

Entwicklung der mechanischen Bodenbelastung bei Mähdreschern

Moderne Mähdrescher sind wegen ihrer Fahrzeugmasse und der daraus abgeleiteten möglichen Bodenschädigung erheblicher Kritik ausgesetzt. Um dieses Problem zu analysieren, wurden sieben typische Mähdrescher der Baujahre zwischen 1946 und 2004 in Hinblick auf Fahrzeugmasse und mittleren Kontaktflächendruck untersucht. Obwohl die Fahrzeugmasse in den letzten 50 Jahren erheblich zugenommen hat, ist der mittlere Kontaktflächendruck der Mähdrescherbereifung verringert worden.

PD Dr. Heinz Bernhardt und Dipl.-Ing. agr Marc Schreiber sind Mitarbeiter, B.Sc. Victor Klüber ist Student am Institut für Landtechnik der Justus Liebig Universität Giessen, Gutfleischstrasse 3, 35390 Giessen; e-mail: Heinz.Bernhardt@agrar.uni-giessen.de

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Reifen, Boden, mittlerer Kontaktflächendruck

Keywords

Combine, tyre, soil, mean contact area pressure

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06517 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Landtechnik ist in den vergangenen Jahrzehnten aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen durch den Trend zu immer leistungsfähigeren und schwereren Arbeitsmaschinen gekennzeichnet.

Die daraus resultierende mechanische Belastung durch Fahrwerke landwirtschaftlicher Maschinen wird als Hauptursache von Bodenverdichtungen in der pflanzlichen Produktion angesehen [1], die sich aus dem Zusammenspiel von exogenen und endogenen Belastungsfaktoren ergeben.

Am Beispiel der Mähdrescherentwicklung soll bezüglich der Problematik Bodenschadverdichtung die zeitliche Entwicklung ausgewählter belastungsrelevanter Kenngrößen aufgezeigt werden.

Material und Methode

Um die zeitliche Entwicklung der Bodenbelastung durch Mähdrescher dazustellen, werden sieben typische Mähdrescher der Baujahre zwischen 1946 und 2004 vergleichend gegenübergestellt (Tab. 1). Bei den untersuchten Mähdreschern handelt es sich mit Ausnahme des Claas-Super um Selbstfahrer. Der Super benötigt als gezogener Mähdrescher noch eine Zugmaschine. Hier wird als für die Zeit typisches Modell der Hanomag R40 in die Kalkulation der Bodenbelastung mit eingerechnet.

Tab. 1: Daten der hinsichtlich ihrer Bodenbelastung untersuchten Mähdrescher

Table 1: Data regarding subsoil compaction of the combine harvesters examined

Modell model	Baubeginn start of construction	Arbeitsbreite working width [m]	Leistung capacity [t/h]	Reifen Vorderachse front axle	Reifen Hinterachse rear axle
Super	1946	2,2	1,5	100/80-12	-
Herkules	1953	3	2,2	14.9-26	5,5-16
Matador	1962	3	3,3	14.9-30	11.5-15
Dominator	1974	3,6	12	18.4-30	12.5/80
Lexion 450	1995	6	22	650/75 R 32	14.9 R 24
Lexion 570	2003	7,5	33	800/65 R 32	700/50-26.5
Lexion 570	2003	7,5	33	650/75 R 32	700/50-26.5
double tyres				18.4 R 38	

Ergebnisse

Bei der Gewichtsentwicklung der untersuchten Mähdrescher ist festzustellen, dass sich das Leergewicht in den letzten fünf Jahrzehnten um den Faktor 4 erhöht hat. Der Korntankinhalt macht fruchtartenspezifisch einen immer größeren Anteil am Gesamtgewicht aus. Dadurch ist zu beobachten, dass die Gesamtgewichtsentwicklung einen exponentiellen Verlauf annimmt (Bild 1).

Um aber nun Aussagen zur den Auswirkungen auf den Boden treffen zu können, ist der mittlere Kontaktflächendruck zu ermitteln. Hierzu wurden die Berechnungsmodelle nach McKeyes und TASC sowie die Bestimmung der Reifeninnendrucke genutzt.

Beim Berechnungsmodell nach McKeyes [2] wird die Kontaktfläche durch Multiplizieren der Reifenbreite mit dem Reifendurchmesser und Dividieren des Produktes durch vier ermittelt. Diese Formel basiert auf der Annahme eines festen Oberbodens. Das Berechnungsmodell TASC [3] berechnet den mittleren Kontaktflächendruck mittels der Radlast und der Kontaktfläche zwischen Reifen und nachgiebigem Boden auf der Basis von Praxisversuchen.

