

Über die Zugfähigkeit von Reifen gleichen Durchmessers

Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode

Vom Schlepper werden bekanntlich bei der Hackfrüchtereute und bei der Winterfurcher hohe Zugkräfte verlangt, für deren Abstützung im allgemeinen eine hohe Last auf den Triebädern erforderlich ist; andererseits besteht die Forderung nach möglichst geringer Bodenbeeinflussung durch Druck und Spuren bei den Frühjahrsarbeiten und nach schmalen Reifen bei den Pflegearbeiten.

Während Betriebe mit mehreren Schleppern verschiedener Größe diese entsprechend den verlangten Arbeiten einsetzen können, ergeben sich beim Alleinschlepper im vollmotorisierten Betrieb Schwierigkeiten, um deren Überwindung sich die Konstrukteure von Schleppern und Reifen bemühen.

Die Anforderungen an die Triebadreifen des Schleppers lassen sich unter diesen Gesichtspunkten folgendermaßen formulieren:

1. Die Reifen müssen die erforderlichen Zugkräfte bodenschonend übertragen können.
2. Die Breite der Reifen muß den üblichen Reihenabständen der Hackfrüchte und im Extrem der Schnittbreite der Pflugkörper angepaßt werden können.

Die Reihenabstände sind in den europäischen Ländern im Vergleich zu den USA und anderen außereuropäischen Ländern klein, so daß in Kartoffeln der 8", äußerstenfalls der 9" breite Reifen die Grenze bildet. Deshalb muß die Reifenentwicklung bei uns u. U. andere Wege gehen als in den USA [1] oder auf dem Weltmarkt.

Die Forderung nach sicherer Übertragung der Zugkräfte läuft darauf hinaus, die Zugfähigkeit des Schleppers durch ausreichende Belastung der Triebadreifen zu erhöhen. Dies setzt jedoch voraus, daß die Tragfähigkeit der Reifen eine solche Belastung zur Schonung des Bodens schon bei einem Luftdruck von 0,8 atü, äußerstenfalls von 1,0 atü erlaubt; die Reifen müssen also ein genügendes Volumen aufweisen, das auch noch der Wasserfüllung zugut käme. Wollte man dieses bei schmalen Reifen erzielen, dann müßten sie sehr große Durchmesser aufweisen, die sich aber aus Gründen der Konstruktion und des Preises von Reifen und Schlepper verbieten. Vielmehr sollen schmale und großvolumige Reifen am gleichen Schlepper verwendet werden können, ohne daß sich die Kinematik der Geräteanlenkung und die Fahrgeschwindigkeiten ändern. Damit muß der Außendurchmesser beider Reifentypen gleichbleiben, die höhere Tragfähigkeit kann also nur durch breitere Reifen erreicht werden.

Zur Klärung der Zusammenhänge zwischen Größe und Belastung der Reifen, die unter diesen Gesichtspunkten zur Wahl stehen, und der Zugfähigkeit wurden Vergleichsversuche auf vier verschiedenen Böden durchgeführt. Ehe über diese berichtet wird, sollen jedoch die Ergebnisse früherer einschlägiger Versuchsreihen gebracht werden.

Mit wachsendem Außendurchmesser der Reifen, jedoch bei gleicher Breite, steigt nach Abbildung 1 der Kraftschlußbeiwert an, allerdings nicht proportional [2]. Die Versuchsbedingungen sind zu beachten, nämlich gleicher Luftdruck und Radlasten, die den zugehörigen Normtragfähigkeiten entsprechen.

