

Diskussion

Digitalisierung und
Vernetzung

Seite 12



Feldtage

Zuckerrübenpflege
der Zukunft

Seite 50



Reifen- und Raupentechnik

Ursachen und Wirkung
erkennen

Seite 40



Fotos: Stirnimann, Lützen, Werksbilder

Reifen- und Raupentechnik

Ursachen und Wirkung erkennen

Landmaschinen sind in den letzten Jahrzehnten stetig **schlagkräftiger und schwerer** geworden. Insbesondere selbstfahrende Maschinen kommen mit vollen Korntanks/Bunkern heute schnell auf Achslasten von weit über 10 t. Umso wichtiger sind deshalb **Kenntnisse über die Fahrwerkstechnik** und die Auswirkungen von Maschinenüberfahrten auf den Boden.

Bei Landwirtschaftsreifen wurden in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte erzielt. Aus den „runden, schwarzen Dingern mit einem Loch in der Mitte“ haben sich leistungsfähige Reifen mit verbesserten Zugkraft-Schlupf-Kurven und hohem Reifeninnendruckabsenkungspotenzial auf dem Feld sowie guten Laufeigenschaften und geringem Verschleiß auf der Straße entwickelt. Die Basis hierfür stellt die Radialtechnologie dar, bei der die durchgehenden Gewebelagen quer zur Fahrtrichtung von Wulst zu Wulst verlaufen. In der Lauffläche gibt es zusätzliche Schichten mit diagonal verlaufenden Geweben. Dieser Aufbau führt einerseits zu weichen Seitenwänden (Flanken) und somit stärkerem

„Einfedern“ bei geringen Innendruck; der Reifen kann sich dadurch breiter und insbesondere länger machen. Andererseits verleihen die diagonalen Schichten in der Lauffläche dem Reifen Festigkeit und schützen ihn vor Verletzungen auf rauen Fahrbahnen. Aufgrund dieses „Gürtels“ wurden Radialreifen anfänglich auch als Gürtelreifen bezeichnet.

Große Reifenvielfalt

Das Verhältnis zwischen Seitenwandhöhe und Breite von typischen Traktorreifen lag in den 1980er-Jahren meistens bei 0,85 (85 %), weshalb 85er-Reifen heute noch als Standardreifen gelten. In den 1990er-Jahren begannen die Hersteller zunehmend Reifen-

serien mit geringeren Querschnittsverhältnissen (Seitenwandhöhe/Reifenbreite) vorzustellen. Ein Beispiel hierfür war die Reifenreihe XM108 von Michelin mit 65er-Querschnitt. Bezeichnet werden diese Reifen u. a. als Breitreifen, Niederdruckreifen oder Niederquerschnittreifen. Der Vorteil ist hier, dass Breite und Luftvolumen bei einem bestimmten Außendurchmesser – der bei Traktoren abhängig von der Leistungsklasse/Baugröße begrenzt ist – größer sind (siehe Abb. 1). Mit größerem Luftvolumen steigt bei Reifen auch deren Tragfähigkeit bei einem bestimmten Reifeninnendruck an. Umgekehrt bedeutet das, dass die in der Praxis erforderlichen Tragfähigkeiten mit geringeren Reifeninnendruck erreicht wer-

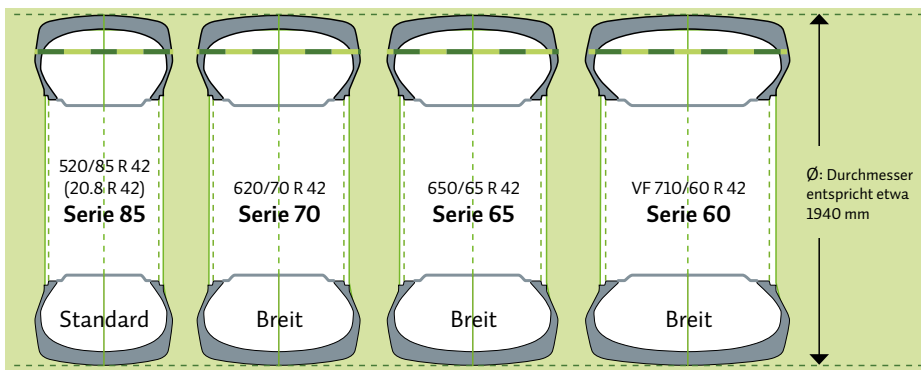


Abbildung 1: Überblick über gängige Reifenserien für Traktoren bei gleicher Felgenreöße und gleichem Außendurchmesser.

den können. Wird dieses Absenkungspotenzial ausgenutzt, federt der Reifen stärker ein, was zu einer größeren Kontaktfläche führt.

