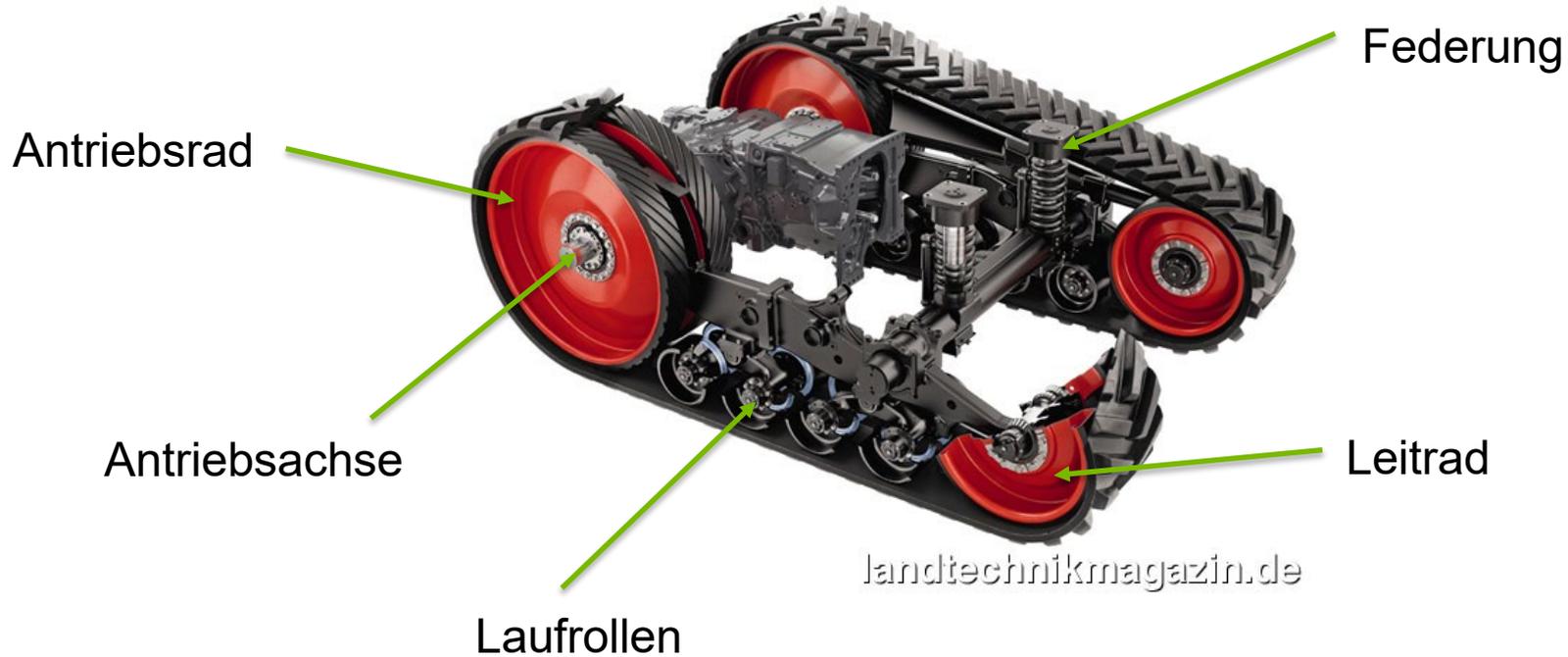
Berechnung der Voreilung: [Video Berechnung Voreilung](#)

$$\text{Voreilung} = \left(\frac{\text{Umdrehungen Front mit Allrad}}{\text{Umdrehungen Front ohne Allrad}} - 1 \right) * 100$$