Bei vergrößerter Triebablast kann der Kraftschlußbeiwert gleichbleiben oder sich ändern, je nach Art der Böden. Auf kultiviertem Hochmoor (Abb. 2) fiel der Kraftschlußbeiwert mit der Belastung, jedoch glücklicherweise nicht umgekehrt proportional, da sonst die Zusatzbelastung für eine Zugkraftsteigerung nutzlos gewesen wäre (dies wäre dann der Fall, wenn die Reifen mit der höheren Last die tragende Schicht durchbrochen hätten) [3, 4]. Leider verhalten sich alle wenig tragfähigen Böden derartig, bei denen die Verbesserung der Zugfähigkeit besonders wichtig wäre. Bei tragfähigen, festen, etwas feuchten, bindigen Böden (sog. Kohäsionsböden) kann

der Kraftschlußbeiwert sogar steigen. Auf den sogenannten Reibungsböden bleibt er meist gleich. Abbildung 3 gibt einen Überblick über diese Verhältnisse [5].

Der Kraftschlußbeiwert steigt an, sofern der Reifenluftdruck bei gleichbleibender Last gesenkt wird. Bei Abbildung 4 handelte es sich zwar auch um Ergebnisse auf nassem Hochmoor, also ebenfalls auf wenig tragfähigem Boden; neuere Versuche bestätigten aber die Gültigkeit auch für andere

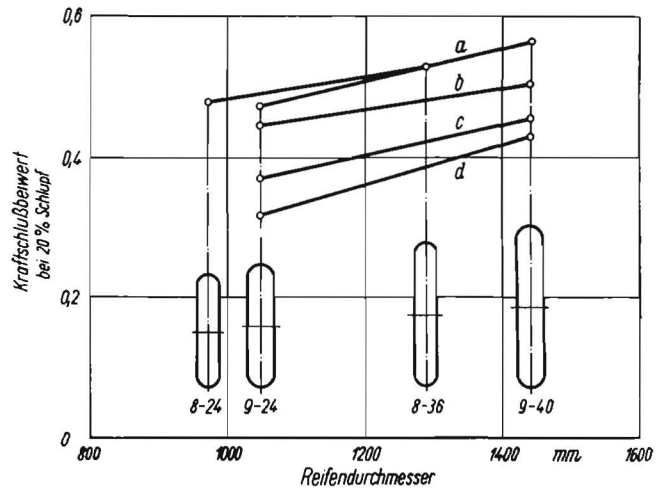


Abb. 1: Einfluß des Außendurchmessers auf den Kraftschlußbeiwert bei jeweiliger Normlast
 a) toniger Lehm, geschält, abgetrocknet
 b) toniger Lehm, nach leichtem Regen
 c) lehmiger Sand, wenig feucht
 d) Löß, gepflügt, feucht

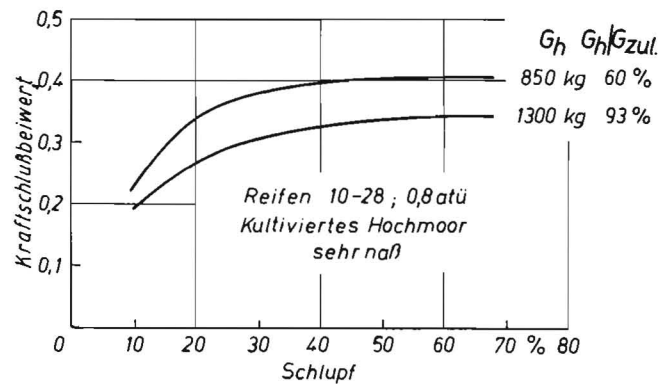


Abb. 2: Einfluß der Achslast bei wenig tragfähigem Boden

$$K = \frac{T}{G_{eff}} ; \quad \begin{matrix} G_1 > G_0 \\ K_1 \geq K_0 \end{matrix}$$

	$K_1 < K_0$	$K_1 = K_0$	$K_1 > K_0$
Bodenart:	wenig tragfähige Böden (Moorböden, aufgeweichte bindige Böden, lose Sandböden, tiefgeplügte Lehm Böden)	tragfähige, feste sandige Böden (Reibungsböden)	tragfähige, feste, etwas feuchte, bindige Böden (Kohäsionsböden)

