

Erleichterte Mechanisierung der Feldarbeiten durch zweckmäßige Bereifung der Schlepper und Landmaschinen

Ein überwiegend auf fester Fahrbahn eingesetzter Luftreifen ist grundsätzlich anders aufgebaut als ein Schleppertrieberradreifen, der sich vor allem auf nachgiebigem Boden bewegt und dabei noch möglichst große Zugkräfte übertragen soll. Am Beispiel der Größe 14-24 bzw. 14.00-24 (der Unterschied betrifft im wesentlichen die Felgenausbildung) soll die bestehende Wechselbeziehung aufgezeigt werden (Bild 1).

Für eine hohe Tragkraft muß der Aufbau des Reifens sehr stabil sein, wodurch er verhältnismäßig steif wird. Die für Dumperfahrzeuge berechnete schwere Ausführung „EM-Spezial“ mit 20 Lagen kann bei 7 kp/cm² Innendruck und 20 km/h Höchstgeschwindigkeit bis zu 6500 kg belastet werden. Dieser Wert darf bei weiterer Geschwindigkeitsbeschränkung noch überschritten werden und zwar bei Stillstand, z. B. an Kranfahrzeugen bis über 10000 kg. Bei höherer Geschwindigkeit muß sie entsprechend herabgesetzt werden.

Die mögliche Tragfähigkeit eines Reifens ergibt sich aus seinem Luftvolumen und dem Reifeninnendruck. Je höher bei einer gegebenen Reifengröße der Luftdruck ist, um so stärker ist der Reifen belastbar.

Zur Beurteilung der prozentualen Belastung kann die Literlast (kg/l) herangezogen werden, die sich aus dem Verhältnis der jeweiligen Radlast (kg) zum Reifenvolumen (l) ergibt [1]. Als Richtwert hat sich im Hinblick auf eine ausreichende Lebensdauer bei Reifen an Straßenfahrzeugen, wozu auch die Ackerwagen einzuordnen sind, eine Literlast von 20 bis 25 kg/l bewährt. Eine höhere Belastung führt zu vorzeitigem Reifenverschleiß, bzw. ist nur bei niedriger Geschwindigkeit oder bei Stillstand des Fahrzeuges zulässig, da dann die Literlast in unserem Beispiel bis 40 kg/l erhöht werden kann. Der Bodendruck steigt im gleichen Umfange an.

Auf nachgiebiger Fahrbahn hat aber ein solcher Reifen seine Elastizität vollkommen verloren und verhält sich wie ein starres Rad mit ungenügender Zugfähigkeit.

Für den Schleppertrieberradreifen hat sich deshalb die gegenteilige Entwicklung als zweckmäßig erwiesen, bei der durch entsprechende Verringerung der Literlast, d. h. der Tragfähigkeit und des Reifeninnendruckes, der gesamte Reifenaufbau schwächer (vier bis acht Lagen) gehalten werden kann. Auf nachgiebigen Böden wird dann die für eine hohe Zugkraftübertragung notwendige Einfederung des Reifens erreicht.

Bei den älteren Schleppertypen lagen die Literlast-Werte zwischen 5 und 7 kg/l. Wie aus der Aufstellung (Tabelle 1) ersichtlich, ist die Tendenz erkennbar, diesen Richtwert weiter zu senken, so daß sich dann mit den neuen Reifengrößen Werte unter 3 kg/l ergeben, wodurch theoretisch auch eine Absenkung des Reifeninnendruckes unter 0,8 kp/cm², bezogen auf die statische Radbelastung, möglich ist.

Während auf trockenharten Böden eine Luftdrucksenkung keine Vorteile bringt und im Interesse der Lebensdauer des Luftreifens auch nicht zulässig ist, kann man auf allen nachgiebigen Böden, auf denen sich die Stollen jeweils so weit eindrücken, daß die Reifenoberfläche zwischen den Stollen mit zum Tragen kommt, den Kraftschlußbeiwert durch einen auf die jeweils zulässige Reifeneinfederung abgestimmten Luftdruck erheblich verbessern.

