

Yves Reckleben, Niels Schäfer und Michael Weißbach

Steigerung der Effizienz bei Straßen-transporten mit unterschiedlichen Reifentypen für Traktoren

Der Traktor als zentrale Zugmaschine auf einem landwirtschaftlichen Betrieb hat zunehmend mehr Transportarbeiten zu absolvieren; trotzdem sind auch die klassischen Feldarbeiten bodenschonend und effizient zu erledigen. Die Vielfalt der landwirtschaftlichen Anforderungen sowie die engen Zeitfenster für die Bodenbearbeitung und die Ernte erfordern Fahrzeuge, die speziell für den Transport, auf dem Acker und der Straße eingesetzt werden können. Die Hauptunterschiede der Bereifung sind neben Rollwiderstand, Vibrationsdämpfung und Geräuschminderung auch die Kontaktfläche, das Traktionsverhalten und der Kraftstoffverbrauch.

Schlüsselwörter

Reifenvergleich, Industriebereifung, AS-Bereifung, Effizienz, Verschleiß

Keywords

Tire comparison, industrial tires, AG tires, efficiency, abrasion

Abstract

Reckleben, Yves; Schäfer, Niels and Weißbach, Michael

Increase in efficiency of road transport on the example of different types of tires of tractors

Landtechnik 68(3), 2013, pp. 196–201, 4 figures, 5 tables, 6 references

The tractor as central draught machine on the farm has an increasing amount of road transport work to accomplish, although the classic fieldwork has still to be carried out efficiently with avoidance of soil structure damage. The diversity of agricultural requirements, as well as the narrow time windows for cultivations and harvest, needs tractors that can be used specifically for transport out on the field and on the road. The main distinguishing features of tyres are, in addition to their rolling resistance, their vibration damping and noise reduction abilities, ground contact area and effects on traction performance and fuel consumption.

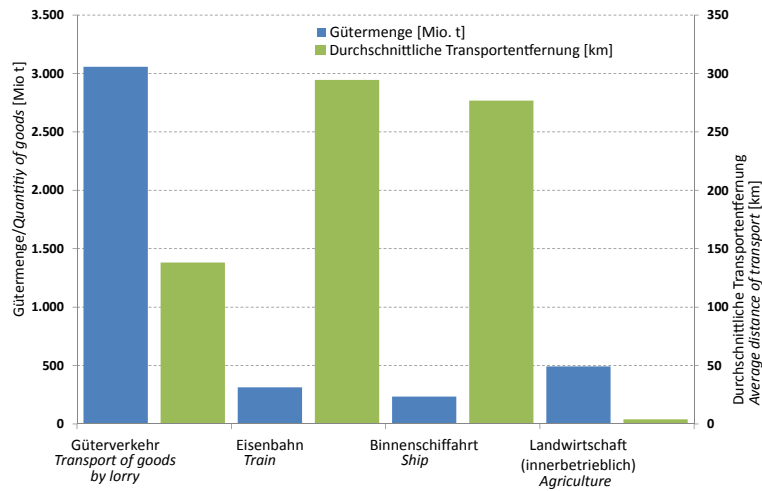
■ Im landwirtschaftlichen Sektor hat sich der Anteil an Transporten in den letzten Jahren kontinuierlich erhöht. Neben dem Einsatz von Schleppern gewinnt auch der Einsatz von LKW auf landwirtschaftlichen Betrieben stetig an Bedeutung. Dabei wäre im Hinblick auf den Bodenschutz eine generelle Trennung zwischen Feld- und Straßenfahrt wünschenswert. Auf dem Feld werden bodenschonende Fahrzeuge mit großen Bodenkontaktflächen und für die Straßentransporte LKW mit energieeffizienten Hochdruckreifen eingesetzt, um jeweils die Belastung, den Verschleiß und den Kraftstoffverbrauch zu senken. Als Nachteil erweist sich dabei der höhere Organisationsaufwand und der erweiterte Maschinenpark. Welche Faktoren die jeweilige Reifenvariante bestimmen bzw. beeinflussen, wird im Folgenden erläutert [1].