Ein weiterer Ansatz den Kontaktflächendruck zu ermitteln beruht darauf, dass insbesondere bei den modernen Radialreifen die Radlast hauptsächlich durch den Reifeninnendruck getragen wird, so dass man von folgender Faustformel ausgehen kann: Reifeninnendruck ≈ Kontaktflächendruck.

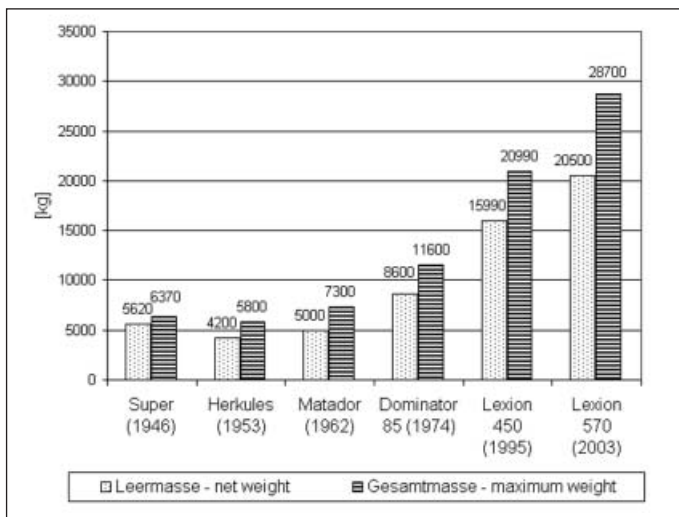


Bild 1: Entwicklung der Leer- und Gesamtmasse

Fig. 1: Development of net and total weight

Die drei Verfahren ergeben unterschiedliche Aussagen zum mittleren Kontaktflächendruck unter der Mährescherhauptachse. Das Modell nach McKeyes liefert wegen der Annahme eines festen Bodens generell einen höheren Wert als das Modell TASC, das von einem natürlich nachgiebigen Boden ausgeht. Dies ergibt sich aus der kleineren Kontaktfläche auf dem festen Oberboden.

Bei modernen Reifen liefern TASC und das Luftdruckmodell vergleichbare Werte. Bei der Betrachtung älterer Reifen mit einer höheren Karkassensteifigkeit wird das Luftdruckmodell aber zu ungenau, da hier mit Zuschlägen gearbeitet wird und diese nicht für alle untersuchten Reifentypen experimentell bestimmt sind. Für die weiteren Betrachtungen wurde somit das Kontaktflächendruckmodell nach TASC verwendet, da es die unterschiedlichen Reifentypen am besten und praxisorientiert darstellt.

Die Untersuchung zeigt, dass es durch die Weiterentwicklung der Fahrwerke bei den Selbstfahrern gelungen ist, den mittleren Kontaktflächendruck auf einem vergleichbaren Niveau zu halten (Bild 2). Der Verringerung des mittleren Kontaktflächendrucks sind derzeit hauptsächlich durch die gesetzlich zulässigen Fahrzeugbreiten und nicht durch die Fahrwerkstechnik Beschränkungen gesetzt [5].

Die Untersuchung hat auch gezeigt, dass bei der Diskussion über eine mögliche Bodenschadverdichtung fast ausschließlich die Vorderachse des Mähreschers beachtet wird, da hier 75 % der Gewichtskraft wirken. Welche mittleren Kontaktflächendrücke aber trotz der geringeren Gewichtbelastung auf der Hinterachsbereifung liegen, zeigt Tabelle 2. Erst bei neueren Mähreschern wurde dieser Gefahr durch größere Bereifung begegnet.

Außer dem mittleren Kontaktflächendruck hat auch die Belastungsdauer Auswirkungen auf eine mögliche Bodenschadverdichtung. Je länger eine Last auf den Boden einwirkt, umso mehr können Luft oder Wasser aus den Poren verdrängt und die Poren komprimiert werden. Hierbei ist durch die Leistungssteigerung der Mährescher und die dadurch erhöhte Fahrgeschwindigkeit eine Abnahme der Belastungsdauer zu beobachten. So wirkte etwa beim Matador der mittlere Kontaktflächendruck noch 0,73 s auf den Boden ein, wohingegen beim Lexion 570 die Belastungsdauer durchschnittlich nur noch 0,54 s beträgt.

