

# Problematik der Leistungsumwandlung über die Triebräder bei leistungsstarken Schleppern

Von Heinrich Steinkampf, Braunschweig\*)

Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

DK 631.372:629.11.012.5

Das Streben nach höherer Arbeitsproduktivität und damit nach verbesserter Wirtschaftlichkeit wird auch künftig zum Einsatz leistungsstärkerer Schlepper führen. Sie werden überwiegend bei der Bodenbearbeitung und dort hauptsächlich für schwere Zugarbeiten eingesetzt. Mit zunehmender Schleppermotorleistung wird es für den Konstrukteur immer problematischer, die vorliegenden Erkenntnisse über die Verbesserung der Zugeigenschaften von Schleppern miteinander in Einklang zu bringen. Je leistungsstärker die Schlepper werden, desto mehr Kompromisse müssen eingegangen werden.

## 1. Begrenzende Faktoren beim Einsatz leistungsstarker Schlepper

Bei der konstruktiven Auslegung leistungsstarker Schlepper für schweren Zug sind folgende Zusammenhänge zu berücksichtigen:

1. Die Zugkraft eines Schleppers steigt auf Reibungsböden mit zunehmendem Schleppergewicht. Zur Übertragung höherer Zugkräfte sind folglich höhere Achslasten erforderlich [1].
2. Das Gewicht von Schleppern steigt nach einem Modellgesetz mit der dritten Potenz, die Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden mit dem Quadrat ihrer Länge an. Aufgrund dieser Tatsache werden die Reifen mit zunehmendem Gewicht überproportional größer [1, 2, 3].
3. In geringer Bodentiefe hat der Flächendruck in der Berührungsfläche einen entscheidenden Einfluß, während es in größerer Bodentiefe auf die über einen Reifen abgestützte Gesamtlast ankommt [4].
4. Die Gestalt der Bodenberührungsfläche und ihre Orientierung zur Fahrtrichtung sind ebenso wichtig für eine hohe Zugkraft und einen geringen Schlupf wie die Größe dieser Fläche und die Last. Schmale, lange Auflageflächen, folglich große, schmale Reifen sind in den meisten Fällen wirkungsvoller als breite, kurze Auflageflächen [1].
5. Eine Vergrößerung des Reifendurchmessers wirkt sich nachteilig auf die Getriebebelastung und die Schwerpunkthöhe aus.
6. Die Reifentragfähigkeit läßt sich durch eine Reifenverbreiterung leichter und kostengünstiger steigern als durch eine Vergrößerung des Durchmessers [5].
7. Die zunehmende Reifenbreite wirkt sich nachteilig auf die Selbstreinigungseigenschaften aus und bereitet Schwierigkeiten beim Fahren in der Furche. Außerdem muß die maximal zulässige Schlepperbreite von 2,5 m eingehalten werden.
8. Triebkraft und Laufwerkwirkungsgrad eines AS-Triebreifens sind auf relativ trockenen, tragfähigen Böden um so besser, je höher die Reifenauslastung ist [6].

\*) Dr.-Ing. Heinrich Steinkampf ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Betriebstechnik (Direktor: Prof. Dr. agr. Sylvester Rosegger) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

## 2. Beispiele zur Leistungsübertragung mit großvolumigen AS-Triebreifen

### 2.1 Fahren in und außerhalb der Furche

Beim Pflügen mit Schleppern hoher Motorleistung kann das Fahren außerhalb der Furche insbesondere aus folgenden Gründen notwendig oder wünschenswert werden:

- Wiederverfestigen schon gepflügten Bodens durch sehr breite AS-Triebreifen
- schräger Zug bei großer Arbeitsbreite der Pflüge
- Bodenverdichtung in der Furchensohle.