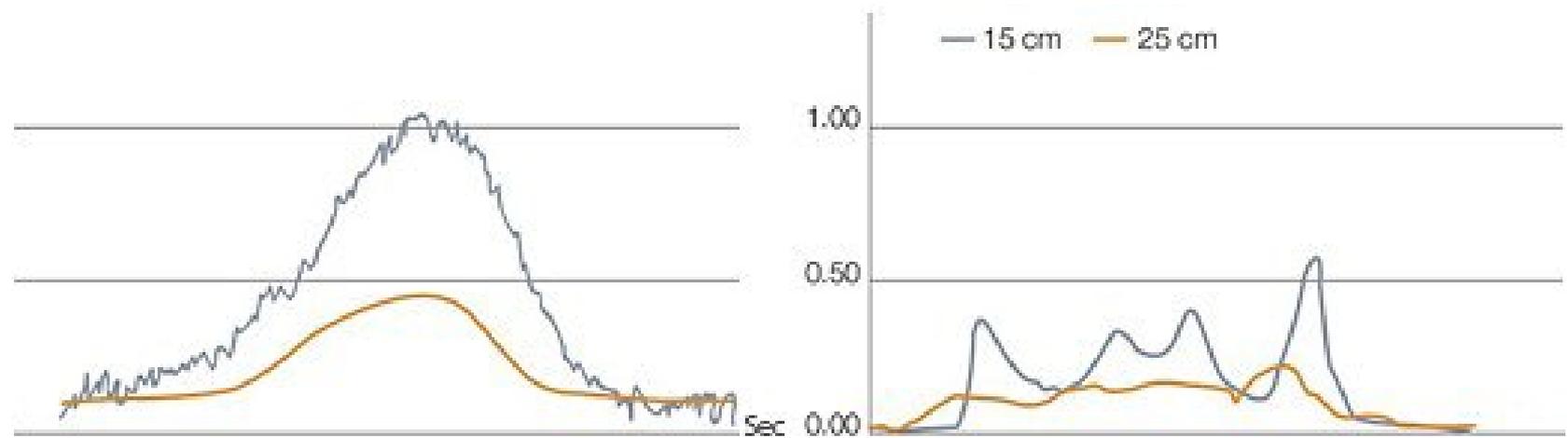
$$\text{Voreilung} = \left(\frac{13,3}{13} - 1 \right) * 100 = 2,31\%$$



7. Bandlaufwerke



7. Bandlaufwerk – Druck



Boden-Druckvergleich von Radmaschine (links) und mit Raupenlaufwerk (rechts) auf einem Claas 960

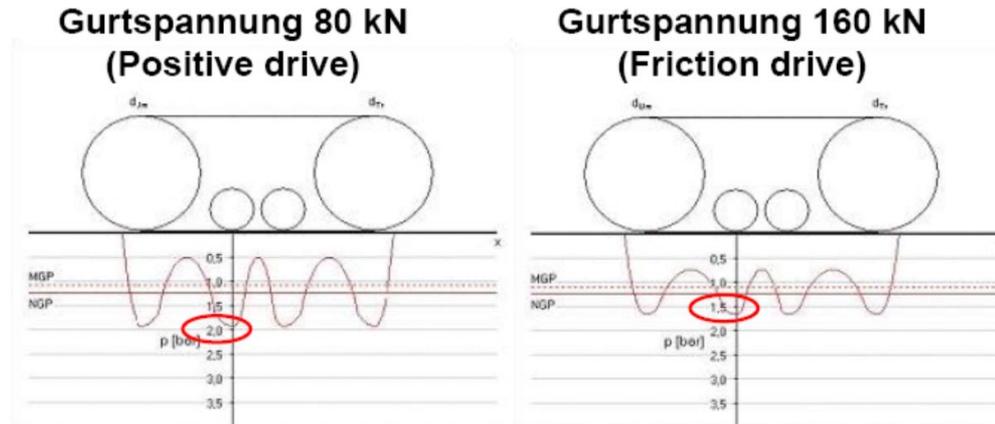
7. Bandlaufwerk

Verschieden Umschlingungswinkel je nach Bauart zwischen 90° und 225°

- Je höher desto weniger Schlupf entsteht zwischen Triebrad und Kette
- Aber auch höherer Rollwiderstand durch die Reibung