Transportmengen und Entfernungen

Im Durchschnitt werden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 500 Mio. Tonnen Güter von Landwirten über eine durchschnittliche Hof-Feld-Entfernung von vier Kilometern pro Jahr transportiert.

Die **Abbildung 1** zeigt, dass die landwirtschaftliche Gütermenge die der Bahn und der Binnenschifffahrt deutlich übersteigt. Die Transportleistung von jährlich 1 900 Mrd. km hingegen fällt für den Agrarsektor eher gering aus. Die zu transportierenden Güter in der Landwirtschaft unterscheiden sich hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften und der anfallenden Mengen. Zudem ist die Transportentfernung davon abhängig, wo das jeweilige Gut eingesetzt werden soll. Die innerhalb der Landwirtschaft genutzten Produkte werden in der Regel in der gleichen Region produziert und verarbeitet, dabei liegen die mittleren Transportentfernungen meistens unter 10 km. Güter, die in externen Produktionsstätten weiterverar-

Abb. 1



Gütermenge und Transportleistung in Deutschland [2]

Fig. 1: Quantity of goods and transport services in Germany [2]

beitet werden, wie z. B. Zuckerrüben, Milch und Fleisch, haben deutlich höhere Transportentfernungen.

Für den Transport auf der Straße sind für die Reifen landwirtschaftlicher Fahrzeuge höhere Reifeninnendrucke (>1,6 bar) erforderlich, um den Verschleiß gering zu halten und die Stabilität beim Bremsen zu erhöhen. Die Ackerschlepper-Bereifung (AS-Profil) ist jedoch für den Straßentransport nicht optimal, denn die Stollen radieren über den Straßenbelag. Hier wären mehr und flachere Stollen von Vorteil, wie sie bei der Industriebereifung zu finden sind.

Für die Messungen wurden drei baugleiche Schlepper verwendet, die jeweils mit einem Satz Reifen ausgerüstet wurden. Die verwendeten Traktoren weisen eine Leistung von 191 kW auf und haben ein Leergewicht von 9 450 kg. Die Schlepper sind ca. 1 Jahr alt (ca. 1 800 Bh) und bereits mit der SCR-Abgastechnik ausgestattet. Nach dem Verwiegen der Schlepper auf einer Fuhrwerkswaage ergab sich im nicht aufballastierten Zustand ein Gewichtsverhältnis von 40 % auf der Vorderachse zu 60 % auf der Hinterachse.

Hinsichtlich der Bereifung unterscheiden sich das herkömmlichen AS-Profil und die Industriebereifung (Typ: Nokian TRI 2) deutlich (**Abbildung 2**). Bei der AS-Bereifung handelt es sich um einen Reifen des Herstellers Trelleborg, Typ TM900-High Power. Bei der Industriebereifung handelt es sich von der Profilierung her um ein Hybridprofil zwischen LKW- und Schlepper- bzw. AS-Bereifung. Die **Abbildung 3** zeigt den Vergleich beider Reifenarten bezüglich der Profilstruktur.

Die beiden Arten unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Stollenstruktur als auch der nutzbaren Stollenhöhe. So liegt die nutzbare Stollenhöhe bei einer neuen AS-Bereifung zwischen 40 und 60 mm. Bei der Industriebereifung hingegen liegt die nutzbare Stollenhöhe nur bei ca. 23 mm. Durch die engere Stollenstruktur ist bei der Industriebereifung der Kontaktflächenanteil bei hartem Untergrund deutlich größer. Der Hersteller hat den Reifen entwickelt, um ihn mithilfe des Blockprofils vielseitig zu nutzen. Sowohl für den industriellen Bereich als auch für Transporte und Zugarbeiten in der Landwirtschaft soll der Schlepperreifen einsetzbar sein.