Aus Gründen einer effizienten Leistungsumwandlung ist es bei nicht zu breiten AS-Triebreifen günstiger, mit den Rädern einer Schlepperseite in der Furche zu fahren, insbesondere bei sehr nassen, schmierenden Böden. Dies zeigen Einsatzversuche mit zwei unterschiedlich breiten Reifen, deren Abmessungen in Bild 1 angegeben sind. Das Betriebsverhalten des Reifens 18,4–38 ASDN ist schon bei relativ trockenem Bodenzustand beim Fahren in der Furche erheblich besser als beim Fahren außerhalb der Furche, Bild 2. Der Unterschied im Triebkraftbeiwert wird auf einem nassen, schmierenden Boden mit Stoppelaufwuchs noch größer, Bild 3. Mit dem breiteren Reifen 23,1–30 ASDN ergaben sich auf relativ trockenem Boden jedoch bessere Betriebseigenschaften für das Fahren neben der Furche, Bild 4. Weitere Versuche wurden hierzu nicht durchgeführt, da kaum anzunehmen ist, daß mit Reifen dieser Breite in der Furche gefahren wird. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß die Betriebseigenschaften dieses breiten Reifens auf nassem, schmierendem Boden in der Furche wieder besser sind als neben der Furche.

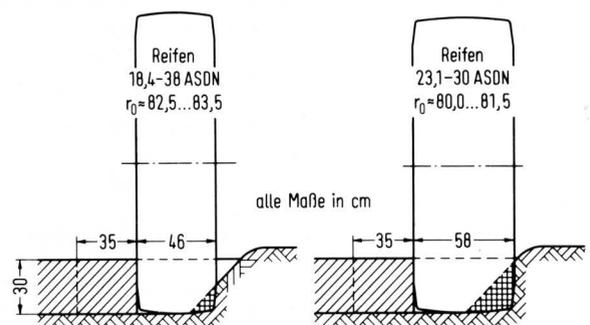
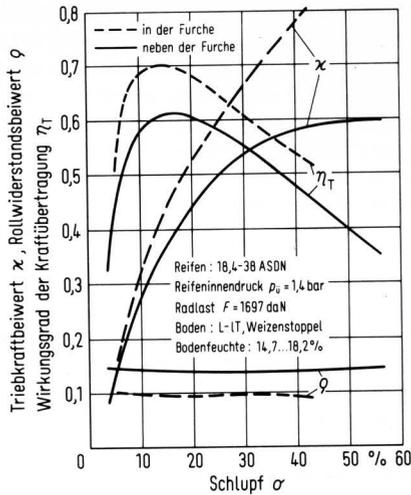
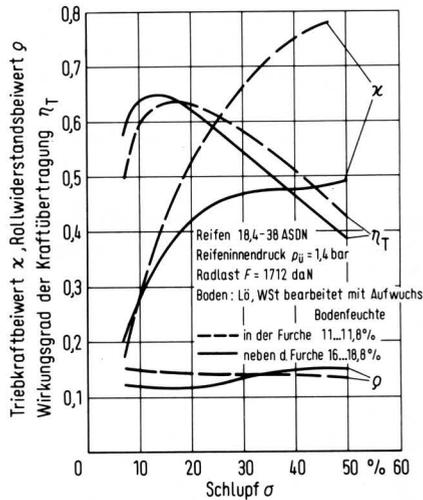


Bild 1. Wiederverfestigung schon gepflügten Bodens beim Fahren in der Furche mit großvolumigen Reifen unterschiedlicher Abmessungen. (ASDN – Ackerschlepper-Triebreifen mit Diagonalkarkasse und Normalstollen).

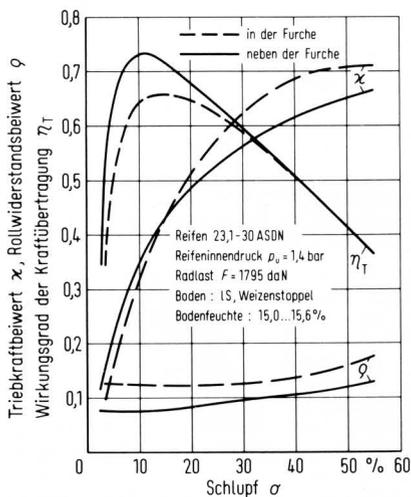
Das Fahren in der Furche ist also zumindest bis zu Reifenbreiten von 15" günstiger. Bei einem Kennlinienverlauf nach Bild 2 ergeben sich schon für den relativ trockenen Boden beim Fahren in der Furche (unter der vereinfachenden Annahme gleichen Betriebsverhaltens der Vorder- und Hinterräder) gegenüber dem Fahren neben der Furche folgende relative Vorteile:



**Bild 2.** Betriebseigenschaften eines 18,4–38 ASDN-Triebreifens in und außerhalb der Furche bei relativ trockenem Bodenzustand.