Auch die Kettenspannung wirkt sich auf Rollwiderstand und Schlupf aus

- Ist diese zu hoch, ist viel Kraft nötig, nur um die Kette zu drehen
- Bei zu niedriger Spannung rutscht die Kette durch



Stephan Bleischwitz nach Bekker/Wong, Heavy clay, 35% moisture

7. Bandlaufwerk



- Bei Traktoren werden Ketten eingesetzt um die Auflagefläche zu erhöhen
- Zum einen wird der Boden geschont, zum anderen ist es mit Reifen kaum möglich Leistungen von bis zu 1000 PS auf den Boden zu übertragen ohne über die gesetzliche Maximalbreite zu kommen



7. Bandlaufwerk



Vorteile bei selbstfahrenden Maschinen

- Die Bauart kann niedriger gehalten werden, da Raupenlaufwerke weniger Platz wegnehmen
- Durch die lange Aufstandsfläche ist die Schneidwerkanpassung an den Boden besser, da kleine Hügel und Furchen überrollt werden

7. Bandlaufwerk



- Der Boden kann trotz hoher Gewichte schonend befahren werden
- Es besteht die Möglichkeit zusätzliche Antriebe in die Anbaugeräte zu integrieren

7. Bandlaufwerke – Besonderheiten

Durch das Anheben des Laufrads mithilfe der Stützrollen wird im Vorgewende die Aufstandsfläche um 30% reduziert (Claas, 2017)

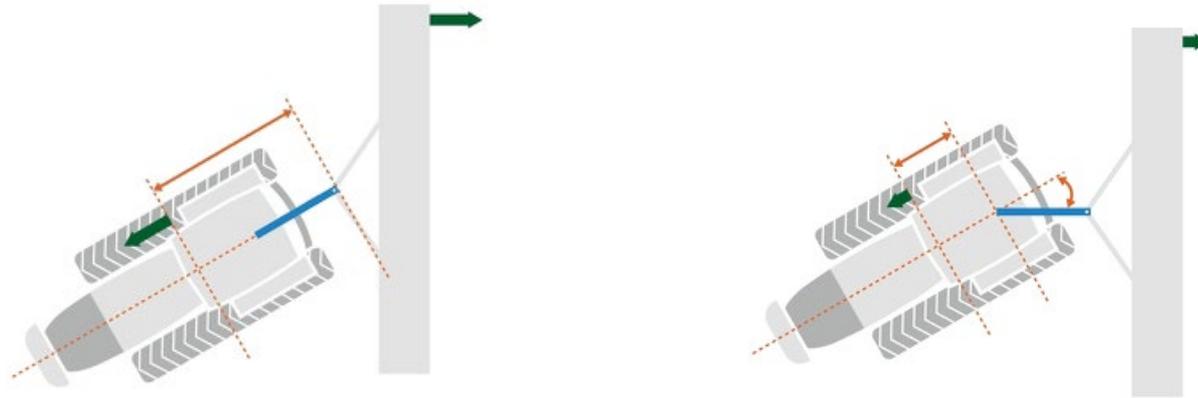


[Video](#)



7. Bandlaufwerke - Besonderheiten

Schwenkbare Zugstange und Kraftheber



Vorteil: Der tatsächliche Drehpunkt des Traktors ist näher an seinem natürlichen Drehpunkt → geringerer Zugkraftbedarf und Kraftstoffeinsparung

7. Bandlaufwerke

Vorteile:

- Bodenschonung bei schweren Maschinen auf empfindlichen Böden
- Bessere Traktion durch Verzahnung mit dem Boden
- Vergrößerung der Aufstandsfläche ohne Überschreitung der maximalen Fahrzeugbreite bei Straßenfahrten
- Kein Schwanken bei schweren Maschinen
- Sehr hohe Wendigkeit