Die Hersteller von AS-Reifen bieten heute eine Vielzahl von Querschnittsverhältnissen an. Auf die Frage, wo der Übergang zwischen Standard- und Breitreifen heute liegt, kriegt man meistens keine schlüssige Antwort, folgende Einteilung dürfte aber passen:

- Standardreifen: Querschnittsverhältnisse 85, 80, 75
- Breitreifen: Querschnittsverhältnisse 70, 65, 60

Neben diesen typischen Verhältnissen gibt es auch Pflegereifen mit 90er- und 95er-Querschnitten sowie 55er, 50er und 45er, die u. a. bei Erntemaschinen und Anhängern zur Anwendung kommen und teilweise als Superbreitreifen bezeichnet werden.

IF- und VF-Technologie

Bei Radialreifen wurde in den letzten zwei Jahrzehnten nicht nur in die Modellvielfalt investiert, sondern auch in alternative Profilformen und in noch flexiblere Seitenwände. Letzteres läuft unter den Kürzeln IF (Improved Flexion) und VF (Very High Flexion). Die

ZUSAMMENGEFASST

- Mit größerem Luftvolumen steigt bei Reifen auch deren Tragfähigkeit bei einem bestimmten Reifeninnendruck an.
- Reifendruckverstellanlagen (RDA) sind das beste Mittel, um die Vorteile von modernen Reifen richtig auszunutzen.
- Maßnahmen zur Vergrößerung der Kontaktfläche wirken sich primär auf die Bodendrücke im Oberboden aus.
- Hohe Radlasten haben eine besonders negative Auswirkung auf die Bodendrücke im Unterboden.

Gewebelagen in den Seitenwänden sind so aufgebaut, dass diese Premiumreifen noch stärker „einfedern“ können, ohne Schaden zu nehmen. Bei VF-Reifen sind damit bis zu 40 % höhere Tragfähigkeiten bei einem bestimmten Reifeninnendruck oder bis zu 40 % geringere Reifeninnendrucke bei einer



www.yokohama-oh.com



AGRI STAR II

VON UNS ENTWORFEN. VON IHNEN VERTRAUT.

“KRAFTVOLLE STOLLEN, HOHE PROFILTIEFE UND DIE ZUVERLÄSSIGE TRAKTION, DIESE REIFEN LIEFERN NOCH MEHR ALS ERWARTET.”

- Wouter Vijfinkel
(Inhaber eines Lohnunternehmens)

**Neue
Größen
Erhältlich**

Ihr Vertragshändler für Deutschland:
Bohnenkamp
Moving Professionals

Bohnenkamp AG
Dieselstraße 14 | 49076 Osnabrück
Telefon: +49 (0) 541 121 63-0 • www.bohnenkamp.com