**Bild 3.** Betriebseigenschaften eines 18,4–38 ASDN-Triebreifens in und außerhalb der Furche bei nassem, schmierendem Bodenzustand (WSt-Weizenstoppel).



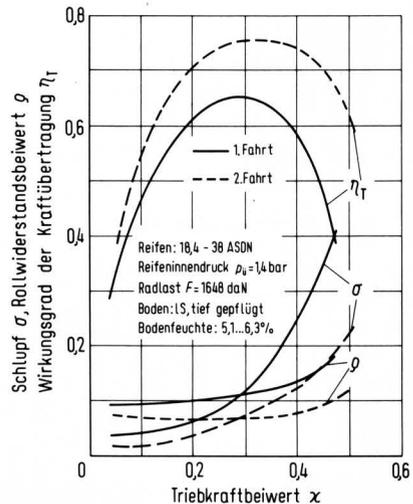
**Bild 4.** Betriebseigenschaften eines 23,1–30 ASDN-Triebreifens in und außerhalb der Furche bei relativ trockenem Bodenzustand.

- bei gleichem mittleren Schlupf  $\sigma_m = 20\%$ :  
 ca. 11 % höhere Zugkraft  
 ca. 7 % besserer Laufwerkwirkungsgrad (und damit höhere Flächenleistung und Kraftstoffersparnis)
- bei gleichem mittleren Triebkraftbeiwert  $\kappa_m = 0,5$ :  
 ca. 12 % besserer Laufwerkwirkungsgrad (damit höhere Flächenleistung und Kraftstoffersparnis).

Je größer der Feuchtegehalt des Bodens ist, desto größer sind die Vorteile des Fahrens in der Furche.

## 2.2 Überrolleffekt auf landwirtschaftlichen Fahrbahnen

Mit zunehmend größeren und breiteren Vorderrädern von Allrad-schleppern kommen die Vorteile des Überrolleffektes, des Fahrens in einer vorverfestigten Spur, mehr und mehr zum Tragen. Versuchsergebnisse beim einmaligen und mehrmaligen Überrollen einer vorverfestigten Spur gleicher Breite in der Bodenrinne wurden von *Holm* [7] veröffentlicht. Wir haben auf frisch gepflügtem Boden und auf Stoppelacker Einsatzversuche zu dieser Fragestellung durchgeführt. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß auch auf relativ leichtem, trockenem Boden das Rollen in einer mit dem gleichen Reifen vorverfestigten Spur bessere Betriebseigenschaften ergibt, selbst noch auf einem Stoppelacker mit relativ fester Oberfläche, Bild 5 und 6. Die Vorteile des Rollens in einer vorverfestigten Spur werden um so größer sein, je tonhaltiger der Boden und je größer das Porenvolumen ist.



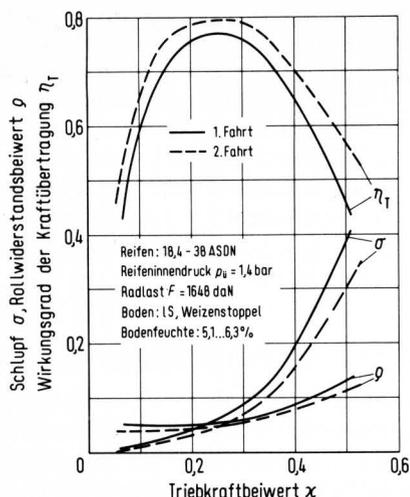
**Bild 5.** Betriebseigenschaften eines 18,4–38 ASDN-Triebreifens bei der ersten Versuchsfahrt und beim Überfahren der im ersten Versuch vorverfestigten Spur (2. Fahrt) auf trockenem, tiefge-pflügtem Boden.

## 2.3 Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf das Betriebsverhalten von AS-Triebreifen

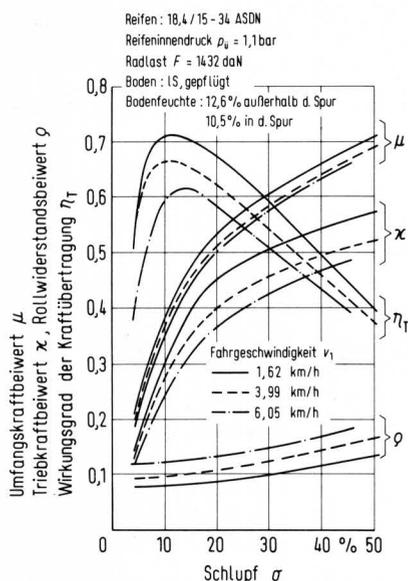
Das mit zunehmender Motorleistung abnehmende Leistungsge-wicht erfordert höhere Fahrgeschwindigkeiten bei Zugarbeiten. Höhere Fahrgeschwindigkeiten aber wirken sich bei der Bodenbe-arbeitung mit gezogenen Geräten aus zwei Gründen nachteilig aus:

- Der spezifische Zugwiderstand von gezogenen Bodenbearbei-tungsgeräten nimmt mit der Fahrgeschwindigkeit zu;
- Die Betriebseigenschaften von AS-Triebreifen verschlechtern sich auf Böden mit lockerer Oberfläche mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit, Bild 7. Auf Böden mit relativ fester Oberfläche (z.B. Stoppelacker) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Mit diesen Nachteilen muß insbesondere bei der Saatbettbereitung mit gezogenen Geräten gerechnet werden.



**Bild 6.** Betriebseigenschaften eines 18,4–38 ASDN-Triebreifens bei der ersten Versuchsfahrt und beim Überfahren der im ersten Versuch vorverfestigten Spur (2. Fahrt) auf trockenem Stoppelacker.



**Bild 7.** Betriebseigenschaften eines 18,4–34 ASDN-Triebreifens bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten auf gepflügtem Boden.

### 3. Möglichkeiten zur Verbesserung der Zugfähigkeit und zur Verringerung des Bodendrucks

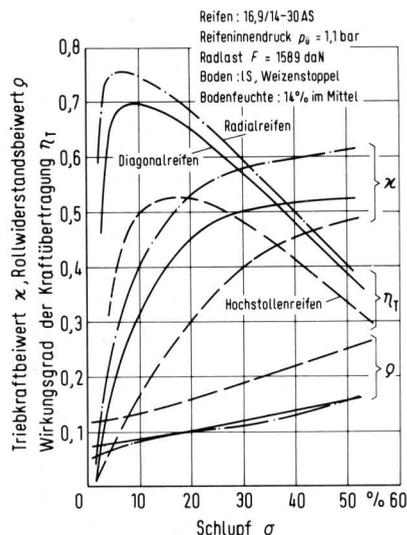
#### 3.1 Einfluß von Karkassenbauart und Stollenhöhe

Die Zugfähigkeit wie auch der Laufwerkwirkungsgrad eines Schleppers sind u.a. abhängig von der Karkassenbauart und der Stollenhöhe der verwendeten AS-Reifen. Bei relativ trockenem Bodenzustand sind Radialreifen den konventionellen Diagonalreifen bezüglich Triebkraft und Laufwerkwirkungsgrad überlegen, **Bild 8**. Ihr Einsatz verbessert die Effizienz der Leistungsumwandlung. Die Reifen mit extrem hohen Stollen sind unter diesen günstigen Einsatzbedingungen erheblich schlechter.

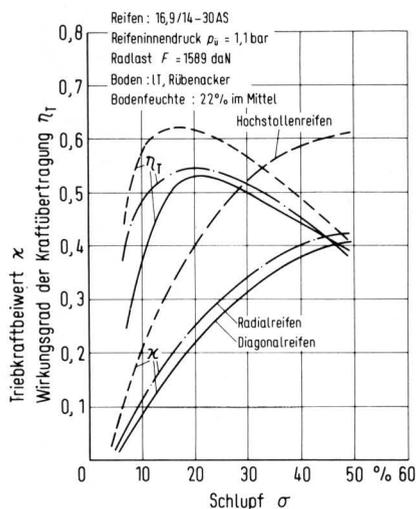
Mit zunehmendem Feuchtegehalt des Bodens schwindet die Überlegenheit des Radialreifens, der jedoch auch auf nassen, schmierenden Böden meist nicht schlechter ist als der Diagonalreifen, **Bild 9**. Unter diesen extremen Einsatzbedingungen ist der Hochstollenreifen den Reifen mit normal hohem Profil weit überlegen.