(Eilbote, 2020)

7. Bandlaufwerke

Nachteile:

- Geringerer Innenwirkungsgrad durch 4- bis 6- mal höheren Innenrollwiderstand (bodenunabhängig)
- Schäden durch Abscherung bei Kurvenfahrten im Vorgewende
- Schwacher Seitenhalt an Hängen
- Mehrkosten in der Anschaffung
- Höheres Eigengewicht des Fahrwerks

(Eilbote, 2020)

8. Systeme zu Reifendruckregulierung

Unterscheidung zwischen

Mobile Regelanlagen	Fest montierte Regelanlagen
<ul style="list-style-type: none">• Manuell geregelt• Halbautomatisch geregelt	<ul style="list-style-type: none">• im Stand regelnd und während der Fahrt regelnd

8. Systeme zur Reifendruckregulierung



- Mobile manuelle Anlage
 - Günstig in der Anschaffung (250€)
 - Schnelle Entleerung des Reifens (650/65 R 38 in 50sek von 1,4 auf 0,8 bar)
 - Einfache Bedienung
- (BayWa, 2022)

8. Systeme zur Reifendruckregulierung



- Mobile teilautomatisch geregelte Reifendruckanlage
- Kann achsweise den Druck verändern
- Druck frei wählbar
- Liegt preislich bei etwa 1000€

8. Systeme zur Reifendruckregulierung (1-leiter-System)



- Druckschlauch mit manuellem Ventil für Stand-by Modus
- Steuerung Radventil mit Über-/ Unterdruck
- Vorteil
 - Geringer Raumbedarf
 - Einfaches System
 - Niedrige Kosten
- Nachteile
 - Permanent druckbeaufschlagt und dadurch niedrige Lebensdauer
 - Unpraktisch durch manuellen Absperrhahn

8. Systeme zur Reifendruckregulierung (2-leiter-System)



- Steuerkanal für Ventile
- Vorteile
 - Drucklos Leitungen im Stand-by
 - Minimierung der Fehlerquellen bei Leitungsabriss und Steigerung der Lebensdauer
- Nachteile
 - Höhere Kosten
 - Größerer Bauraumbedarf

8. Systeme zur Reifendruckregulierung

Montage der stationären Systeme über Innen- oder Außenführung



8. Systeme zur Reifendruckregulierung

Außenliegende Leitung

- Einfache Installation
- Günstiger in der Anschaffung
- Kann jedoch leicht abgefahren werden

Innenliegende Leitung

- Schwieriger zu installieren
- Teure Anschaffung
- Ist besser vor Hindernissen geschützt