Abb. 3: Einfluß der Achslast bei verschiedenen Böden

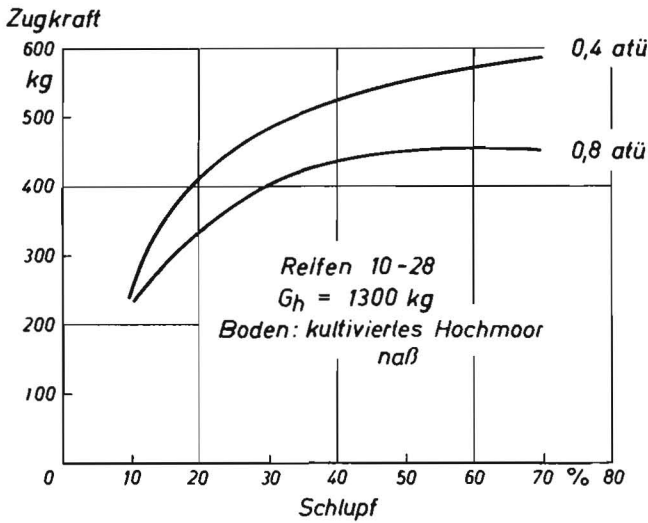


Abb. 4: Einfluß des Reifenluftdruckes bei wenig tragfähigem Boden

Böden, wenn auch nicht im gleichen Ausmaß. Auf Moorböden, also dem Musterbeispiel eines wenig tragfähigen Bodens, haben ferner Reifen größerer Breite bei ungefähr gleichem Außendurchmesser und gleicher Hinterachslast (10—28 AS gegen 7—36 AS) die Zugkraft wesentlich erhöht (Abb. 5) [3].

Abbildung 6 zeigt aber bei Vergleichsversuchen auf anderen Böden mit größeren Reifen (13—30 AS gegen 9—42 AS), daß diese Feststellung nur für wenig tragfähige Böden gilt; auf den üblichen Böden und Bodenzuständen war bei ungefähr gleicher Achslast und gleichem Luftdruck sogar der schmalere Reifen überlegen [2].

Zu ähnlichen Ergebnissen sind auch Walters und Worthington bei einer großen Versuchsreihe auf unterschiedlichen Böden mit 10 bis 14" breiten Reifen gekommen [1].

Bei den neuen Versuchen, über die hier berichtet wird, wurden folgende drei Reifenpaare untersucht:

7—30 AS gegen 9—24 AS

8—32 AS gegen 10—28 AS

8—36 AS gegen 11—28 AS.

Die Reifen waren von der Continental-Gummiwerke AG zur Verfügung gestellt, sie wiesen das „Farmer“-Profil auf. Der Unterschied der wirksamen Halbmesser der Reifen jedes Paares ist gering, maximal 6% bei der Paarung 7—30 AS gegen 9—24 AS.

Aufgenommen wurde jeweils die Zugkraft in Abhängigkeit vom Schlupf mit den bekannten Meßeinrichtungen [4]. Daraus lassen sich die Werte für den Kraftschlußbeiwert errechnen.

Als Beispiel sind die Ergebnisse der Paarung 8—32 AS gegen 10—28 AS auf anmoorigem Sand in Abbildung 7 wiedergegeben. Jeder Reifen wurde zunächst seiner Normtragfähigkeit

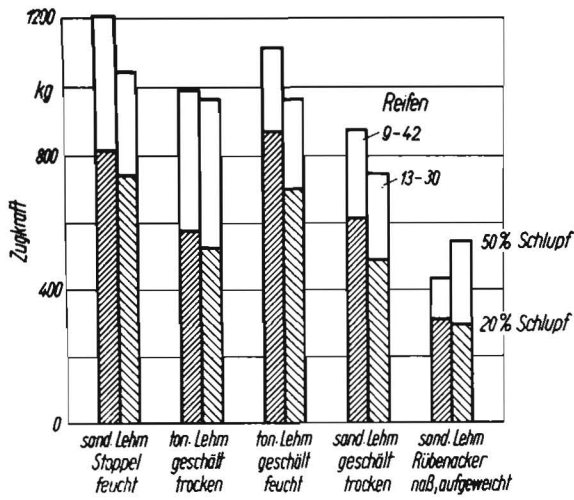


Abb. 6: Einfluß der Reifenbreite bei etwa gleicher Achslast
9-42 AS: Achslast 1470 kg, 0,8 atü
13-30 AS: Achslast 1530 kg, 0,8 atü