Scan me



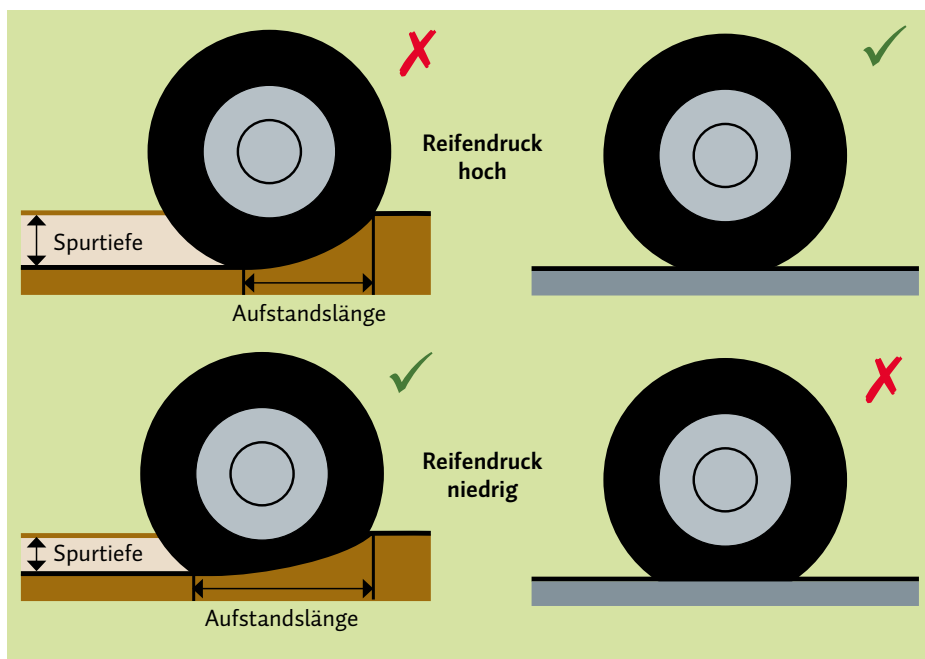


Abbildung 2: Straße-Feld-Dilemma

bestimmten Tragfähigkeit möglich. IF-Reifen liegen diesbezüglich zwischen klassischen Radialreifen und VF-Reifen. In den meisten Fällen sind für VF-Reifen breitere Felgen mit speziellen Felgenhörnern erforderlich. Genutzt werden können die oben genannten Potenziale beispielsweise für Arbeiten mit stetigem Straße-Feld-Wechsel (z. B. Gülleausbringung), indem sich tiefe Straße-Feld-Kompromissdrücke im Bereich von 1 bar einstellen lassen. Das Fahren auf der Straße mit solchen Drücken ist von der Reifentechnik her grundsätzlich möglich, vom Fahrverhalten, Reifenverschleiß und Rollwiderstand her aber nicht optimal. Auf dem Feld haben tiefe Reifeninnendrucke hingegen fast nur Vorteile: Höhere Zugkraft, weniger Schlupf, geringerer Rollwiderstand und weniger Bodendruck. Das sogenannte „Straße-Feld-Dilemma“ ist in Abbildung 2 dargestellt.

RDA: Gut, aber aufwendig

Reifendruckverstellanlagen (RDA) sind das beste Mittel, um die Vorteile von modernen Reifen richtig auszunutzen. Diese werden in der Praxis oft als Reifendruckregelanlagen bezeichnet, was aber nicht ganz korrekt ist, weil die Reifeninnendrucke – Stand heute – noch nicht automatisch geregelt/eingestellt werden. Solche Anlagen sind schon für Traktoren recht teuer und das Erhöhen der Reifeninnendrucke mit den üblichen Kompressoren von pneumatischen Anhängerbremsanlagen erfordert viel Zeit. Hohe Radlasten gibt es bei landwirtschaftlichen Fahrzeugkombinationen aber sehr oft auch „hinten“, das heißt bei Anhängern, weshalb RDA auch hier sehr sinnvoll wären. Arbeiten mit stetigem Straße-Feld-Wechsel können dann aber nur noch mit Zusatzkompressoren auf Trak-

tor oder Anhänger vernünftig ausgeführt werden.

Kontaktflächendruck vs. Tiefenwirkung

Bei Diskussionen zum Thema Bodendruck/-schonung liegt der Fokus oft auf dem mittleren Kontaktflächendruck. Dabei handelt es sich aber nur um die eine Hälfte der „Wahrheit“, die andere Hälfte ist die durch hohe Radlasten verursachte Tiefenwirkung. Diese kann zu Verdichtungen im Unterboden führen, welche sich kurz- und mittelfristig nur mit hohem Energieaufwand beheben lassen. Höhere Radlasten führen selbst bei gleichen mittleren Kontaktflächendrücken zu größeren Tiefenwirkungen, siehe Abbildung 3 – Vergleich zwischen Situation links mit Situa-

tion rechts. Vermindern lässt sich die Tiefenwirkung hingegen durch Vergrößerung der Kontaktfläche bei gleicher Radlast – Situation in der Mitte.

Veranschaulicht werden kann dieser Zusammenhang mit dem sogenannten Kugelmodell, Abbildung 4. Es handelt sich dabei zwar nur um eine zweidimensionale und somit stark vereinfachte Darstellung, der Grund für die größere Tiefenwirkung lässt