Alexander Städele, 2015

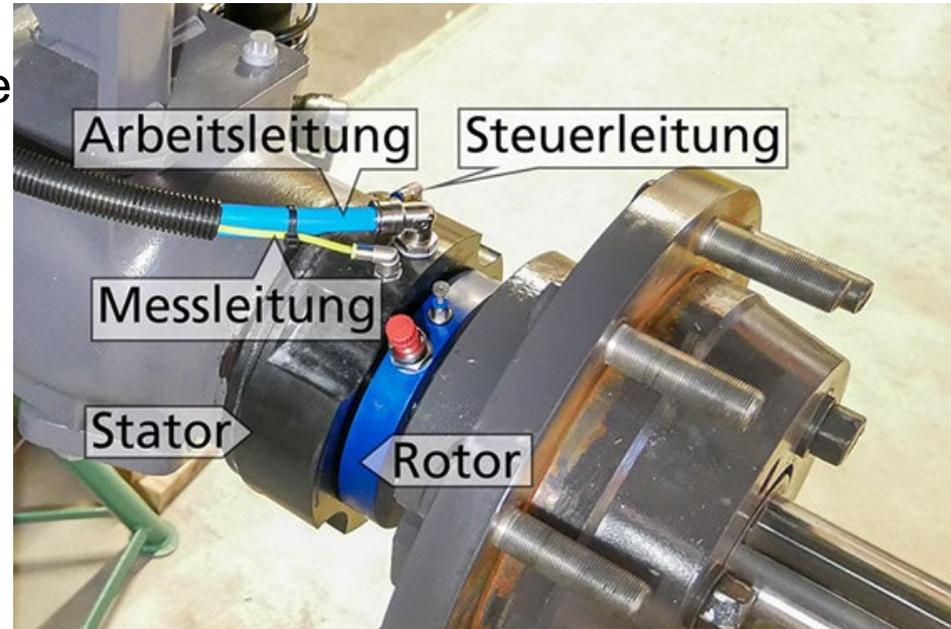
8. Systeme zur Reifendruckregulierung

- Innenliegende Leitung mit Radiallösung an Flanschachse
- Wenig Platzbedarf
- Drehführung auf Achsflansch durch zwei Scheiben



8. Systeme zur Reifendruckregulierung

- Innenliegende Leitung mit Radiallösung an Steckachse
- Drehführung vor Achstrichter
- Häufigste verbaute Hinterachse
- Genügend Abstand zwischen Felge und Achstrichter nötig
→ 12,5cm



8. Systeme zur Reifendruckregulierung

- Innenliegende Leitung mit gebohrter Anhängerachse
- Abdichtung zu Achsträger notwendig
- Bei nachträglicher Bohrung
→ Tragfähigkeit beachten



8. Systeme zur Reifendruckregulierung

Systeme zur Luftbeschaffung

- Über Druckluftsystem des Traktors
 - Günstig in der Anschaffung
 - Lange Füllzeit
- Über externen Kompressor
 - Deutlich teurer in der Anschaffung
 - Sehr schnelle Füllzeit