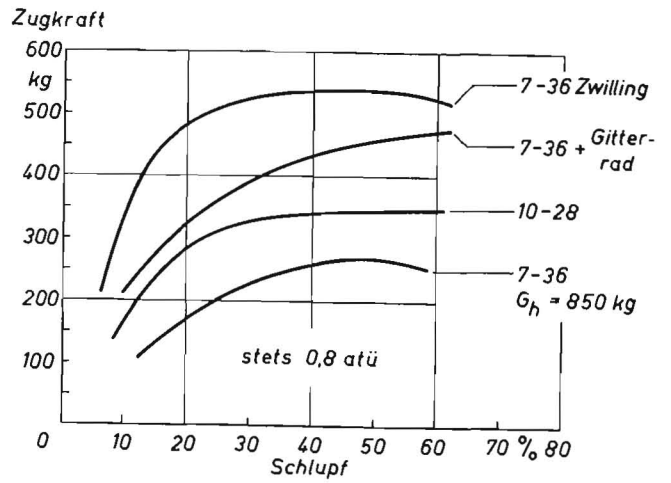


Abb. 5: Einfluß der Vergrößerung der Reifenbreite auf wenig tragfähigem Boden
kultiviertes Hochmoor, getellerte Stoppel, naß

bei 1,0 atü entsprechend belastet. Dann erhielt der breite Reifen etwa die Last des schmalen, und der Luftdruck wurde auf 0,8 atü gesenkt (infolge der Verwendung verschiedener Schlepper konnte nicht immer genau die gewünschte Belastung erreicht werden).

Trotz starker Streuung der Meßpunkte lassen sich die Kurven für die Zugkraft über dem Schlupf in den einzelnen Fällen gut zeichnen. Die Zugkraft ist bei Ausnutzung der Normtragfähigkeit infolge der größeren Hinterachslast bei den breiteren Reifen im Gebiet der höheren Schlupfwerte erwartungsgemäß größer. Bei niedrigem Schlupf ist bei den schmalen Reifen der Anstieg der Zugkraftkurve zu steil. Dies wird durch die Ergebnisse mit den zwei anderen Paarungen bestätigt, es handelt sich also hier um einen „Ausreißer“. Infolgedessen liegen die Kraftschlußbeiwerte des Reifens 8-32 AS in diesem Bereich zu hoch.

Der Reifen 10-28 AS mit etwa der Normlast des schmalen Reifens und dem Luftdruck von 0,8 atü erreicht beziehungsweise überschreitet dagegen im höheren Schlupfbereich den Kraftschlußbeiwert des schmalen Reifens, der wiederum über dem breiten mit dessen eigener Normlast liegt.

Aus den Kurven der Kraftschlußbeiwerte sind für die Säulendarstellung in Abbildung 8 je zwei charakteristische Werte herausgenommen, nämlich diejenigen bei 15 und 50% Schlupf. Diese Werte wurden deshalb gewählt, weil ein Schlupf von ungefähr 15% bei vielen Arbeiten, zum Beispiel beim Pflügen, auftritt; ein wesentlich höherer Schlupf sollte bei Arbeiten, bei denen es auf die Flächenleistung ankommt, vermieden werden. Wenn jedoch ohne Rücksicht hierauf hohe Zugkräfte benötigt werden, beispielsweise bei der Rübenabfuhr, wird man bis zu einem Schlupf von 50% gehen können.