Abb. 2



Versuchstraktor Fendt-Vario 828 mit Industriebereifung (TRI2 von Nokian) (Foto: Reckleben)

Fig. 2: Fendt Vario 828 with industrial tires (Nokian TRI2)

Abb. 3



Vergleich von AS-Bereifung (links) und Industriebereifung (rechts)
Fig. 3: Comparison of AG tires (left) and industrial tires (right)
(Foto: Reckleben)

Tab. 1

Übersicht der verwendeten Schlepper und Reifen

Table 1: Overview of used tractors and tires

Schleppertyp Tractor	Vorderachsbereifung Front tires	Hinterachsbereifung Rear tires	Kurzzeichen ID
Fendt-Vario 828 (Jogi 231)	600/70/R30	710/70/R42	AS-Bereifung AS-tires
	Luftdruck/Pressure: 1,4–1,8	Luftdruck/Pressure: 1,2–2,2	
	Vorlauf/Forerun: 3,43 %		
Fendt-Vario 828 (Jogi 224)	540/65/R30	650/65/R42	Industr. A Industrial tires A
	Luftdruck/Pressure: 1,4–2,0	Luftdruck/Pressure 1,4–2,2	
	Vorlauf/Forerun: 1,0 %		
Fendt-Vario 828 (Jogi 237)	440/80/R34	620/80/R42	Industr. B Industrial tires B
	Luftdruck/Pressure: 1,4–2,0	Luftdruck/Pressure: 1,4–2,2	
	Vorlauf/Forerun: 0,6 %		

Zudem sorgt der relativ hohe Stollenanteil speziell im Grünlandbereich für eine schonende Fahrweise, bei Straßenfahrt weist er eine ähnliche Laufruhe wie bei LKW auf. Durch den vom Hersteller zugelassenen relativ hohen Reifeninnendruck (**Tabelle 1**) sind hohe Tragfähigkeiten mit geringen Rollwiderständen möglich. Zusätzlich ist die Industriebereifung mit einer Verschleißanzeige ausgestattet. Dieser Querschnitt in den Stollen verkürzt sich bei Verringerung der Stollenhöhe.

Die für den Versuch zur Verfügung stehenden Schlepper sind mit unterschiedlichen Reifengrößen ausgestattet (**Tabelle 1**). Die beiden Industriereifentypen unterscheiden sich ausschließlich in den Abmessungen. Der Reifentyp mit dem Kurzzeichen „Industr. A“ charakterisiert einen eher breiten Reifen mit geringerem Durchmesser. Der Reifen mit dem Kurzzeichen „Industr. B“ hingegen fällt etwas schmaler aus und

besitzt einen größeren Durchmesser. Die angegebenen Luftdruckbereiche variieren je nach Geschwindigkeitsbereich und Traglast. Alle drei Traktoren weisen eine Voreilung zwischen 0 und 4 % auf und sind damit im gewünschten Zielbereich des Reifenherstellers [3].

Verschleißverhalten

Das Verschleißverhalten der unterschiedlichen Reifenarten wurde anhand des Reifenabriebs ermittelt. Es wurden vier Messungen in einem monatlichen Intervall durchgeführt. Um bei jeder Messung an der gleichen Stelle des jeweiligen Reifens mit dem digitalen Messschieber zu messen, wurden Messpunkte festgelegt und farblich markiert. Die erste Messung wurde vor Beginn des Versuches am neuen, unbenutzten Reifen durchgeführt; daraus wurde die nutzbare Stollenhöhe berechnet (**Tabelle 2**).

Tab. 2

Berechnung der nutzbaren Stollenhöhe

Table 2: Calculating usable lug height

		Stollenhöhe Lug height [mm]	Mindestprofiltiefe Minimum profile depth [mm]	Nutzbare Stollenhöhe Usable lug height [mm]
AS-Bereifung AS-tires	Vorderreifen Front tires	55	1,6	53,4
	Hinterreifen Rear tires	62	1,6	60,4
Industr. A Industrial tires A	Vorderreifen Front tires	25	1,6	23,4
	Hinterreifen Rear tires	28	1,6	26,4
Industr. B Industrial tires B	Vorderreifen Front tires	23	1,6	21,4
	Hinterreifen Rear tires	30	1,6	28,4

Tab. 3

Vergleich der drei Bereifungsarten und der gemessenen Profilabnahme
 Table 3: Comparison of the three types of tires and decrease of the measured profile

