

# Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim

der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin · Direktor: Prof. Dr. S. Rosegger

## Verbesserung des Kraftschlußbeiwertes bei luftbereiften Ackerschleppern<sup>1)</sup>

Von Ing. K. H. SCHULTE

D 631.372.001.5

In der Fachliteratur findet man des öfteren an Stelle der Zugkraft des Schleppers den Kraftschlußbeiwert  $\kappa$  in Abhängigkeit vom Radschlupf  $\phi$  aufgetragen (Bild 1). Der Kraftschlußbeiwert  $\kappa$  ist exakt definiert als

$$\kappa = \frac{T}{G_{dyn}} \quad (1)$$

wenn

$T$  die Triebkraft des Schleppers [kg]  
 $G_{dyn}$  das an der Kraftübertragung beteiligte Schleppergewicht [kg]

bedeuten.

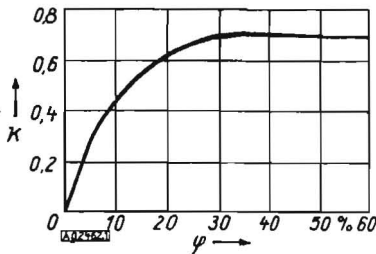


Bild 1. Kraftschluß-Schlupfdiagramm eines Ackerschleppers auf mittlerem Ackerboden  $G_A = 1450$  kg,  $G_w = 850$  kg, 30 PS

Vielfach findet man aber für  $\kappa$  auch die Darstellung

$$\kappa = \frac{T - R}{G_{dyn}} = \frac{Z}{G_{dyn}} \quad (2)$$

bei der gegenüber (1) auf den Betrag des Rollwiderstandes  $R$  verzichtet wird.

Die Kraftschluß-Schlupfkurve hat einen ähnlichen Verlauf wie die Zugkraft gegenüber dem Schlupf, bietet jedoch bessere Vergleichsmöglichkeiten für verschiedene Schlepper untereinander, da  $\kappa$  auf alle Schleppertypen übertragen werden kann.



Bild 2. Ackerwagenreifen (mitte) und Ackerschlepper-Luftreifen mit Hochstollenprofil (rechts) und Spurrillen (links)

### 1 Beeinflussung der Zugkraft durch den Kraftschlußbeiwert

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, den Kraftschlußbeiwert  $\kappa$  zugunsten einer höheren Schlepperzugkraft zu verbessern, die hier erläutert werden sollen.

#### 1.01 Ackerluftreifen mit Profilstollen

Im Gegensatz zu den Reifen der Straßenfahrzeuge ist der Schlepperreifen mit grobprofiligen Gummistollen ausgebildet, um eine gute Verzahnung des Reifens mit dem nachgiebigen Boden zu erreichen (Bild 2). Im Verlauf der

Schlepperentwicklung hat das Stollenprofil und die Stollenhöhe viele Änderungen erfahren, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Letztere beträgt heute durchschnittlich 30 bis 50 mm. Größere Stollenhöhen sind aus Verschleißgründen unwirtschaftlich, da der Schlepper nicht nur zur Ackerarbeit, sondern auch zur Transportarbeit auf der Straße herangezogen wird. Die Selbst-

<sup>1)</sup> Siehe auch Deutsche Agrartechnik (1956) H. 7 S. 305 bis 308.

reinigung des Profils garantiert eine stets einwandfreie Verzahnung mit dem Boden. Den Einfluß der Reifenprofilierung auf die Zugkraft eines Schleppers und damit auf den Kraftschlußbeiwert ersieht man aus dem Zugkraft-Schlupfdiagramm (Bild 3).

#### 1.02 Reifendurchmesser

Durch die Vergrößerung der Schleppertriebäder wird der Kraftschlußbeiwert ebenfalls verbessert. Dies ist auf die vergrößerte, insbesondere verlängerte Auflagefläche zurückzuführen, die den Griff des Reifens günstiger gestaltet. Den Einfluß auf die Schlepperzugkraft durch den Reifendurchmesser verdeutlicht das Bild 4. Heute werden die hinterachs-angetriebenen Schlep-

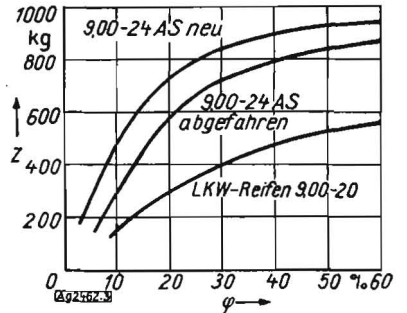


Bild 3. Zugkraft-Schlupfdiagramm für verschiedene Reifenprofilierungen bzw. abgenutztes AS-Reifenprofil auf nassem bindigem Boden bei 1,5 atü Reifenluftdruck nach BOCK [3].  $G_A = 1270$  kg

per serienmäßig mit großen Reifen ausgerüstet (z. B. RS 08/15 und RS 04/30).