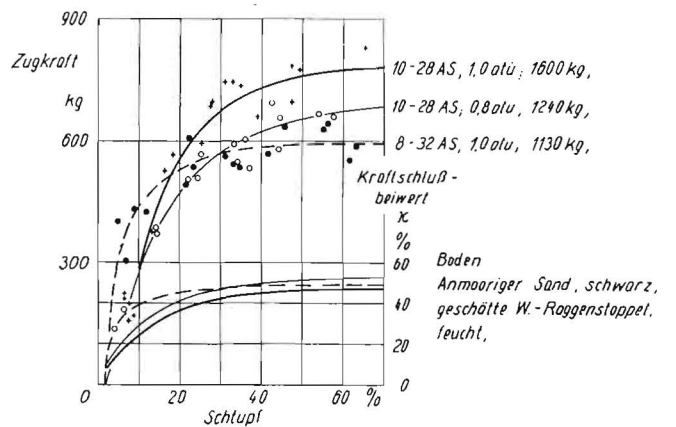


Abb. 7: Zugkraftmessungen bei einer Reifenpaarung (die angegebenen Achslasten G_h entsprechen teilweise nur angenähert einer Normlast).

Für alle drei Paarungen zeigt sich dieselbe Tendenz:

Der Kraftschlußbeiwert des breiten Reifens mit seiner Normlast und 1,0 atü Luftdruck fiel gegenüber dem schmalen Reifen unter gleichen Bedingungen ab, während er beim Übergang auf eine geringere Last und niedrigen Luftdruck wieder ansteigt.

In Abbildung 9 sind nun die Mittelwerte aus den drei Paarungen für schmale und breite Reifen jeweils mit Normlast bei 1,0 atü sowie für breite Reifen mit der Normlast des schmalen und mit 0,8 atü für fünf verschiedene Böden zusammengestellt. Hierin sind auch die Ergebnisse einer Versuchsreihe enthalten, die Kliefoth für die Paarung 8-32 AS gegen 10-28 AS gewonnen und für diese Veröffentlichung zur Verfügung gestellt hat. Die oben geschilderte Tendenz ist bei sämtlichen Böden bei 15 und 50 % Schlupf vorhanden: Der Kraftschlußbeiwert des breiten Reifens war stets kleiner als derjenige des schmalen Reifens, wenn jeder von ihnen mit seiner Normtragfähigkeit bei 1,0 atü belastet war. Hatte der breite Reifen jedoch nur die Normlast des schmalen Reifens bei 0,8 atü zu tragen, dann stieg sein Kraftschlußbeiwert an; auf tragfähigen Böden und auf Reibungsböden erreichte er nahezu oder völlig denjenigen des schmalen Reifens, auf wenig tragfähigen Böden überschritt er ihn merkbar.

Folgerungen

Aus diesen Versuchen ergeben sich folgende Erkenntnisse:

1. Infolge der höheren Normtragfähigkeit des breiten Reifens wird trotz geringeren Kraftschlußbeiwertes eine erhebliche Zugkraftreserve gegenüber dem schmalen gewonnen, weil man Zusatzgewichte und größere Wasserfüllungen verwenden kann, ohne den Reifen zu überlasten.
2. Da bei der Frühjahrspflanzung und der anschließenden Pflege im allgemeinen nur geringere Zugkräfte erforderlich sind, sollte die Triebachslast möglichst herabgesetzt werden, so daß je nach den landwirtschaftlichen Erfordernissen entweder der breite Reifen mit verringertem Luftdruck oder der schmale Reifen verwendet werden kann. Beide gestatten ungefähr die gleichen Zugkräfte.