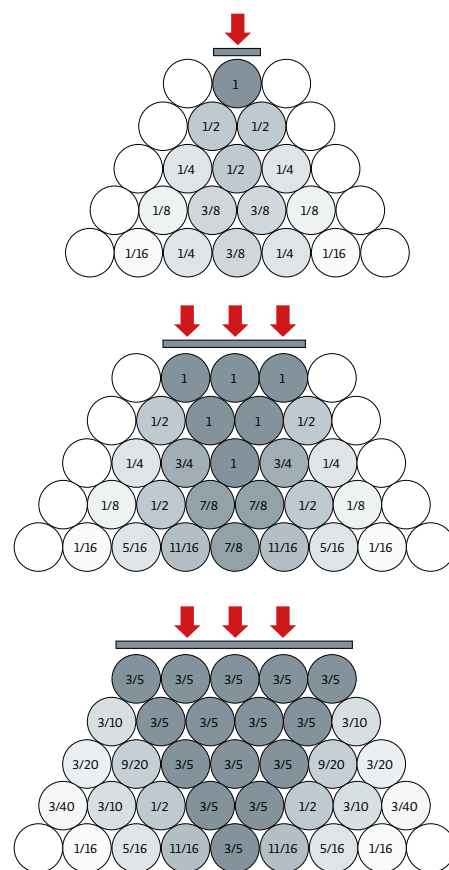


Abbildung 4: Kugelmodell

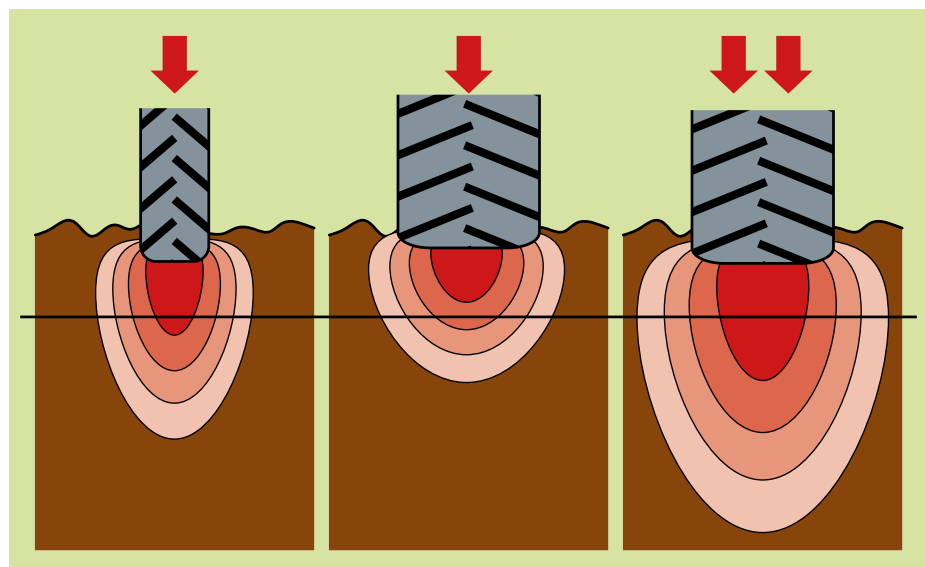


Abbildung 3: Radlast, Kontaktfläche und Bodendruck

MEHR TRAKTION — IMMER

TRAXION OPTIMALL



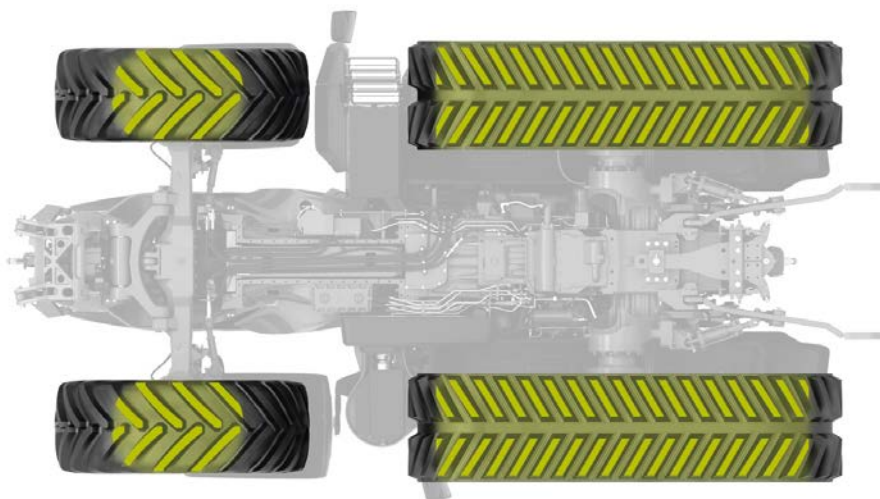
VREDESTEIN TRAXION OPTIMALL

- ✓ Kraftstoffverbrauch
- ✓ Flächenleistung
- ✓ Kappa/Schlupf-Verhalten

DLG-Prüfbericht 6800

VREDESTEIN

TYRES



Mit Raupenlaufwerken lassen sich die Kontaktflächen bei hohen Rad-/Achslasten überproportional vergrößern.