	AS-Bereifung AS-tires		Industriebereifung A Industrial tires A		Industriebereifung B Industrial tires B	
	Vorderreifen Front tires	Hinterreifen Rear tires	Vorderreifen Front tires	Hinterreifen Rear tires	Vorderreifen Front tires	Hinterreifen Rear tires
Nutzbare Stollenhöhe Usable lug height [mm]	53,4	60,4	23,4	26,4	21,4	28,4
Profilabnahme/1000 Bh Profile decrease/1000 operating hours [mm]	22,9	17,8	2,8	2,8	2,7	2,7
Max. Nutzungsdauer Useful life [h]	2 334	3 394	8 341	9 411	7 855	10 424
kombinierte Nutzungsdauer Combined useful life [h]	2 864		8 876		9 140	

In Kombination mit den erfassten Profilabnahmen zum jeweiligen Messtermin wurde die nutzbare Stollenhöhe benutzt, um die zu erwartende maximale Nutzungsdauer zu berechnen (Tabelle 3).

Kombiniert aus Vorder- und Hinterbereifung ergibt sich die höchstmögliche Nutzungsdauer pro Reifensatz. Die AS-Bereifung (AS-Ber.) weist eine theoretische, kombinierte Nutzungsdauer von 2864 Betriebsstunden auf. Die Industriebereifung (Industr. A) liegt hingegen bei 8876 Betriebsstunden. Führend zeigt sich die schmalere Industriebereifung (Industr. B) mit 9140 Betriebsstunden.

Kraftstoffverbrauch

Der momentane Kraftstoffverbrauch der einzelnen Schlepper wurde mithilfe des CAN-Bus-Systems erfasst und gespeichert. Über ein Mobilfunkmodem wurden die erfassten Daten zum betriebseigenen Telemetrie-Server übertragen und anschließend in Excel importiert. Die Datenbasis umfasste die Monate Mai, Juni, Juli und August für jeweils alle drei Versuchsschlepper. Ein Datensatz beinhaltet alle vom CAN-Bus gelieferten Daten (Kraftstoff, Drehzahl, Geschwindigkeit, usw.) für einen bestimmten Zeitpunkt mit hinterlegter GPS-Position.

Alle Datensätze wurden auf Plausibilität überprüft und um Messfehler bereinigt.

Alle aufgezeichneten Datensätze, die nicht innerhalb der in Tabelle 4 angegebenen Bereiche liegen, wurden als fehlerhafte Datensätze betrachtet und somit für die nachfolgenden Auswertungen ausgeschlossen. Geschwindigkeiten zwischen 0 und 2 km/h wurden beispielsweise aufgrund der vom Systemhersteller vorgegebenen Messtoleranz als Stillstand betrachtet.

Die Abbildung 4 zeigt, dass der höchste Verbrauch unabhängig vom Acker- oder Straßeneinsatz bei dem mit der AS-Bereifung ausgestatteten Schlepper liegt. Darauf folgt die Industriebereifung („Industr. A“), gefolgt vom identischen Reifentyp („Industr. B“).

Tab. 4

Angabe der Wertebereiche zur Plausibilitätskontrolle
 Table 4: Indication of the value ranges for the plausibility check

Parameter	Minimum	Maximum
Geschwindigkeit Speed [km/h]	2	54
Motordrehzahl Motor rpm [1/min]	750	2 300
Momentanverbrauch Fuel consumption [l/h]	3	60

Genauere Aussagen bezüglich der Kraftstoffverbräuche werden mit einer Detailbetrachtung der einzelnen Tätigkeiten im Messzeitraum möglich:

- Gras schwaden
- Grassiloabfuhr
- Stroh pressen
- Allgemeine Transporte

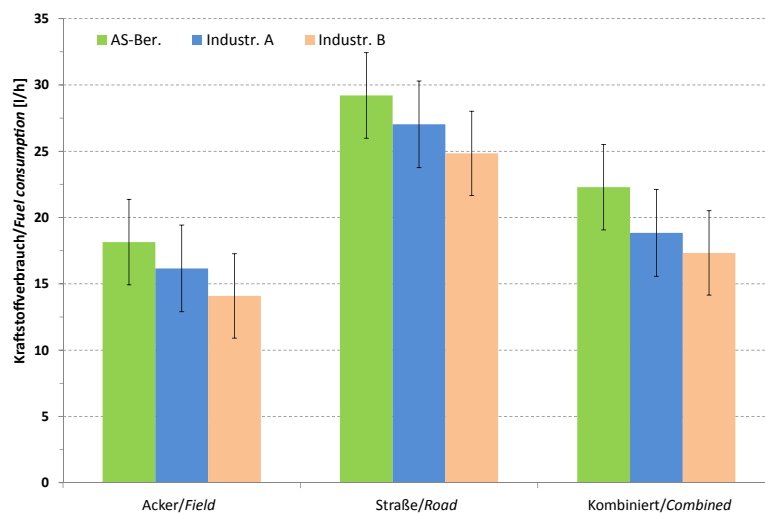
Die Tabelle 5 zeigt die Detailauswertung des Acker- bzw. Straßenanteils der Traktoren/Bereifungen in den einzelnen Tätigkeitsbereichen.

Es wird deutlich, dass die verschiedenen Tätigkeiten unterschiedliche Acker/Straße-Verhältnisse aufweisen. Die Ackeranteile schwanken im Maximum von 80 % beim Gras schwaden bis hin zu 41 % bei den allgemeinen Transporten. Dieser Trend wird auch in anderen Erhebungen [4] bestätigt und zeigt gleichzeitig das Potenzial einer guten Maschinenauslastung auf.

Ergebnisse

Um das Einsparpotenzial der Industriebereifungen zu nutzen und gleichzeitig den Tätigkeitsbereich nicht einzuschränken, wurde in dieser Untersuchung ein Schlepper je nach seinem Tätigkeitsbereich mit der ökonomisch sinnvollerer Bereifung

Abb. 4



Kraftstoffverbrauch mit den unterschiedlichen Bereifungen

Fig. 4: Fuel consumption with the different tires

Tab. 5

Anteil von Acker zu Straße in Bezug auf die unterschiedlichen Tätigkeiten

Table 5: Field-road ratio in relation to the different activities

Bereifungsart Tires	Tätigkeiten Activity	Gras schwaden Grass swathed	Grassiloabfuhr Grass silage carriage	Stroh pressen Straw baling	Allgemeine Transporte General transport
AS-Bereifung AS-tires	Acker/Field	81 %	58,3 %	73,1 %	35,3 %
	Straße/Road	19 %	41,7 %	26,9 %	64,7 %
Industr. A Industrial tires A	Acker/Field	90,1 %	66,0 %	75,5 %	31,5 %
	Straße/Road	9,9 %	34,0 %	24,5 %	68,5 %
Industr. B Industrial tires B	Acker/Field	78,3 %	48,6 %	79,4 %	46,3 %
	Straße/Road	21,7 %	51,4 %	20,6 %	53,7 %
Gesamtbetrachtung Overall consideration	Acker/Field	80,4 %	60,0 %	75,0 %	41,3 %
	Straße/Road	19,6 %	40,0 %	25,0 %	58,7 %

ausgestattet. Vorwiegend wurde die Industriebereifung eingesetzt, um das große Einsparpotenzial im Vergleich zur AS-Bereifung zu nutzen. In Tätigkeitsbereichen, bei denen hohe Zugkräfte unter feuchten Bedingungen gefordert werden, wie z. B. in der Maissiloernte, kommt die AS-Bereifung zum Einsatz. Somit kann der Schlepper vielseitig eingesetzt und zugleich das Einsparpotenzial der Industriebereifung genutzt werden. Dabei fallen zusätzliche Kosten für einen zweiten Felgensatz an, die zu Lasten der Industriebereifung berechnet werden. Diese Untersuchung konnte aufzeigen, dass zwischen den unterschiedlichen Bereifungen zum Teil deutliche Unterschiede in den untersuchten Parametern vorliegen.