Nach den derzeitigen Erkenntnissen wird die Anschaffung zweier Hinterachsberufe für den Alleinschlepper in vielen Fällen zu empfehlen sein, um den obengenannten Forderungen entgegenzukommen. Hierbei ist allerdings auf einen möglichst gleichen wirksamen Halbmesser der beiden Bereifungen verschiedener Tragfähigkeit Wert zu legen. Sie können dann in besonderen Fällen nebeneinander als Zwillingreifen verwendet werden, nämlich dort, wo sich auch das Gitterrad als vorteilhaft erwiesen hat.

Résumé :

Dipl.-Ing. H. Lange †: „Über die Zugfähigkeit von Reifen gleichen Durchmessers.“

Ausgehend von der Notwendigkeit, daß am gleichen Schlepper Reifen gleichen Außendurchmessers, aber verschiedener Breite, verwendet werden können, werden zunächst die Einflüsse von Durchmesser, Breite, Achslast und Reifenluftdruck auf die Zugfähigkeit auf Grund früherer Versuche erörtert. Anschließend wird über die Ergebnisse von Versuchen mit drei Paarungen von Reifen gleichen Außendurchmessers, aber verschiedener Breite, auf fünf Böden berichtet. Der Kraftschlußbeiwert des schmalen Reifens war größer als derjenige des breiten, wenn jeder von ihnen mit seiner Normtragfähigkeit bei 1,0 atü belastet war. Bei Belastung des breiten Reifens nur mit der Normlast des schmalen und bei 0,8 atü Luftdruck stieg sein Kraftschlußbeiwert wieder an, auf wenig tragfähigen Böden sogar über denjenigen des schmalen.

Dipl.-Ing. H. Lange †: „On the Tractive Effort of Tractor Tyres of Different Widths but of Identical Diameters.“

In view of the fact that, in cases of necessity, tyres of the same diameter but of different widths of tread can be used on the same tractor, the influence of diameter of tyre, width of tread, axle load and varying tyre pressures on the tractive effort of the tractor was determined from the results of previous investigations. In this connection the results of tests made with three tyres having identical diameters but different widths of tread and running on five different types of surfaces are reported. The factor of adhesion of the narrow tyres was greater than that of the wide tyres when each of them carried their standard load at a pressure of 1 atmosphere. When the wide tyres carried the standard load of the narrow tyres at a pressure of only 0.8 atmospheres their factor of adhesion increased. On surfaces of inferior carrying capacity this figure even exceeded that obtained with narrow tyres.

Ing. dipl. H. Lange †: «De la fuerza de tracción de neumáticos del mismo diámetro.»

Saliendo de la necesidad de emplear neumáticos del mismo diámetro, pero de ancho distinto en un mismo tractor, se consideran en primer lugar las influencias de diámetro, ancho, carga sobre los ejes y presión del aire en los neumáticos, fundándose en los resultados de pruebas anteriores. A continuación se da cuenta de los resultados conseguidos en unas pruebas con 3 pares de neumáticos del mismo diámetro exterior, pero de ancho distinto en cinco clases de terreno. El valor de adhesión del neumático estrecho resultó mayor que el del neumático ancho, cuando cada uno de ellos estaba cargado con su carga normal con 1,0 atm. Cargándose el neumático ancho solamente con la carga normal del estrecho y con presión de 0,8 atm, el valor adhesivo volvió a subir, hasta, sobrepasando el del estrecho en terreno de poca resistencia.

Dipl.-Ing. H. Lange †: «A propos de la capacité de traction de pneumatiques à diamètre identique.»

Après avoir rappelé la nécessité d'utiliser, sur le même tracteur, des pneumatiques de diamètre identique, mais dont le boudin peut être plus ou moins large, l'auteur cite les résultats des essais faits antérieurement et ayant visé à préciser l'influence, sur les capacités de traction des pneus, de facteurs tels que le diamètre extérieur, la largeur du boudin, la charge maximum sur essieu et la pression de gonflage. Ensuite, il expose les résultats des essais entrepris sur cinq terrains différents, avec trois paires de pneumatiques de diamètre extérieur égal, mais de largeur différente. Le coefficient d'adhérence du pneumatique étroit s'est révélé supérieur à celui du pneumatique large à la condition que chaque pneumatique ait été chargé de la charge normalisée et que la pression de gonflage ait maintenue à une atmosphère. En chargeant le pneumatique large de la charge normalisée du pneumatique étroit et en ramenant sa pression de gonflage à 0,8 atmosphère, son coefficient d'adhérence augmentait de sorte que, sur des terrains peu cohésifs, ce coefficient était même supérieur à celui du pneumatique étroit.