Typische Bodendruck-Messstelle mit drei Bollingsonden in 20, 40 und 60 cm Tiefe

Triangel-Laufwerk mit symmetrischer Geometrie: Dank gleichen Hebellängen sind die Drehmomente im Uhrzeiger- und Gegen- uhrzeigersinn ungefähr gleich groß und das Aufbaumverhalten des Raupenlaufwerkes auch unter schwerem Zug gering.



sich aber trotzdem schön darstellen. Die Kugeln stehen für Bodenteilchen, welche die Last je zur Hälfte an die darunter liegenden Bodenteilchen weitergeben.

Im ersten Beispiel drückt eine Last von 1 auf eine Fläche von 1, woraus ein Kontaktflächendruck von 1 resultiert ($p = F/A$). Mit zunehmender Tiefe wird dieser Druck abgebaut und in der fünften Schicht direkt unter der Last kommt noch ein Druck von $3/8$ an. Im zweiten Beispiel wurde sowohl die Last als auch die Fläche verdreifacht, womit der Druck zwischen Rad und Boden weiterhin 1 ist. Hiervon kommt in der fünften Schicht jetzt aber immer noch ein Druck von $7/8$ an. Je mehr Bodenteilchen oben also belastet werden, umso grösser ist die Tiefenwirkung. Wenn diese bei zunehmenden Radlasten nicht allzu stark ansteigen soll, müssen die Aufstandsflächen überproportional vergrößert werden, womit dann auch der Kontaktflächendruck vermindert wird. Möglich ist das in den meisten Fällen aber nur mit Mehrfachbereifungen oder Raupenlaufwerken.

Der mittlere Kontaktflächendruck ist auch deshalb nur die halbe Wahrheit, weil es sich lediglich um eine rechnerische Größe handelt und die Spitzendrücke unter den Kontaktflächen von Reifen mehr als doppelt so hoch sein können. Bei niedrigen Reifennendrücken liegen diese außen unter den Flanken, bei hohen unter der Reifenmitte. Noch heterogener als bei Reifen kann die Druckverteilung unter Raupenlaufwerken sein. Diese hängt von zahlreichen Faktoren ab, unter anderem:

Von der Grundkonzeption: Triangel-Laufwerke werden wegen dem geringeren Raupen-Umschlingungswinkel in der Regel formschlüssig angetrieben (englisch: „positive drive“), Flachlaufwerke wie das Terra-Trac von Claas oder Vollraupenlaufwerke mit grösserem Antriebsrad hinten (z. B. 8RT-Traktoren von John Deere) hingegen kraftschlüssig (englisch „friction drive“).

Von dieser Grundkonzeption hängt die Bandspannung und somit das „Tragvermögen“ der Laufbänder zwischen den Antriebs-, Umlenk- und Zwischenrollen ab (höher bei „friction drive“).

Mit der Grundkonzeption verbunden ist meistens auch die vertikale Anordnung der Zwischenrollen und die „Stützbreite“ der drei oben genannten Rollenarten: Je flacher das Raupenband auf dem Boden aufliegt und je mehr sich die Rollen auf der ganzen Breite abstützen, umso gleichmäßiger wird die Last auf die gesamte Kontaktfläche verteilt.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Druckverteilung unter Raupenlaufwerken hat auch das dynamische Verhalten unter Zug: Je nach Grundkonzeption und Geometrie können Halbraupen-Laufwerke zum „Aufbäumen“ neigen, woraus sich hohe Druckspitzen unter den stärker belasteten

Rollen ergeben (meistens hinten). Besonders heikel sind ungünstig ballastierte Vollraupentraktoren, weil hier der ganze Traktor zum Aufbäumen neigen kann.

Bodendruck und -verdichtung

„Je schwerer die Maschinen, umso höher das Risiko von Bodenverdichtungen!“ Diese Aussage stimmt. Aber was ist eigentlich Bodenverdichtung? Ein „gesunder“ Landwirtschaftsboden weist rund 45 bis 50 % Poren auf, die sich in Grob-, Mittel- und Feinporen unterteilen lassen. Die Poren können mit Luft oder Wasser gefüllt sein und stellen somit eine wichtige Grundlage für das Pflanzenwachstum und die Bodenlebewesen dar. Von den Grobporen hängt auch das kurzzeitige Wasseraufnahmevermögen nach Regenfällen ab, was sich insbesondere in Hanglagen auf die Erosionsgefahr auswirken kann. Verdichtete Böden weisen einen stark reduzierten Anteil an Grobporen und damit ein vermindertes Gesamtporenvolumen auf. Genau bestimmt werden kann das Porenvolumen nur mit aufwendigen Laborversuchen.