Die relativen Vorteile eines Gürtelreifens gegenüber einem Diagonalreifen bei einem Kennlinienverlauf nach **Bild 8** seien an einem

Beispiel gegenübergestellt. Bei einem Triebkraftbeiwert von  $\kappa = 0,45$  stellt sich beim Diagonalreifen ein Schlupf von  $\sigma = 20\%$  und beim Radialreifen ein Schlupf von  $\sigma = 13\%$  ein. Ein mit Radialreifen ausgerüsteter Schlepper erzielt dabei gegenüber einem mit Diagonalreifen ausgerüsteten Schlepper einen um 12% besseren Laufwerkwirkungsgrad und damit eine um 12% höhere Bruttoflächenleistung bei gleichzeitiger Kraftstoffersparnis je Flächeneinheit in etwa gleicher Höhe, siehe **Tafel 1**.



**Bild 8.** Betriebseigenschaften von 16,9–30 AS-Triebreifen unterschiedlicher Bauart und Stollenhöhe auf relativ trockenem Stoppelacker.



**Bild 9.** Betriebseigenschaften von 16,9–30 AS-Triebreifen unterschiedlicher Bauart und Stollenhöhe auf sehr nassem, schmierendem Boden.

		Diagonalreifen	Radialreifen
$\kappa = 0,45$	Schlupf $\sigma$ (%)	20	13
	Laufwerkwirkungsgrad $\eta_T$	$0,65 \hat{=} 100\%$	$0,73 \hat{=} 112,3\%$
$\sigma = 20\%$	Triebkraftbeiwert $\kappa$	$0,45 \hat{=} 100\%$	$0,53 \hat{=} 117,7\%$
	Laufwerkwirkungsgrad $\eta_T$	$0,65 \hat{=} 100\%$	$0,68 \hat{=} 104,6\%$

**Tafel 1.** Vergleich eines Radial- und eines Diagonalreifens auf relativ trockenem Boden bei konstantem Triebkraftbeiwert  $\kappa$  und konstantem Schlupf  $\sigma$ .

Arbeiten beide Schlepper jedoch bei gleichem Schlupf von  $\sigma = 20\%$ , dann erzielt der mit Gürtelreifen ausgerüstete Schlepper zwar eine um ca. 18 % höhere Zugkraft, aber nur eine um 4,6 % höhere Bruttoflächenleistung bei etwa 4,6 % Kraftstoffersparnis je Flächeneinheit. Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß es weniger darauf ankommt, die höhere Zugkraft der Radialreifen auszunutzen, als vielmehr im Bereich optimaler Laufwerkwirkungsgrade durch richtige Zuordnung von Schlepper und Gerät zu arbeiten.

### 3.2 Allradantrieb und selbstsperrendes Vorderachsdifferential

Durch das Abstützen der Triebkräfte über vier angetriebene Räder werden die Zugfähigkeit und der Laufwerkwirkungsgrad eines Schleppers erhöht. Die Notwendigkeit und die Vorteile des Allradantriebs für Schlepper höherer Leistungsklassen sind in einer Reihe von Publikationen ausführlich behandelt worden, u.a. in [2, 6, 8, 9]. Aus diesem Grund wird hier auf den Allradantrieb nicht eingegangen. Statt dessen werden die Auswirkungen des selbstsperrenden Vorderachsdifferentials näher dargestellt.

Die Differentialsperre wird meistens dann benutzt, wenn der Fahrbahnzustand oder die Radlasten für die linken und rechten Schleperräder unterschiedlich sind, wie z.B. beim Pflügen oder bei Hangarbeiten. In diesen Einsatzfällen können durch die Differentialsperre die Zugkraft und der Laufwerkwirkungsgrad eines Schleppers erhöht werden.

Welche Verbesserungen sind nun von selbstsperrenden Vorderachsdifferentials zu erwarten, mit denen einige Schleppertypen der höheren Leistungsklasse bereits ausgerüstet sind?

Mit einem Kennlinienverlauf des Land- und Furchenrades beim Pflügen auf relativ trockenem Boden nach Bild 2 bringt ein Sperren des Vorderachsdifferentials ohne Berücksichtigung der Eigenreibung bei bereits gesperrtem Hinterachsdifferential bei einem mittleren Schlupf von 20,4 % eine Zugkraftverbesserung des Schleppers um 3 % und eine Verbesserung des Laufwerkwirkungsgrades und damit eine Steigerung der Flächenleistung um etwa 0,6 %, Tafel 2. Dabei wurde von einer Achslastverteilung vorn/hinten von  $A : B = 35 : 65$  und einer Radlastverteilung Landrad/Furchenrad von  $A_L : A_F = B_L : B_F = 45 : 55$  ausgegangen. Für eine Achslastverteilung von  $A : B = 15 : 85$  ergeben sich Verbesserungen von nur 1,6 und 0,15 %.