In dem Versuchszeitraum von vier Monaten haben sich klare Tendenzen in Bezug auf Verschleißverhalten, Kraftstoffverbrauch, Lärmpegelwirkungen und qualitativer Meinung der Fahrer entwickelt. Bei einer Aufteilung von 31 % Straße und 69 % Acker ergab sich folgendes Bild: Der Reifenverschleiß

zeigte eine Profilabnahme der AS-Bereifung zwischen 30 und 40 % pro 1 000 Betriebsstunden. Die alternativen Industriebereifungen liegen im Bereich zwischen 10 und 13 % pro 1 000 Betriebsstunden. Durch diesen eindeutigen Vorteil der Industriebereifung liegt die prognostizierte Nutzungsdauer mit ca. 9 000 Betriebsstunden rund 6 000 Betriebsstunden über der standardmäßigen Ackerschlepperbereifung.

Um grundsätzliche Aussagen über den Kraftstoffverbrauch zu treffen, ist das Acker-Straße-Verhältnis von hoher Bedeutung. Durch die Trennung der beiden Untergrundeigenschaften bei einer Geschwindigkeit von 15 km/h ergibt sich ein Acker-Straße-Verhältnis von 2:1. In der Betrachtung des gesamten Tätigkeitsbereichs liegt die Ackerschlepperbereifung mit einem gemittelten Verbrauch von 22 l/h rund drei Liter über der Industriebereifung („Industr. A“). Die Industriebereifung („Industr. B“) hat mit 17 l/h den geringsten Verbrauch. Die erweiterte Aufteilung des Kraftstoffverbrauchs in die einzelnen

Tätigkeitsbereiche gibt einen genauen Aufschluss der Verbräuche. Dabei wird deutlich, dass bei Tätigkeiten wie „Gras schwaden“ oder „Stroh pressen“ die Industriebereifungen kein eindeutig sparsameres Verhalten aufweisen. Bei Tätigkeiten wie „Grassiloabfuhr“ oder „Allgemeine Transporte“, bei denen der Straßenanteil deutlich höher ausfällt, können die Industriebereifungen ihre Straßenleichtläufigkeit mit deutlich geringeren Kraftstoffverbräuchen belegen.

Im Hinblick auf den Lärmpegel zeigen die Ergebnisse im unbelasteten sowie im belasteten Bereich keine signifikanten Unterschiede. Mit gemittelten Schallpegeln zwischen 68 und 70 dB sowie vereinzelte Spitzenwerte von 77 dB liegen die Werte im durchschnittlichen Schallpegelbereich eines PKW zwischen 70 und 80 dB [5]. Grundsätzlich zeigt sich bei jeder Bereifung bei ansteigender Geschwindigkeit ein Anstieg des Schallpegels.

Eine Befragung der Testfahrer zeigt eindeutig eine Präferenz zur Industriebereifung. Mit einer Gesamtnote von 2,3 ist die Bereifung mit „Gut“ zu bewerten. Die Fahrer wiesen jedoch auf Defizite im Traktionsverhalten bei feuchten Bedingungen hin. Positive Eindrücke wurden hinsichtlich des Fahrkomforts auf der Straße sowie der Robustheit und des Verschleißverhaltens geäußert.

Bei einer wirtschaftlichen Gegenüberstellung ergeben sich bei Industriebereifungen unter der Annahme von zwei Schleppern jährliche Einsparungen von ca. 8.000 €. Diese Berechnung geht davon aus, dass die Industriebereifung bei allen Arbeiten, also auch bei der Bodenbearbeitung, eingesetzt werden kann. Betriebe, die eine ganzjährige Auslastung für einen Schlepper mit Industriebereifung sicherstellen können, müssen zum einen einen hohen Anteil straßenbetonter Tätigkeiten ausführen. Zum anderen darf die Anschaffung eines generell sehr ökonomisch fahrenden LKW in dieser Betriebsstruktur wirtschaftlich nicht sinnvoll sein. Alternativ dazu rechnet sich die Ausstattung eines Schleppers mit AS- und Industriebereifung ab einer Jahresauslastung von rund 800 Betriebsstunden. Dabei wird ein vierfaches Umrüsten und eine 50%ige Nutzung der AS-Bereifung pro Jahr unterstellt.