Unter realen Bedingungen gemessen werden können hingegen die durch Landmaschinen in verschiedenen Tiefen verursachten Bodendrücke. Bewährt hierfür



Traktor-Güllefass-Gespann, bei welchem die Bodendrücke gemessen wurden.

haben sich die in den 1980er-Jahre an der TU München entwickelten Bollingsonden (siehe Bild S. 44). Die mit Wasser gefüllten Sonden werden üblicherweise in 20, 40 und 60 cm Tiefe eingebaut. Mit einer „Spritze“

lässt sich der flexible, am unteren Ende angebrachte Silikonschlauch vorspannen, so dass dieser im Bohrloch unter der Fahrspurmitte satt anliegt. Die mittels Kabel mit einem Laptop verbundenen Drucktransmit-



**nokian[®]
TYRES**

LEISTUNG AUF FELD UND STRASSE

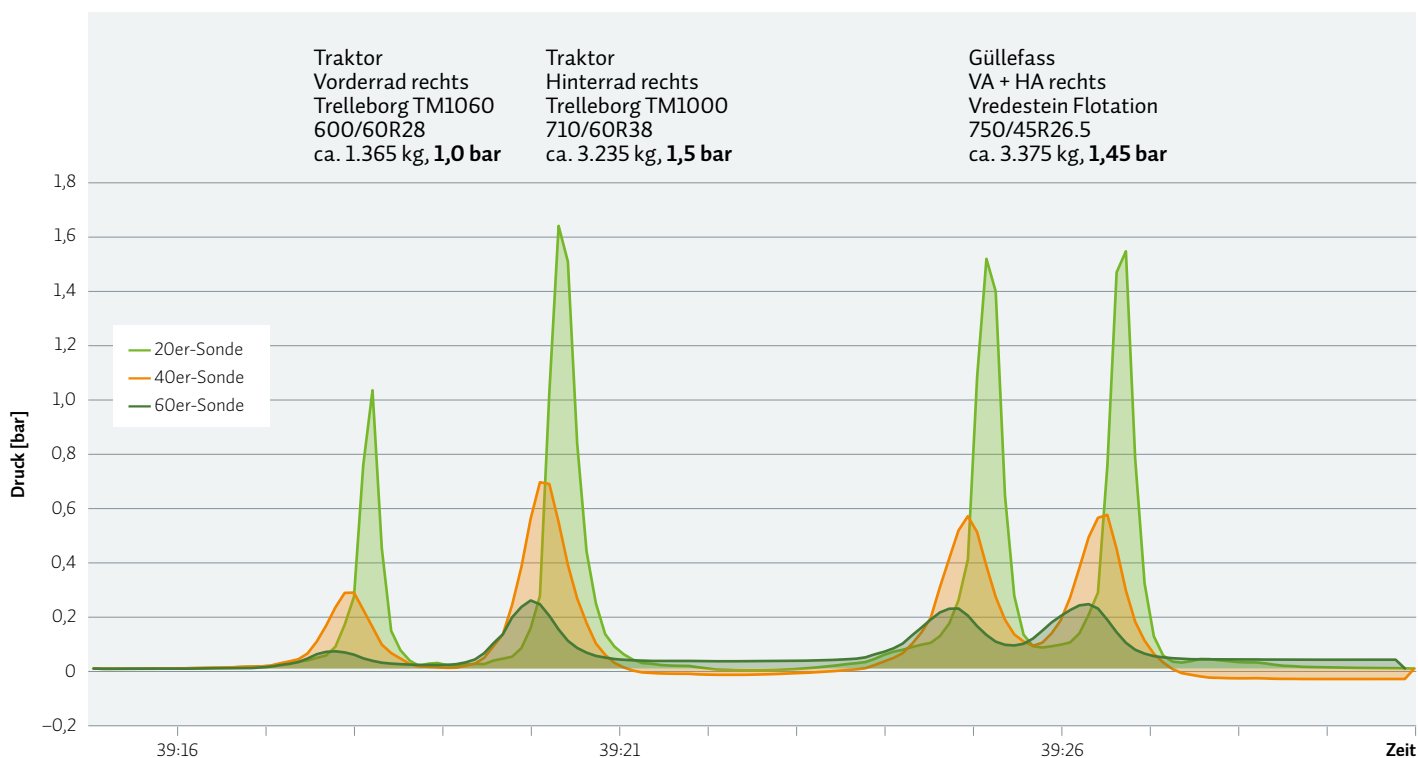
Hohe Leistung bei landwirtschaftlichen Arbeiten, sowohl auf dem Feld als auch auf der Straße spielt bei Lohnunternehmern eine große Rolle. Der **Nokian Tyres Ground King** ist eine fortschrittliche Crossover-Alternative für Traktionsreifen mit Stollenprofil, die Mehrzwecktraktoren in vielseitigen landwirtschaftlichen Arbeiten unterstützt. Der Nokian Tyres Ground King bietet zudem eine hohe Tragfähigkeit, die den Einsatz schwerer Arbeitsgeräte ermöglicht.