Film

Rechenbeispiel zu Druckerhöhung

Trecker Hinterreifen (650/65 R38) : 800 Liter Luftvolumen

Sollen von 0,8 auf 1,4 bar aufgepumpt werden

$$\rightarrow 2 * 800\text{l} * 0,6\text{bar} = 1000\text{l}$$

Reifen eines Tridem Güllefass (750/70 R26) : 900l Luftvolumen

1,0 auf 3,0 bar aufzupumpen

$$6 * 900\text{l} * 2 \text{ bar} = 11000\text{l}$$

DIE REIFENDRUCK-VERSTELLANLAGEN IM VERGLEICH

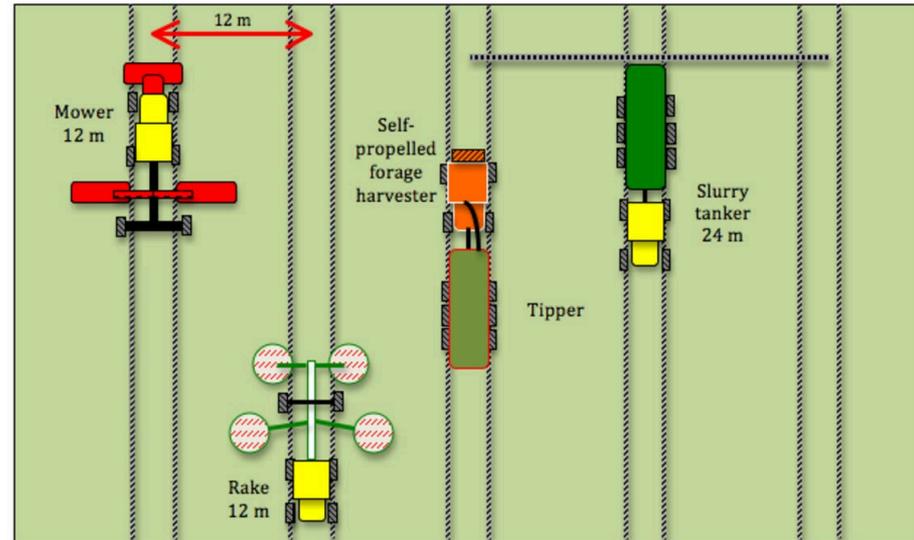
ANBIETER	ANLAGEN OHNE ZUSATZKOMPRESSOR				ANLAGEN MIT ZUSATZKOMPRESSOR			
	FENDT	HRA	JOHN DEERE	TERRACARE	CLAAS	PTG	ROTTMANN	STG
Modell	VarioGrip	ISOfill	PTG Airbox/ drive 2L	RDRST-2A	CTIC 2800	RDS/radial 2L + Airbox/drive	Speedfill 5500	Reifenregler
Anlagentyp	2-Leiter	1-Leiter	2-Leiter	1-Leiter	2-Leiter	2-Leiter	1-Leiter	1-Leiter
Traktor	828 Vario	JD 6230R	JD 6250R	Steyr 6300	Axion 870	MF 8.265S	JD 6215R	JD 6210R
Kompressor	Doppelkolben	Einfachkolben			Schrauben- verdichter	Flügelzellen- verdichter	Schraubenverdichter	
Luftleistung ¹⁾	720 l/min	240 l/min		225 l/min	2800 l/min	2000 l/min	5500 l/min	3200 l/min
Reifen	Trelleborg TM 1000	Michelin MachXBib		Mitas SFT	Michelin Axiobib 2			Michelin MachXBib
Vorne Größe, Volumen	IF600/70R30 571 l	600/70R30 608 l		650/60R34 720 l	VF600/70R30 600 l			600/70R28 597 l
Hinten Größe, Volumen	IF710/70R42 1084 l	710/70R42 1163 l		710/75R42 1267 l	VF710/70R42 1160 l			650/85R38 1146 l
DRÜCKE UND ZEITEN								
Entleerzeit	5 min 30 s	2 min 00 s	5 min 00 s	2 min 20 s	1 min 15 s	4 min 00 s	2 min 00 s	1 min 40 s
Abschaltdruck unten (Soll 0,8 bar)	0,84 bar	0,83 bar	0,77 bar	0,84 bar	0,95 bar	0,81 bar	0,79 bar	1,07 bar
Füllzeit	7 min 00 s	17 min 00 s	17 min 30 s	15 min 00 s	2 min 25 s	3 min 35 s	5 min 20 s	1 min 40 s
Abschaltdruck oben (Soll 1,8 bar)	1,79 bar	1,77 bar	1,70 bar	1,73 bar	1,80 bar	1,70 bar	1,79 bar	2,10 bar
LISTENPREISE (OHNE MWST.)								
Regelanlage ²⁾	16760 €	3740 €	13870 €	6820 €	7015 €	7785 €	3480 €	2260 €
...Steuerung	Vario-Terminal	ISO-Bus	ISO-Bus	ISO-Bus	ISO-Bus	ISO-Bus	ISO-Bus	970 €
...Montage	Inklusive	1450 €	Inklusive	1600 €	Inklusive	1020 €	1100 €	1570 €
Zusatz- kompressor ²⁾	nicht verfügbar	(6800 €, 2800 l/min)	nicht verfügbar	(ab 4980 €, 1000 l/min)	6105 €, 2800 l/min	5790 €, 2000 l/min	6680 €, 5500 l/min	6230 €, 3200 l/min
...Montage	–	(1020 €)	–	–	inklusive 640 €	inklusive	inklusive	1000 €
Testausstattung	16760 €	5190 €	13870 €	8420 €	13120 €	15235 €	11260 €	12030 €

Preise in (€); keine Testausstattung; ¹⁾ Herstellerangaben; ²⁾ incl. Zubehör

Profi, 2022

9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung – Controlled traffic farming

- CTF bedeutet, dass über Jahre hinweg immer die gleichen Fahrgassen benutzt werden
 - Feld wird aufgeteilt in Fahrspur- und Wachstumsraum
 - keine Bodenverdichtung im Wachstumsbereich von Pflanzen