Schon 1934 haben MEYER und KLIEFOTH [8] festgestellt, daß auf nassem Rübenacker durch Luftdruckabsenkung von 0,8 auf 0,5 kp/cm² die Zugfähigkeit des Schleppers um etwa 25% verbessert

wurde. Die gleichen Autoren schrieben in einem späteren Aufsatz [9], „... daß im allgemeinen die Haftfähigkeit der Ackerluftreifen weniger durch das Profil als vielmehr durch einen geringen Bodendruck bedingt ist. Da bei gleichem Hinterachsdruck größere Luftreifen geringere Luftdrücke zulassen, bringt die Vergrößerung des Reifens auch eine Erhöhung der Zugfähigkeit ...“

SÖHNE [11] schreibt, daß „... man auf nachgiebigem Boden ohne Gefahr für den Reifen den Luftdruck um so niedriger wählen kann, je weicher der Boden ist“.

Eigene Untersuchungen auf überwiegend schweren Böden über den Einfluß des Reifeninnendruckes auf das Zugvermögen der Schlepper und die Struktur des befahrenen Bodens wurden bereits mitgeteilt [2] [3] [4] (dort auch weitere Literaturangaben).

Zum gleichen Ergebnis kommt KLIEFOTH [7]. „Niedriger Reifeninnendruck bei der Ackerarbeit ist die erste Voraussetzung für beste Zugfähigkeit und höchste Bodenschonung.“

Durch eine einfache mechanische Meßmethode ist es möglich, die unterschiedliche Einfederung eines Reifens auf verschiedenen Fahrbahnen zu erfassen und dadurch den Reifeninnendruck optimal zu wählen [5].

Da nach SCHULTE [10] auf ausgesprochenen Sandböden eine Luftdruckabsenkung keine Verbesserung der Zugsicherheit bringen sollte, wurde diese Frage durch einige Versuchsreihen auf Sand und teilweise auch auf Moorboden nachgeprüft. Die Ergebnisse sollen anschließend besprochen werden.

Beschreibung der Fahrbahnen

Die Sandbodenfläche war im Vorjahr gepflügt und bereits wieder stark abgesetzt. Durch den Radschlupf wurden die oberen 5 bis 10 cm laufend aufgelockert und entstandene tiefere Spuren durch eine Egge wieder eingeebnet.

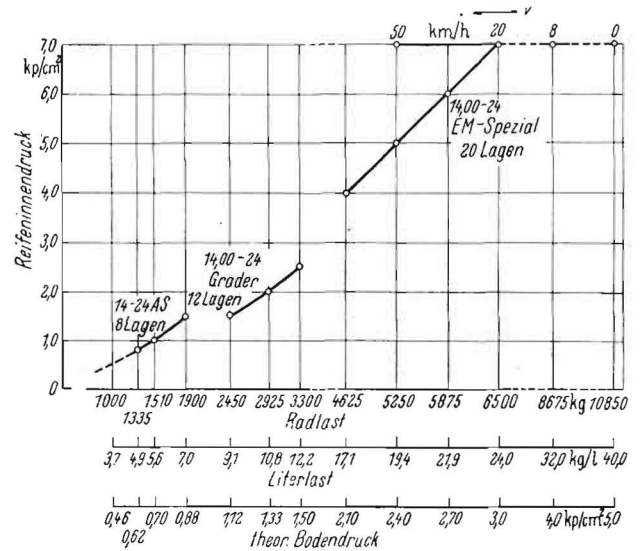


Tabelle 1. Spezifische Belastung einiger Schleppertrieberradreifen

Schleppertyp	Triebachsmasse [kg]	Reifengröße	Reifen-Vol. [l]	Literlast [kg/l]	Tragkraft bei 0,8 kp/cm ² [kp]	Reifenbelastung [%]	Erforderlicher Luftdruck bei statischer Triebachslast [kp/cm ²]
RS 01/40	2300	12.75-28	220	5,0	1100	105	0,85
RS 04/30	1880	9.00-40	135	7,0	750	125	1,00
RS 14/30	1450	11-38	210	3,5	1000	75	0,60
RS 14/46	1450	geplant 14-34	350	2,1	1500	50	0,40
RS 14/46 m. Zusatzgew.	1950	14-34	350	2,8	1500	65	0,55
RS 09	1000	8-36	82	6,1	525	100	0,80
RS 09	1000	Übergroße 11-28	160	3,1	825	65	0,50
Belarus	2000	12-38	250	4,0	1100	90	0,75
Zetor Super	1780	14.00-28	300	3,0	1400	65	0,55
Zetor Super m. Zusatzgew.	2500	14.00-28	300	4,2	1400	90	0,70

Bild 1. Unterschiedliche Tragkraft, Literlast und Bodendruck einer Reifengröße in Abhängigkeit von Reifenaufbau und Innendruck

*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. S. ROSEGGER).