NOKIANTYRES.COM/GROUNDKING



Bodendruckmessungen

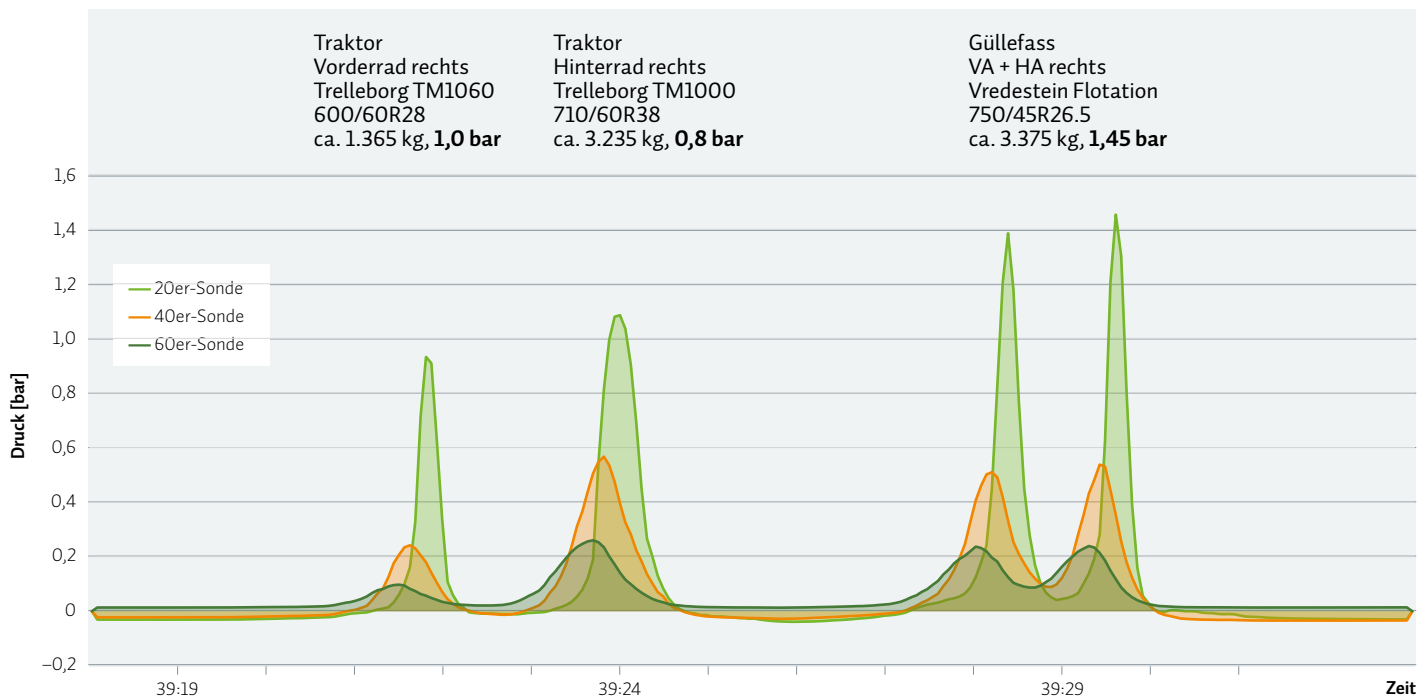
Traktor John Deere 6130R und Güllefass Vakutech mit Schleppschlauch



Grafik 1: Messschrieb 1 – Druckauschläge des Schlepper-Güllefass-Gespans bei rund 1.5 bar Reifeninnendruck (Traktor-Hinterachse und Güllefass)

Bodendruckmessungen

Traktor John Deere 6130R und Güllefass Vakutech mit Schleppschlauch



Grafik 2: Messschrieb 2 – Druckauschläge des Schlepper-Güllefass-Gespans mit abgesenkten Reifeninnendruck (an der Traktor-Hinterachse)

ter können anschließend „genullt“ werden, womit die Software bei der Maschinenüberfahrt nur die jeweiligen Druckausschläge aufzeichnet.