Unter extremen Einsatzbedingungen beim Pflügen ist die durch ein selbstsperrendes Vorderachsdifferential erzielbare Verbesserung der Zugkraft und des Laufwerkwirkungsgrades größer. Unterstellt man für die Land- und Furchenräder einen Kennlinienverlauf nach Bild 10, so läßt sich bei einem mittleren Schlupf aller Räder von  $\sigma_m = 18,2\%$  bezogen auf den Schlepper die in Tafel 3 aufgezeigte Verbesserung der Zugkraft und des Laufwerkwirkungsgrades erzielen.

	A : B = 15 : 85		A : B = 35 : 65	
	● ●	● ●	● ●	● ●
$\Sigma T$ (daN)	2440 $\hat{=}$ 100 %	2480 $\hat{=}$ 101,6 %	2410 $\hat{=}$ 100 %	2480 $\hat{=}$ 102,9 %
$\eta_{Tm}$	0,638 $\hat{=}$ 100 %	0,639 $\hat{=}$ 100,15 %	0,635 $\hat{=}$ 100 %	0,639 $\hat{=}$ 100,6 %

Bezeichnungen und Indizes: A = Betriebsachslast bzw. Betriebsradlast vorn; B = Betriebsachslast bzw. Betriebsradlast hinten; F = Furche; L = Land; ● angetriebene Achse; ● angetriebene Achse, Ausgleichsgetriebe gesperrt; T = Triebkraft

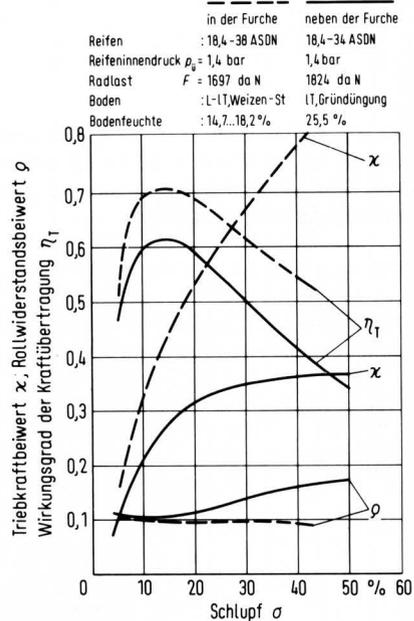
**Tafel 2.** Relative Verbesserung von Zugkraft und Laufwerkwirkungsgrad eines Allradschleppers beim Pflügen auf relativ trockenem Boden durch ein selbstsperrendes Vorderachsdifferential ( $A_L : A_F = B_L : B_F = 45 : 55$ ,  $A + B = 5000$  daN,  $\sigma_m = 20,4\%$ ).

Spürbare Vorteile bringt also das selbstsperrende Vorderachsdifferential erst, wenn

1. die Kennlinien des Land- und Furchenrades extrem voneinander abweichen
2. ein entsprechend hoher Anteil der Schleppermasse über die Vorderachse abgestützt wird.

Dabei sind die Auswirkungen des selbstsperrenden Vorderachsdifferentials um so größer, je höher der mittlere Radschlupf ist.

Die in den Tafeln gezeigten Werte wurden ausgehend von den Kennlinien des Furchen- und Landrades rechnerisch ermittelt, weil die z.T. sehr geringen Unterschiede im Einsatzversuch mit einem Schlepper nicht herausgemessen werden können. Die angegebenen relativen Verbesserungen werden im praktischen Einsatz nicht ganz erreicht, weil die Eigenreibung in einem frei arbeitenden Differentialgetriebe schon eine gewisse Sperrwirkung hervorruft. Die in eigenen Versuchen gemessenen Drehmomentunterschiede des linken und rechten Hinterrades entsprechen Sperrwerten bis zu  $S = 8\%$ . (Als Sperrwert wird die zwischen den beiden Halbachsen mögliche Momentendifferenz bezogen auf das Gesamtmoment bezeichnet  $S = \frac{M_L - M_R}{(M_L + M_R)}$ ). Für das Beispiel auf relativ trockenem Boden ist ein Sperrwert von  $S = 20\%$  und für das Beispiel auf relativ nassem Boden ein Sperrwert von  $S = 33\%$  erforderlich. Das Selbstsperrdifferential von ZF (Lok-O-Matic) wird z.B. in der Standardausführung mit einem Sperrwert von  $S = 40\%$  angeboten, die Sonderausführung mit vorgespannten Lamellenpaketen erreicht höhere Sperrwerte. Die von KHD angebotene Vorrichtung zur Erzielung von Gleichlauf der Vorderräder (Deutz-Optitrac) hat nach Firmenangaben eine Sperrwirkung von 100 %.