Die unter Grundwassereinfluß stehende Moorfläche von etwa 30 bis 80 cm Dicke, überwiegend mit Seggen und Binsen bestanden, wurde vor dem Befahren ≈ 8 cm tief gefräst. Diese Schicht trocknete vollkommen aus, während der Boden darunter infolge seines hohen Feuchtigkeitsgehaltes plastisch blieb. Die drahtigen und verzweigten Wurzeln der Seggen usw. hatten eine große Zerreißfestigkeit, wodurch gleichzeitig die Tragfähigkeit des sonst sehr weichen Bodens stark verbessert und z. T. eine verhältnismäßig hohe Zugkraft erzielt wurde.

Durchführung der Versuche

Als Zugschlepper wurde ein „Belarus M 5“ mit einer statischen Triebachslast von etwa 2000 kg verwendet. Die Masse wechselte

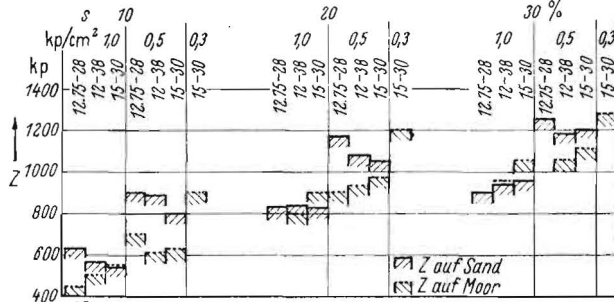


Bild 2. Zugvermögen verschiedener Reifen bei unterschiedlichem Luftdruck auf Sand und Moor; Radlast 1000 kg; $\frac{h}{a} = 0,28$



Bild 3. Drei im Durchmesser verschiedene Reifengrößen

	Durchmesser [mm]	Volumen [l]	Literlast [kg/l]
12-18	990	110	7,3
12,75-28	1375	220	3,7
15-30	1560	420	3,7

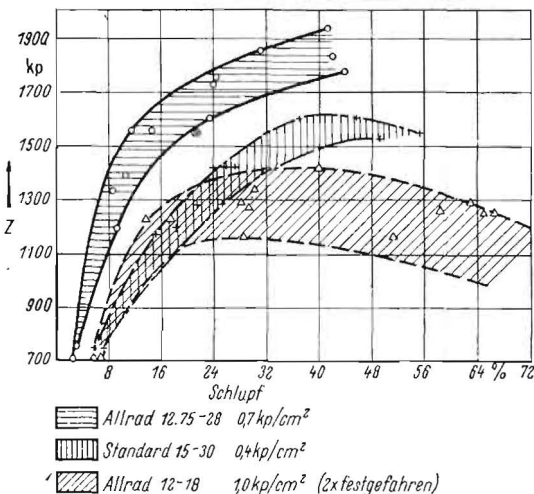


Bild 4 (links). Zugkraftvergleich zwischen Standard- und Allrad-schlepper gleicher Gesamtmasse mit zwei Reifengrößen auf Sandboden, Oberfl. locker



Bild 5. Die beiden verglichenen Profilverformen bei Reifen mit etwa gleicher Größe

jeweils geringfügig durch die unterschiedlichen Radgrößen. Zughhe und Fahrgeschwindigkeit wurden möglichst gleich gehalten.

Zunächst wurden die drei Reifengrößen 12,75-28, 12-38 und 15-30 mit den Luftdrücken 1,0 und 0,5 kp/cm² miteinander verglichen (Bild 2). Darüber hinaus wurde beim Reifen 15-30 in einer weiteren Variante auf Moor der Reifennendruck auf 0,3 kp/cm² verringert. Die durch die Luftdruckabsenkung auf Sandboden erzielte Zugkraftverbesserung beträgt in allen drei Schlupfbereichen über 30%, wobei der dabei überlastete Reifen 12,75-28 den größten Zuwachs brachte. Auf dem weicheren Moorboden betrug der Gewinn etwa 16%, der sich aber beim Reifen 15-30 durch Verringerung auf 0,3 kp/cm² bis auf etwa 50% erhöhte.