#### 1.03 Reifenluftdruck

Auch mit dem Reifenluftdruck ist die Zugkraft des Schleppers über den Kraftschlußbeiwert wirksam zu beeinflussen. Wird derselbe z. B. von 2 atü auf 0,8 atü (normal) oder neuerdings 0,5 atü gesenkt, so plattet sich der Reifen ab und vergrößert ebenfalls seine Verzahnungsfläche mit dem Ackerboden. Besonders auf stark feuchtem Boden ist eine Verringerung des

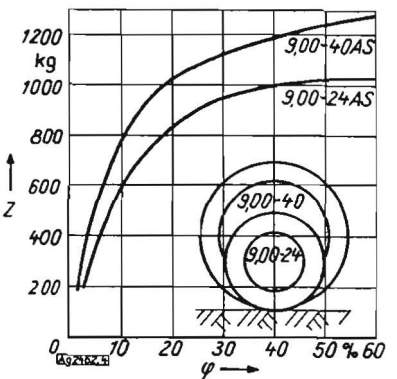


Bild 4. Zugkraft-Schlupfdiagramm für verschiedene AS-Reifendurchmesser gleicher Wulst (gleicher Reifenquerschnitt) nach BOCK [3]

Reifenluftdruckes notwendig, da mit der Abplattung des Reifens auch der Flächendruck kleiner wird und der Schlepper mit seinen Reifen nicht mehr so tief in den Boden einsinkt. Sein eigener Rollwiderstand wird auf solchem Boden bzw. bei solchen Fahrbedingungen kleiner. Den Einfluß des Reifenluftdruckes auf die Schlepperzugkraft bzw. auf den Kraftschlußbeiwert zeigen sowohl Bild 5 als auch Tabelle 1 nach SOHL [1]:

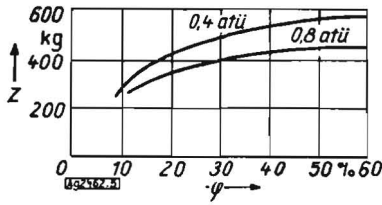


Bild 5. Zugkraft-Schlupfdiagramm für verschiedene Reifen-Luftdrucke bei gleichen AS-Reifenabmessungen nach BOCK [5].  
Reifen 10-28 AS,  $G_A = 1300$  kg

Eine Ausnahme in der allgemeinen Tendenz der Kraftschlußbeiwerte besteht beim Kiesweg, bei dem der Kraftschlußbeiwert mit steigendem Reifenluftdruck unwesentlich zunimmt (Tab. 1).

Durch die besondere Ausbildung der Karkasse ist es heute bei allen Ackerschleppertreibreifen möglich, im Einsatz mit niedrigem Luftdruck und abgeplattetem Reifen zu fahren, ohne denselben in seiner Lebensdauer besonders zu beeinträchtigen.

Tabelle 1

Bodenbedingung	Schlupf [%]	Kraftschlußbeiwert bei den Luftdrücken		
		0,562 [atü]	0,843 [atü]	1,124 [atü]
Feldweg, festgefahren	5	0,71	0,66	0,61
Lehm, trocken	16	0,56	0,55	0,53
Sandiger Lehm	16	0,53	0,50	0,49
Feinsand, trocken	16	0,39	0,36	0,33
Kiesweg	5	0,35	0,37	0,37

#### 1.04 Reifenübergößen

Die Forderung der Landwirtschaft nach strukturschonender Bodenbearbeitung gibt Veranlassung zur Frage, inwiefern eine Reifenübergroße dazu beitragen kann, diese Forderung zu erfüllen.