9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung – Controlled traffic farming

Vorteile:

- Einsparung von 15 – 50% der Energie für die Bodenbearbeitung
- Bis zu dreimal so viele Feldarbeitstage im Frühjahr
- Steigert das Infiltrationsvermögen, die Wasserspeicherung und die Luftführung im Boden
→ kann bei klimatischen Extremen stabilere Erträge liefern

Nachteile:

- Schwierige Abstimmung der verschiedenen Arbeitsbreiten aufeinander
- Durch das permanente Befahren der selben Spuren können sich Fahrriellen bilden, wodurch z.B. die Aussaatiefe beeinflusst wird (agrarheute, 2016)

9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung – Controlled traffic farming



- Nexat Arbeitsmaschine
- 15m breites Trägerfahrzeug
- Mehrere Zwischenanbauten möglich
- Nur 5% überfahrene Fläche
 - normalerweise um die 70%
 - Herkömmliches CTF 20%

[CTF Nexat Video](#)

(Nexat, 2022)

9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung – John Deere EZ Ballast

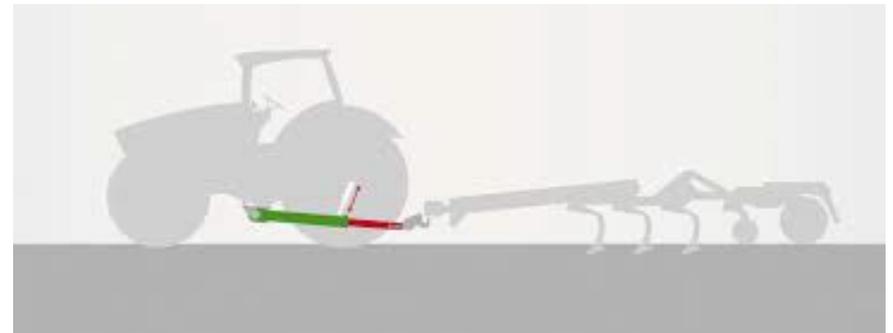
- Gewichtplatte mit 1,7 Tonnen, die innerhalb einer Minute am Traktor montiert werden kann ohne dabei abzustiegen
- Sehr einfaches System, dafür kostenintensiv (11700€) (Profi, 2021)
- [Video](#)





9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung – Fendt Variopull

- Umverteilung des Gewichts möglichst weit Richtung Vorderachse
- Bessere Traktion durch optimale Stützlastverteilung des Arbeitsgerätes auf den Bulldog
- Silbermedaille zur Agritechnica 2017



[Fendt Variopull Video](#)

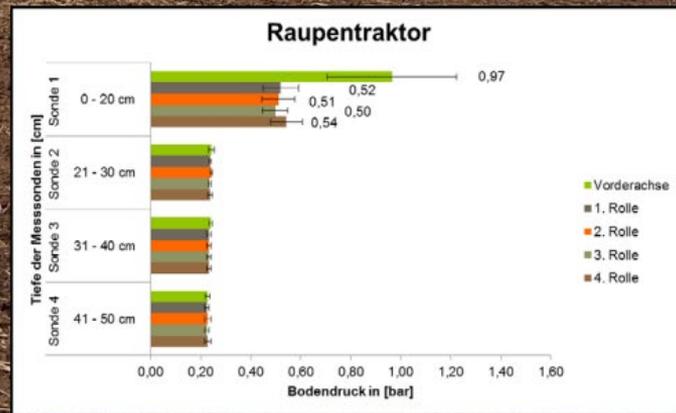
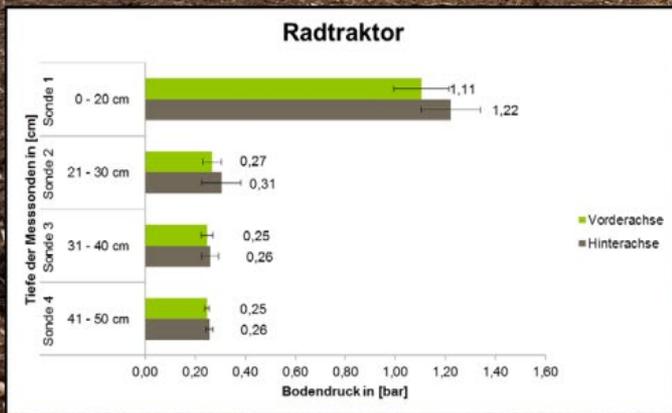
9. Konzepte zur Zugkraftoptimierung und Bodenschonung – Claas Terra Truck