**Bild 10.** Betriebseigenschaften eines 18,4–38 ASDN-Triebreifens beim Fahren in der Furche (s. Bild 2) und unter extremen Einsatzbedingungen gemessene Betriebseigenschaften eines 18,4–34 ASDN-Triebreifens beim Fahren neben der Furche.

	A : B = 15 : 85		A : B = 35 : 65	
	● ●	● ●	● ●	● ●
$\Sigma T$ (daN)	1975 $\hat{=}$ 100 %	2050 $\hat{=}$ 103,7 %	1880 $\hat{=}$ 100 %	2050 $\hat{=}$ 109 %
$\eta_{Tm}$	0,649 $\hat{=}$ 100 %	0,659 $\hat{=}$ 101,5 %	0,635 $\hat{=}$ 100 %	0,659 $\hat{=}$ 104 %

**Tafel 3.** Relative Verbesserung von Zugkraft und Laufwerkwirkungsgrad eines Allradschleppers beim Pflügen auf einem sehr nassen, schmierenden Boden durch ein selbstsperrendes Vorderachsdifferential ( $A_L : A_F = B_L : B_F = 45 : 55$ ,  $A + B = 5000$  daN,  $\sigma_m = 18,2\%$ ).

### 3.3 Einfluß von Zwillingbereifung und Gitterrädern

Die Betriebseigenschaften von AS-Reifen und damit die Zugfähigkeit und die Effektivität der Leistungsumwandlung eines Schleppers werden auf festen sowie auf lockeren Reibungsböden mit zunehmender Reifenlastung, d.h. mit abnehmendem Reifeninnendruck oder höherer Radlast besser. Dies ist auch der Grund dafür, daß durch Zwillingbereifung weder die Zugkraft noch der Laufwerkwirkungsgrad verbessert werden können. Versuche, die zur Klärung des Verhaltens von Zwillingrädern mit einem Einzelrad auf tief bearbeitetem schluffigem Sandboden gefahren wurden, weisen für das erheblich höher belastete Rad bessere Betriebseigenschaften aus, Bild 11.

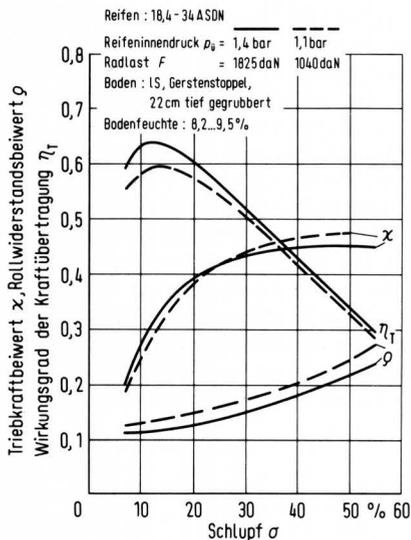


Bild 11. Betriebseigenschaften eines 18,4-34 ASDN-Triebreifens auf relativ trockenem, tiefgegrubbertem Boden bei unterschiedlichen Radlasten und Reifeninnendrücken, die in etwa denen bei Einfach- und Zwillingbereifung entsprechen.

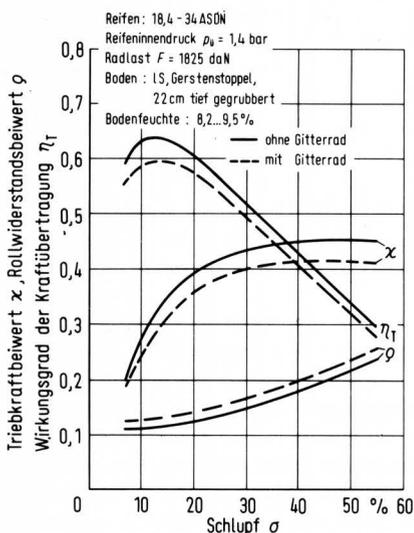


Bild 12. Betriebseigenschaften eines 18,4-34 ASDN-Triebreifens mit und ohne Gitterrad auf relativ trockenem, tiefgegrubbertem Boden.