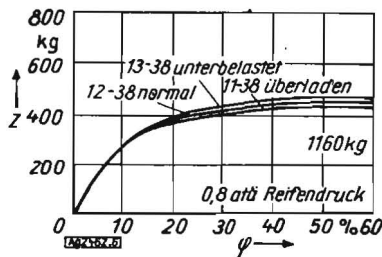


Bild 6. Zugkraft-Schlupfdiagramm für AS-Reifen gleichen Felgendurchmessers, größerer Wulst (Reifenquerschnitt) und gering vergrößerter Durchmesser bei gleicher Achs- (Reifen-) Belastung auf Sandboden nach REED [2]

Bild 7. Zugkraft-Schlupfdiagramm für AS-Reifen wie im Bild 6, jedoch mit 100% Reifenauslastung bei etwa 1 atü Reifendruck nach REED [2]

Hierfür gibt es nach REED [2] drei Möglichkeiten:

- Vergrößerung des Reifenquerschnittes bei gering vergrößertem Außendurchmesser (z. B. 11-38, 12-38, 13-38), aber mit gleicher Felge.
- Vergrößerung des Reifenquerschnittes bei gleichem Außendurchmesser, aber verschieden großer Felge (z. B. 12-38, 13-36, 14-34).
- Vergrößerung des Reifenquerschnittes bei gleichem Außendurchmesser und gleicher Felgenreöße (elliptischer Reifenquerschnitt - Sonderherstellung).

Bei vergrößertem Außendurchmesser (a) ist mit der Geräteeinstellung die erhöhte Achsenlage gegenüber der Schlepperstandfläche zu berücksichtigen. Die unter (b) und (c) angegebenen Möglichkeiten sind unzweckmäßig, da sie entweder verschiedene Felgenreößen oder Sonderreifen erfordern, deren Fertigung wirtschaftlich nicht zu vertreten sein dürfte. Den Einfluß der Reifengröße auf die Zugkraft des Schleppers zeigen nach REED [2] die Zugkraft-Schlupfdiagramme Bild 6 und 7. Bei gleicher Reifenbelastung ist der Unterschied sehr gering. Er vergrößert sich erst durch erhöhte Belastungen, deren Möglichkeit mit der Übergroße gegeben ist.

#### 1.05 Schnee- und Gleitschutzketten

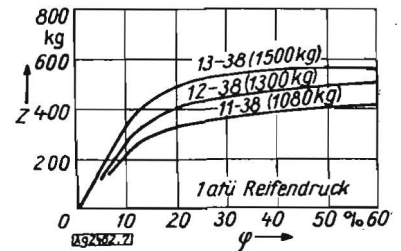
Bei außergewöhnlich schlechten Bodenverhältnissen reicht die Verzahnung des Gummireifens mit der Fahrbahn nicht mehr aus. Wenn der Kraftschlußbeiwert des Reifens auf fester Fahrbahn unter 0,4 sinkt, bedient man sich einiger Hilfsmittel, die

den Schlupf der Räder herabsetzen und die Zugkraft des Schleppers wieder verbessern sollen.

Auf verschneiten und vereisten Fahrbahnen benutzt man für die Schleppertriebriegen z. B. Schneeketten (Bild 8). Diese Ketten drücken sich sowohl in den Reifen als auch in die Fahrbahn ein und verhindern so einen übermäßigen Radschlupf. Auf dem Acker werden Schneeketten wegen der weichen Unterlage nicht verwendet. Bei feuchter Oberschicht sind hier die auf gleichem Prinzip beruhenden, jedoch auf Greifer umgestellten Gleitschutzketten oft sehr zweckmäßig (Bild 10). Sie bestehen aus profilierten Rundstahlbügeln, von denen z. B. je drei durch seitliche Platten zu einzelnen Greifergliedern vereinigt sind (RITSCHER-Kette). Die Stahlbügel liegen quer zum Reifen und dringen im Gegensatz zu den Reifenstollen tiefer in den Boden ein und verringern so den Radschlupf. Der Einfluß der Schneeketten auf die Zugkraft des Schleppers ist aus dem Diagramm Bild 9 ersichtlich.

#### 1.06 Klappgreifer

Ein weiteres Hilfsmittel zur Steigerung der Zugkraft und Senkung des Radschlupfes sind Greiferräder, zu denen auch die Klappgreifer zählen. Letztere haben den Vorteil, daß sie stets - auch bei Straßenfahrten - am Schlepperreifen montiert bleiben können. Die einzelnen Greifer lassen sich durch Umklappen sowohl in Einsatzstellung als auch in Ruhestellung bringen (z. B. DEGENHART-Klappgreifer, Bild 11). Das Festlegen am Reifen bzw. an der Radscheibe erfolgt durch Federdruck. Nachteilig ist das hohe Gewicht der Klappgreifer (z. B. 135 kg für einen 40-PS-Schlepper), das nicht bei allen Ackerarbeiten erwünscht ist. Den Einfluß der Klappgreifer auf die Zugkraft und den Schlupf des Schleppers zeigt Bild 12. Für Böden mit verhältnis-



mäßig geringer Schubfestigkeit (z. B. Sandboden) ist das Greiferprinzip nicht verwendbar.