Durch Vergrößerung der Reifendurchmesser wird das Luftvolumen erhöht und infolge der dann kleineren Literlast kann der Innendruck entsprechend verringert werden. Beide Faktoren zusammen können dann die Zugsicherheit des Schleppers im höheren Schlupfbereich, d. h. zur Überwindung kritischer Bodenstellen, günstig verbessern. Zum Vergleich standen drei im Durchmesser verschiedene Größen 12-18, 12,75-28 und 15-30 (Bild 3), deren Luftvolumen sich annähernd wie 1:2:4 verhält.

Bei einem Zugkraftvergleich (Bild 4) bertraf ein Standardschlepper mit großvolumigen Reifen 15-30 den gleichschweren Allrad-schlepper mit der für optimale Zugleistung auf nachgiebigen Böden zu kleinen Reifengröße 12-18. Erst der Reifen 12,75-28 der mittleren Durchmessergruppe vermochte das höhere Leistungsvermögen des Allrad-antriebes gegenüber dem Standardschlepper zu beweisen.

In einem weiteren Versuch wurden zwei im Volumen annähernd gleich große Reifen verwendet, die sich im wesentlichen nur durch die Profilverform unterschieden (Bild 5 und 6). Eingesetzt wurde die Größe 12,75-28 mit abgefahrenem Profil und 14,00-28 mit neuerwertigen Hochstollen. Es wurde wieder jeweils ein Luftdruck von 1,0 bzw. 0,5 kp/cm² gewählt. Hierbei überraschte das große Zugvermögen des praktisch profillosen Reifens auf Sandboden, der bei dem verschiedenen Reifennendruck auch in der Höchstzugkraft dem Hochstollenprofil immer überlegen war. Auf Moorboden dagegen vermochte der glatte Reifen lediglich im unteren Schlupfbereich

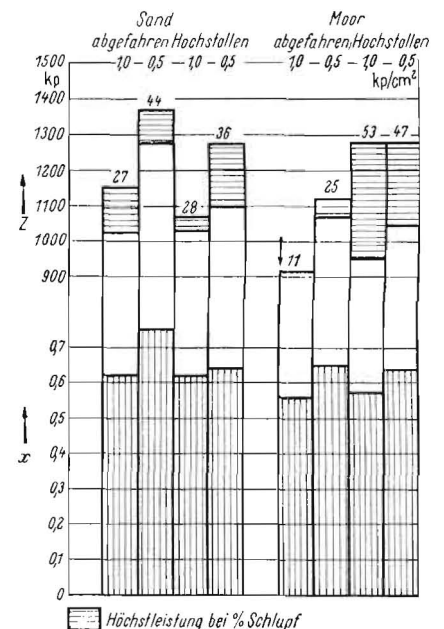


Bild 6 (rechts). Einfluß des Reifenprofils auf das Zugvermögen bei 20% Schlupf

Zugkräfte abzustützen, solange er noch auf der ausgetrockneten Frässchicht abrollte. Er versagte aber schlagartig, sobald er sich bei zunehmendem Schlupf auf der darunterliegenden nassen Schicht verschmierte.

Hier trat die zugkraftherhöhende Wirkung der Hochstollen deutlich hervor, weil sich diese noch zusätzlich in dem Wurzelnetz verzahnen konnten. In dem noch steigenden Zugkraftgewinn im Bereich mit über 20% Schlupf spiegelt sich die auf solchen Schmierböden durch Stollen erzielbare Verbesserung der Zugsicherheit (Zahnstangenwirkung) wider, die für den praktischen Einsatz von entscheidender Bedeutung ist.

Ein gutes Stollenprofil ist deshalb vor allem auf schweren (Kohäsions-) Böden mit höherer Feuchtigkeit von besonderem Wert, während auf trockenharten oder losen Sand- (Reibungs-) Böden die Profilform und -höhe von untergeordneter Bedeutung sind.

Damit wurden die Untersuchungen von SONNEN [12] im wesentlichen bestätigt, der das Zugvermögen verschieden ausgebildeter Profile einer Reifengröße auf mehreren Ackerböden mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt ebenfalls untersucht hat.