Ein Messbeispiel für ein Gespann mit einem größeren 4-Zylinder-Traktor und einem Tandem-Güllefass mit Schleppschlauch (siehe Bild S. 45) ist in Grafik 1 zu sehen.



DER LU-TIPP

Den richtigen Druck finden

Terranimo ist ein Simulationsmodell für die Berechnung des Bodenverdichtungsrisikos beim Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Hier können einerseits für verschiedene Maschinen, betriebsspezifische Daten wie Achslasten, Reifenmarke/-modell, Reifeninnendrucke usw. eingegeben werden, andererseits Bodenparameter wie Bodenart und Bodenfeuchte. Das Modell berechnet aus diesen Angaben die jeweiligen Bodendrucke und Bodenfestigkeiten und gibt Vorschläge für die entsprechenden Einstellungen bei den Fahrzeugen. Das Tool steht im Internet unter <https://ch.terranimo.world/> kostenlos zur Verfügung.

Dargestellt sind hier die Druckausschläge der vier Achsen über der Zeit in Minuten: Sekunden. Die Reifeninnendrucke an der Traktorhinterachse und beim Güllefass waren bei dieser Demo-Fahrt mit rund 1.5 bar zuerst bewusst hoch eingestellt, was zu Drücken in 20 cm Tiefe (Oberboden) in der gleichen Größenordnung führte. Damit konnte einmal mehr die grobe Faustregel bestätigt werden, wonach die in 20 cm Tiefe gemessenen Bodendrucke etwa den Reifeninnendrucke entsprechen. Diese gilt für landwirtschaftliche Niederdruckreifen bei traktortypischen Größen und Radlasten sowie „normalen“ Bodenbedingungen (Textur, Feuchte, Lagerungsdichte usw.).

Bei einer zweiten Überfahrt wurde der Innendruck der Traktor-Hinterreifen mittels Reifendruckverstellanlage auf 0.8 bar abgesenkt, wodurch sich der in 20 cm Tiefe gemessene Druck von 1.65 auf ca. 1.1 bar verringerte, siehe Grafik 2. Auch wenn die Messergebnisse hier von der oben genannten Faustregel etwas abweichen, geht daraus deutlich hervor, dass sich geringere Reifeninnendrucke und die damit verbundenen größeren Aufstandsflächen primär auf den Bodendruck im Oberboden auswirken. Hohe Radlasten wirken hingegen in die Tie-

fe. Das geht aus den durch das Traktorvorderrad verursachten Druckausschlägen in 40 und 60 cm Tiefe hervor, die mit 0.25 bzw. 0.1 bar bei einer Radlast von 1.365 kg gering waren. Die drei nachfolgenden Räder (Traktorhinterrad und Güllefassräder) führten mit Radlasten von je rund 3.300 kg hingegen zu doppelt so hohen Druckausschlägen. Ein weiteres Indiz für die Tiefenwirkung von hohen Radlasten ist die geringe Auswirkung der Reifeninnendruckabsenkung von 1.5 auf 0.8 bar beim Traktorhinterrad.

Mit einer Absenkung der Reifeninnendrucke beim Güllefass von 1.45 auf 0.8 bar, hätten die in 20 cm Tiefe gemessenen Bodendrucke mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls in Richtung 1-bar-Marke gebracht werden können. Damit hätten mit diesem Gespann die aus agronomischer Sicht anzustrebenden Maximalwerte von 1 bar im Oberboden und 0.5 bar im Unterboden knapp eingehalten werden können.

Roger Stirnimann,

Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL



Trelleborg

TM1000 ProgressiveTraction®
Leistungsfähig
von Natur aus



Eine besondere Art:

Der Trelleborg TM1000 ProgressiveTraction® ist ein innovativer Reifen, der durch seine ausgezeichnete Flotation, seine geringe Bodenbelastung und seine unschlagbare Traction eine höhere Leistungsfähigkeit ermöglicht. Auf der Straße bietet er niedrige Kraftstoffverbräuche und Emissionen sowie Erstklassigkeit in Handling und Fahrkomfort, verbunden mit einer hohen Reifenlebensdauer.