Zwillingbereifung und Gitterräder sind in erster Linie Hilfsmittel, um insbesondere auf Böden mit lockerer Oberfläche wie z.B. bei der Saatbettbereitung den Bodendruck und die Spurtiefe zu verringern. Der Triebkraftbeiwert und der Laufwerkwirkungsgrad eines Triebrades auf tief bearbeitetem Boden waren ohne Gitterrad besser als mit Gitterrad, Bild 12.

### 4. Zusammenfassung

Einleitend wird eine Reihe von Grunderkenntnissen verschiedener Autoren über den Einfluß der Reifenabmessung auf Tragfähigkeit, Triebeigenschaften und Bodendruck und über die Zusammenhänge zwischen Schlepperleistung, Schlepperabmessung und Schleppergewicht unter Berücksichtigung von Modellgesetzen genannt. Diese Erkenntnisse in neuen Konstruktionen zu verwirklichen, wird mit zunehmender Motorleistung problematischer.

Anschließend werden die Vor- und Nachteile der Leistungsübertragung mit großvolumigen AS-Reifen beim Fahren in und außerhalb der Furche, beim Überrollen einer vorverfestigten Spur und bei hohen Fahrgeschwindigkeiten auf Böden mit lockerer Oberfläche behandelt.

Weiterhin werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Zugfähigkeit durch Verwendung entsprechender AS-Reifen und durch ein selbstsperrendes Vorderachsdifferential sowie der Einfluß von Zwillingbereifung und Gitterrädern aufgezeigt.

### Schrifttum

- [ 1 ] Bekker, M.G.: Die Mechanik der Geländefahrt. Landt. Forschung Bd. 13 (1963) Nr. 3, S. 70/78.
- [ 2 ] Söhne, W.: Allrad- oder Hinterradantrieb bei Ackerschleppern hoher Leistung. Grndl. Landtechnik H. 20 (1964) S. 44/52.
- [ 3 ] Söhne, W.: Versuch einer Prognose der Leistung und Produktion der Ackerschlepper sowie ihrer konstruktiven Weiterentwicklung. Grndl. Landtechnik Bd. 22 (1972) Nr. 6, S. 161/65.
- [ 4 ] Söhne, W.: Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlepperreifen. Grndl. Landtechnik H. 5 (1953) S. 49/63.
- [ 5 ] Söhne, W.: Wechselbeziehungen zwischen Schlepperleistung, Reifenabmessungen und Ackerboden. Landtechnik Bd. 25 (1970) Nr. 10, S. 306/12.
- [ 6 ] Steinkampf, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Ackerschlepper. Diss. TU Braunschweig 1974.
- [ 7 ] Holm, I.C.: Das Verhalten von Reifen beim mehrmaligen Überfahren einer Spur. The Int. Society for Terrain-Vehicle-Systems, Inc. Proceedings of the 3rd Int. Conference in Essen 1969, Nr. 2, S. 96/123.
- [ 8 ] Sonnen, F.J.: Zur Frage des Allradantriebes von Ackerschleppern. Landt. Forschung Bd. 12 (1962) Nr. 1, S. 1/6.
- [ 9 ] Sonnen, F.J.: Die Zugfähigkeit von Ackerschleppern mit großer Motorleistung bei Hinterrad- und Allradantrieb. Grndl. Landtechnik Bd. 18 (1968) Nr. 2, S. 41/46.



VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1977  
 Schriftleitung: Dr. Fr. Schoedder, Braunschweig

Printed in Germany. Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil dieser Schriftenreihe darf in irgendeiner Form — durch Photokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren — ohne schriftliche Genehmigung des Verlages, auch nicht auszugsweise, reproduziert werden. — All rights reserved (including those of translation into foreign languages). No part of this issue may be reproduced in any print, microfilm, or any other means, without written permission from the publishers. — Herstellung: Druckerei Ruth, Braunschweig.