- Hohe Zugleistungen
- Bodenschonend
- Kompakte Abmessungen
- Einsatzsicherheit auch in schwierigen Bedingungen

[Claas TT Video](#)

Projektstudie: Bodenbelastung und Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung bei unterschiedlichen Fahrwerkstypen



Zusammenfassung

- Durch angepassten Reifendruck und angepasste Ballastierung lassen sich für jeden Landwirt monetäre Vorteile erzielen
- Aktuell zeichnet sich ein klarer Trend immer mehr zum Raupenschlepper oder Halbraupenschlepper ab
- Bis zu 500 PS Motorleistung haben Standartschlepper jedoch ihre Berechtigung

Zusammenfassung

- In Zukunft wird die Zugkraftübertragung zunehmend von der Digitalisierung beeinflusst werden
- Für die Praxis bedeutet dies, dass die optimierte Traktion mehr und mehr mithilfe intelligenter Systeme umgesetzt wird und der Schlepper selbst Einstellungen vorschlägt oder übernimmt, um den Arbeitseinsatz so effizient wie möglich zu machen

Quellen

Vredo, 2020

https://www.vredo.com/fileadmin/user_upload/images/products/vt/VT7138/VT7138_details/VT7138_Flyer_DUI.pdf

Claas, 2010

https://www.claas.de/blueprint/servlet/resource/blob/1791892/399fb5d451f1810279e46c54ce6a12b4/report_forageharvesters_jaguar970-data.pdf

Autolexikon, 2022

<https://www.mein-autolexikon.de/reifen-und-raeder/reifen.html>

Heuver, 2022

<https://www.heuver.de/fachkenntnisse/erdbewegung/unterschied-zwischen-radialreifen-und-diagonalreifen>

Agrama, 2018

https://www.agrartechnik.ch/fileadmin/user_upload/aktuell/Die_Karten_sind_frisch_gemischt.pdf

Eichhorn, 1999

Eichhorn, Horst (1999), Landtechnik, 7. Auflage, Hohenheim; S109 ff

Quellen

Bridgestone, 2022

<https://blog.bridgestone-agriculture.de/welche-agrarreifentechnologie-sollte-man-w%C3%A4hlen-standard-if-oder-vf>

DLG, 2020

https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_461.pdf

Stmuv.bayern

https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/lernort_boden/doc/modul_a.pdf, S. 4ff

Rupert Geischeder, 2011

<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1006977/1006977.pdf>

Profi, 2021

<https://www.profi.de/ez-ballast-unterflurgewicht-hydraulisch-mehr-ballast-schnell-und-wirksam-12525991.html>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 104: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_461.pdf

Abbildung 105: Präsentation Ulrich Groß

Abbildung 106: Präsentation Ulrich Groß

Abbildung 107: <https://www.topagrar.com/technik/news/john-deere-laforge-gewicht-ez-ballast-hydraulisch-mehr-ballast-9369465.html>

Abbildung 108: https://www.ptg.info/images/rds_deut_0620561x374.jpg?crc=4068081254

Abbildung 109: <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/fe67c9760b8849f532c9fdb30843a0c6f39a21c/10-Figure1-1.png>

DANKE

für ihre Aufmerksamkeit!

*Applied Sciences
for Life*