Schlussfolgerungen

Aus dieser Untersuchung ergeben sich neue Denkanstöße. Zum einen ist zu überlegen, ob es sinnvoll wäre, den Schlepper an der Vorderachse mit der Industriebereifung und an der Hinterachse mit der AS-Bereifung auszustatten. Dadurch wird an der Vorderachse Kraftstoff eingespart und an der Hinterachse bleibt für den Ackereinsatz das bodenschonende und zugkräftige Ackerprofil vorhanden. Zugleich wird der grundsätzlich kürzeren Nutzungsdauer der Vorderreifen durch die verschleißärmere Industriebereifung entgegengewirkt.

Auch folgende Reifenkombination kann sinnvoll sein: Die Hinterachse wird zunächst mit einer möglichst schmalen Industriebereifung ausgestattet, um für die Straßenfahrt optimale Bedingungen zu schaffen. Zudem wird die Hinterachse zusätzlich mit Zwillingsreifen bestückt, welche einen geringfügig kleineren Durchmesser aufweisen. Diese besitzen ein AS-Profil und wer-

den so gewählt, dass die maximal zulässige Schlepperbreite ausgenutzt wird. Bei Straßenfahrt haben die Zwillingsreifen aufgrund der geringeren Abmessungen keinen Bodenkontakt und somit auch keinen Rollwiderstand. Durch die installierte Reifendruckregelanlage seitens der Industriebereifung ist es möglich, auf dem Acker – unter anderem durch die geringen Arbeitsgeschwindigkeiten – den Reifeninnendruck soweit zu minimieren, dass auch die Zwillingsreifen Traktion auf dem Boden übertragen können. Folglich hat sich die Reifenkombination vom Optimum für Straßenfahrt zur bodenschonenden und traktionsstarken Ackerbereifung gewandelt.

Alternativ zur Zwillingsbereifung sind die Reifenhersteller gefordert einen Reifen zu entwickeln, der die gleichen Eigenschaften aufweist. Erste Überlegungen führen zu einem AS-Reifen, der in der Mitte ein schmales Industrieprofil hat. Da die Industriebereifung mit geringfügig größerem Durchmesser versehen ist, kann auf der Straße eine sparsame Fahrweise realisiert werden. Durch die Reduzierung des Reifeninnendrucks auf dem Acker erhöht die aufliegende AS-Bereifung die Aufstandsfläche und die Traktion.

Literatur

- [1] Brunotte, J.; Demmel, M.; Fröba, N.; Uppenkamp, N.; Weißbach, M. (2011): Boden schonen Kosten senken. KTBL-Schrift Nr. 89, Darmstadt
- [2] Engelhardt, D.; Bernhardt, H. (2007): Frachtraum wird knapp. DLG-Mitteilungen 122(6), S.24–25
- [3] Weißbach, M. (2011): Wie lassen sich >200 kW effizient in Zugleistung umsetzen? Landtechnik 66(4), S. 294–296
- [4] Reckleben, Y. (2010): Richtige Reifenwahl für den landwirtschaftlichen Transport. Bauernblatt Schleswig-Holstein, 9.1.2010, S. 27–28.
- [5] Reckleben, B. (2011): Ist Belastung durch landwirtschaftlichen Verkehr messbar? Bauernblatt Schleswig-Holstein, 24.12.2011, S. 50–51
- [6] Koehne, P. (2012): Produktinformation Traktorbereifung TRI2. <http://www.nokianheavytyres.com/>, Zugriff am 1.3.2013

Autoren

Prof. Dr. Yves Reckleben ist Dozent und **M. Sc. Niels Schäfer** ist Student am Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld, E-Mail: yves.reckleben@fh-kiel.de

Dr. Michael Weißbach ist Geschäftsführer bei Grasdorf Wennekamp GmbH, Ziegeleistraße 29, 31188 Holle