#### 1.07 Zwillingsbereifung

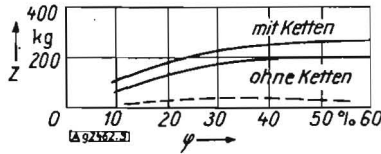
Durch Zwillingsbereifung der Schleppertriebachse wird mit der Verdoppelung der Auflage- und Verzahnungsfläche sowohl der Bodendruck als auch der Radschlupf verringert. An Stelle der Zwillingsbereifung ließe sich auch ein der gesamten Verzahnungsfläche und Auflagefläche entsprechender Reifen verwenden. Der nutzbare Zugkraftbereich wird bei Zwillingsbereifung durch die Erhöhung der maximalen Zugkraft erweitert (Bild 14) und somit der Kraftschlußbeiwert verbessert.

#### 1.08 Gitterräder

Den gleichen Zweck wie die Zwillingsbereifung erfüllen die Gitterräder, die zusätzlich an die Gummireifen montiert und durch Absenken des Reifenluftdruckes auf 0,8 oder 0,5 atü zum Mittragen und Mitgreifen herangezogen werden. Sie bestehen meist

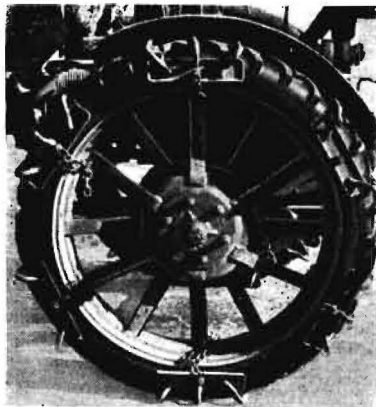


Bild 8. Ackerschlepper-Triebradreifen zusätzlich bestückt mit Schneeketten

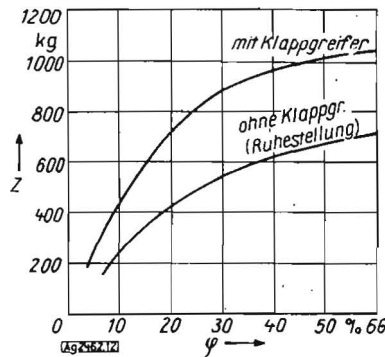


**Bild 9.** Zugkraft-Schlupfdiagramm eines Geräteträgers auf schneebedecktem Feldweg, leicht verharst, mit und ohne Schneeketten,  $G_A = 930$  kg. Gestrichelter Linienzug für glatteisähnlichen Fahrbahnzustand

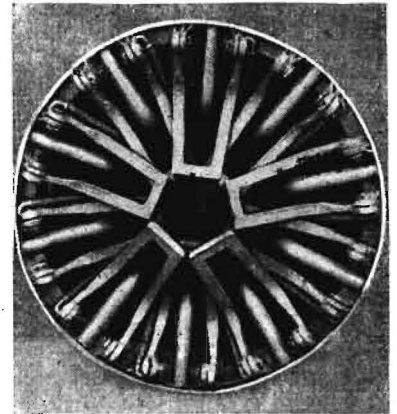
aus zwei Stahlreifen, die am Kranz in gewissen Abständen durch Profilstäbe noppenförmig verbunden sind (Bild 13). Sie sind im Vergleich zu Zwillingreifen im Gewicht leichter und in der Anschaffung billiger. Die Wirksamkeit der Gitterräder bez. Auflageverbreiterung und Kraftschlußverbesserung ist dagegen etwas geringer als durch die letzteren, wie das Zugkraft-Schlupfdiagramm Bild 14 für den Kraftschluß beweist. Zwi-



**Bild 10.** Akerschlepper-Triebadreifen 7-36 AS zusätzlich bestückt mit Gleit- und Schutzketten



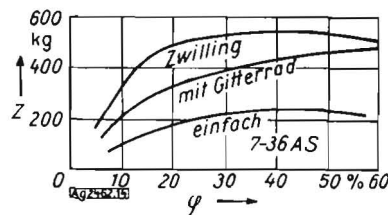
**Bild 12.** Zugkraft-Schlupfdiagramm für einen Akerschlepper mit und ohne Klappgreifer.  $G_A$  einschl. Greifer = 2685 kg auf oberflächlich aufgeweichtem tonigen Lehm Boden nach LUGNER [4]