In der Untersuchung wurde auch die überfahrene Fläche bei der Ernte ermittelt. Der höchste Flächenanteil muss mit rund 43 % bei der Ernte mit dem gezogenen Mährescher überfahren werden. Bei den neueren Selbstfahrern liegt dieser Wert nur bei rund 25 % bis 30 %.

Modell model	Baubeginn start of construction	Vorderachse [bar] front axle [bar]	Hinterachse [bar] rear axle [bar]
Herkules	1953	1,08	2,11
Matador	1962	1,16	1,05
Dominator	1974	1,13	1,06
Lexion 450	1995	1,41	1,64
Lexion 570	2003	1,39	0,93

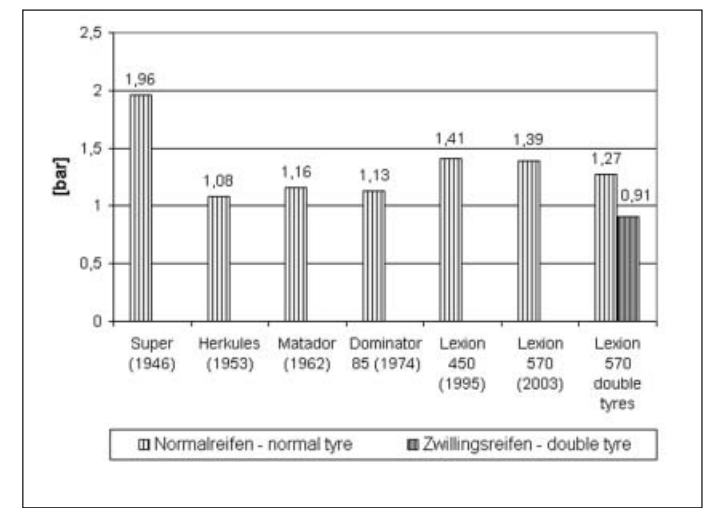


Bild 2: Mittlerer Kontaktflächendruck der Mährescher bei voller Beladung an der Hauptlastachse auf den Boden, ermittelt mit TASC

Fig. 2: Average ground contact area pressure at the main axle of the models by full loading calculated by TASC

Diskussion

Die Untersuchung zeigt, dass sich die Parameter der Bodenbelastung nicht in dem Sinne verändert haben, wie es durch die stark gestiegenen Fahrzeugmassen zu erwarten war.

Die Leer- und Gesamtmassen der Fahrzeuge sind im Untersuchungszeitraum stark angestiegen. Die Gesamtmassen haben sich nahezu verfünffacht und liegen beim größten untersuchten Modell bei 28,7t.

Viel entscheidender für eine mögliche Bodenschadverdichtung ist der mittlere Kontaktflächendruck. Die höchsten Werte ergeben sich hier bei dem gezogenen Modell „Super“. Die Werte bei den selbstfahrenden Mähreschern liegen auf einem vergleichbaren Niveau mit leicht steigender Tendenz bei den neueren Modellen, sowohl unter der Vorder- als auch unter der Hinterachse.

Die Dauer der Belastung des Bodens sank durch die gestiegenen Fahrgeschwindigkeiten trotz der größeren Reifen. Auch die überfahrene Fläche sinkt mit steigender Arbeitsbreite der Mährescher.

Insgesamt zeigt sich also, dass der unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten notwendige Einsatz von leistungsfähigen Mähreschern in Einklang mit den Erfordernissen zur Vermeidung einer nachhaltigen Schadverdichtung möglich ist, sofern der Boden eine ausreichende Stabilität aufweist. Da über die Bodenstabilität jedoch noch keine umfassenden Kenntnisse vorliegen, ist noch unbekannt, wie weit Anpassungen der Fahrwerke an die Erfordernisse des Bodenschutzes erforderlich sind beziehungsweise schon in der jetzigen Form als ausreichend angesehen werden können. Liegt die Stabilität des Bodens bei der Ernte im Bereich der momentan aufgetragenen Kontaktflächendrücke, so erweist sich der Einsatz von modernen leistungsfähigen Mähreschern als bodenschonender als der Einsatz der älteren Modelle.

Tab. 2: Mittlerer Kontaktflächendruck nach TASC für Vorder- und Hinterachse

Table 2: Average ground contact area pressure for front and rear axle according to TASC