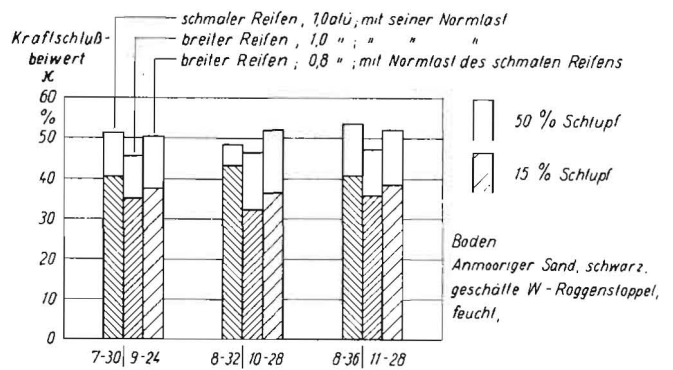


Abb. 8: Einfluß der Reifenbreite bei drei Reifenpaarungen auf dem gleichen Boden wie in Abbildung 7

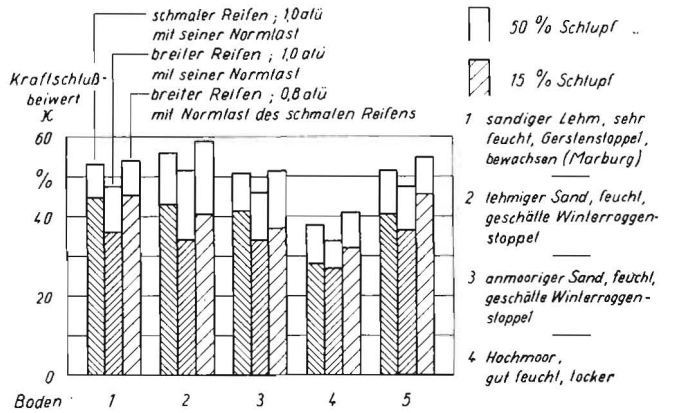


Abb. 9: Einfluß der Reifenbreite bei verschiedenen Böden Jede Säule stellt im allgemeinen den Mittelwert aus den Messungen mit je einem Reifen der drei Paarungen dar

Schrifttum:

- [1] Walters, F. C. und Worthington, W. H.: Low Section Height Over-size Tractor Tyres. SAE-Journal, Juli 1956, S. 75/79
- [2] Walters, F. C. und Worthington, W. H.: Low Section Height Tyres. Agr. Eng. 37 (1956) H. 10 S. 665/669. Übersetzung: Der Flachquerschnitt-Reifen. Deutsche Agrartechnik 7 (1954) H. 4 S. 154/157
- [3] Bock, G.: Feldversuche über die Zugfähigkeit von Ackerschlepperreifen. Grdlgn. d. Landtechn. H. 9, Düsseldorf 1952, S. 88/100
- [4] Bock, G.: Zugkraftmessungen an leichten Ackerschleppern auf kultivierten Moorböden. Landtechn. Forsch. 4 (1954) H. 3 S. 87/91
- [5] Bock, G.: Beobachtungen bei Feldversuchen über die Zugfähigkeit von Schleppern. Grdlgn. d. Landtechn. H. 5, Düsseldorf 1953, S. 42/48
- [6] Meyer, H.: Probleme der Schlepperentwicklung. Grdlgn. d. Landtechn. H. 9, Düsseldorf 1957, S. 10/19