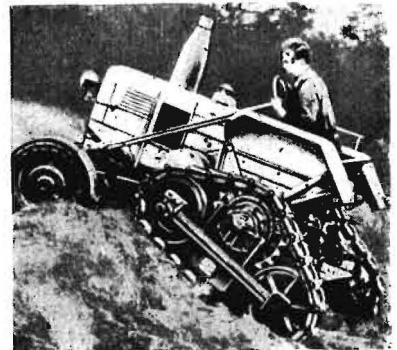
**Bild 11.** Klappgreifer für Akerschlepper-Triebadreifen



**Bild 13.** Geräteträger mit Gitterrädern



**Bild 14.** Zugkraft-Schlupfdiagramm eines Akerschleppers mit und ohne Gitterräder bzw. mit Zwillingbereifung auf nassem Moorboden bei 0,8 atü,  $G_A = 850$  kg nach BOCK [5]



**Bild 15.** Akerschlepper mit Anbau-Halbraupe System HÜLLE

lingsbereifung verwendet man gegenüber Gitterrädern dann, wenn besonders hohe Ansprüche an den Einsatz bzw. die Qualität der Arbeit gestellt werden (z. B. Moorboden, feuchte Wiesen, Drillarbeiten).

**1.09 Anbau-Halbraupen**

Bei besonders schlechten, z. B. schmierigen Bodenverhältnissen, die normalerweise einen niedrigen Kraftschlußbeiwert bedingen, bedient man sich zu seiner Verbesserung und zur Erhöhung der Schlepperzugkraft auch der Anbraupen, die gleich den Gitterrädern und der Zwillingbereifung sowohl durch die zusätzliche Auflagefläche als auch durch die zusätzliche Verzahnungsfläche wirksam werden. An Stelle der Triebäder werden kleine Raupensätze auf die Radachse montiert (Bild 15), die in Verzahnung und Bodenaufgabe denen der üblichen Raupenfahrzeuge gleichkommen. Einige Schlepperfirmen behalten die gummibereiften

Triebäder bei und legen diese und um ein vor- oder nachlaufendes Rad ein Gleisband aus Gummi. Die Lenkung des Schleppers kann auch bei dieser Ausrüstung über die Vorderachse erfolgen.

**1.10 Differentialsperre und Lenkbremsen**

Zum Abschluß sei noch auf einen Sonderfall beim Einsatz des Schleppers auf dem Acker, insbesondere beim Pflügen und bei der Arbeit in Hanglagen, hingewiesen. Wenn nämlich ein Reifen stark durchrutscht, das heißt, wenn er einen schlechteren Kraftschluß als der gegenüberliegende Reifen aufzuweisen hat, so kann infolge des in der Hinterachse zwischengeschalteten Differentials für die Schlepperzugkraft nur der geringe Kraftschlußbeiwert in Rechnung gesetzt werden. Die in einem derartigen Fall nachteilige Wirkung des Differentials kann auf längerem Weg durch Betätigung einer Sperre oder kurzzeitig durch eine Lenkbremse behoben werden.

**2 Zusammenfassung**

Es wurden die verschiedenen Möglichkeiten zur Verbesserung des Kraftschlußbeiwertes luftbereifter Akerschlepper unter weitestgehender Verwendung von Zugkraft-Schlupfdiagrammen dargestellt<sup>2)</sup>.

**Literatur**

[1] SOHL, R. W.: Effects of Inflation Pressurs on Traction and Trad Wear of Tractor Tires. Agricultural Engineering (1954) Dez. S. 855 und 856.  
 [2] REED, J. P.: Some Effects of Oversizing Rear Tractor Tires. Agricultural Engineering (1955) Sept., S. 602 bis 604.  
 [3] BOCK, G.: Feldversuche über die Zugfähigkeit von Akerschlepperreifen. Grundlagen der Landtechnik (1952) H. 3 S. 88 bis 100.  
 [4] LUGNER, H.: Klappgreifer für Schlepperbaumuster RS 01/40. Deutsche Agrartechnik (1954) H. 9 S. 277 bis 279.  
 [5] BOCK, G.: Beobachtungen bei Feldversuchen über die Zugfähigkeit von Schleppern. Grundlagen der Landtechnik (1953) H. 5 S. 42 bis 48.

A 2462

<sup>2)</sup> Siehe auch das Buch von E. D. LWOW: „Theorie des Schleppers.“ Erschienen im VEB Verlag Technik.