Für die Praxis ergibt sich daraus die Forderung, ausgesprochene Hochstollenreifen, wie sie z. B. am „Zetor 50“ montiert sind, bevorzugt auf dem Acker einzusetzen, weil damit der Schlepperwirkungsgrad und die Arbeitsproduktivität wesentlich verbessert werden. Vielfach wird aber gerade dieser Schlepper wegen seiner gegenüber dem RS 01/40 höheren Geschwindigkeit nur auf der Straße verwendet. In diesen Fällen sollte man wenigstens die Bereifung des Schleppers austauschen, da die Hochstollen auf fester Straße keine Vorteile bringen, dagegen leicht ausbrechen und schnell verschleifen.

In einer Versuchsreihe lief ein „Zetor 50 Super“ während eines Pflugversuches außer mit der normalen Bereifung 13,00-28 (1,0 kp/cm²) vergleichsweise auch mit der Übergröße 15-30 (0,5 kp/cm²). Verwendet wurden sowohl ein Dreischar-Anhänge- als auch ein Dreischar-Anbaupflug mit gleicher Körperform. Gemessen wurden Flächenleistung, Schlupf und Kraftstoffverbrauch. Die durch die größere Bereifung mit dem niedrigeren Luftdruck erzielte Leistungsverbesserung von etwa 20% bei gleichzeitig geringerem Schlupf und Kraftstoffverbrauch ist aus dem Diagramm (H. 2, S. 52 Bild 2) ersichtlich.

Neben der Verbesserung der Zugsicherheit ist aber die Tragfähigkeitsreserve des größeren Reifens noch im Hinblick auf die zunehmende Verwendung von Anbaugeräten von besonderem Wert, die je nach Schwerpunktlage des Gerätes und der Anordnung des Dreipunktgestänges die Triebachse bis zu 80% zusätzlich belasten können.

Ackerbauliche Bedenken gegen die Verwendung eines 14 bis 15“ (400 bis 450 mm) breiten Triebadreifens zum Pflügen sind auf Grund bisheriger vergleichender Beobachtungen unbegründet. Der schmale Streifen von der vorangegangenen Pflugfurche, der durch das Furchenrad angedrückt wird, hat sich bis jetzt auf die darüberstehende Vegetation noch in keinem Fall nachteilig ausgewirkt. Auf schweren Böden kann im Gegenteil diese „Packerwirkung“ die Vegetationsentwicklung sogar fördern.

Die Möglichkeit der Luftdruckabsenkung am Hang ist durch die dadurch evtl. verringerte Standsicherheit des Schleppers infolge des seitlichen Auswalkens bei Arbeiten in Schichtlinien begrenzt. Durch zusätzliche Anbringung von Gitterrädern kann man die Kippgefahr weitgehend einschränken und damit bei vielen Arbeiten auch am Hang das Zugvermögen durch Senken des Luftdrucks verbessern.

Der Wirkungsgrad des Schleppers läßt sich aber auch durch Verbesserungen an der „Fahrbahn“, d. h. des Bodenzustands, z. B. durch Regulierung seiner Wasserführung und damit seiner Tragfähigkeit, erhöhen. Je schneller nach starkem Regen die überschüssige Feuchtigkeit abziehen kann, um so kleiner sind dann Spurtiefe und Rollwiderstand aller auf dem Acker eingesetzten Landmaschinen.

In der Sowjetunion und anderen Ländern versucht man durch sogenannte Ellipsoidreifen, die im Vergleich zum Durchmesser sehr breit sind, die Auflagefläche und damit den Bodendruck niedrig zu halten [6]. Mit solchen Reifen bestückte LKW konnten schon mit Einachsantrieb ungünstige Geländestrecken überwinden, für die sonst bei Normalreifen Zwei- und Dreichsanantriebe notwendig waren. An der Übertragung dieser Erkenntnisse auf landwirtschaftliche Fahrzeuge wie Traktoren, Mährescher usw. wird gearbeitet.

Aber auch mit dem heutigen Standardreifen könnten noch erhebliche Leistungsverbesserungen erzielt werden, wenn es gelingen würde, die bei dem jetzigen Reifenaufbau und verarbeitetem Material zulässige Einfederung von 15 bis 20% auf etwa 30% ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer zu steigern (Bild 7). Die stärkere Abplattung vergrößert die Auflagefläche und verringert dadurch den Bodendruck und die Spurtiefe, wodurch die bleibende Bodenverformung und der Rollwiderstand durch die elastische Walkarbeit des Reifens kleiner und die spätere Wiederauflöckerung erleichtert werden.

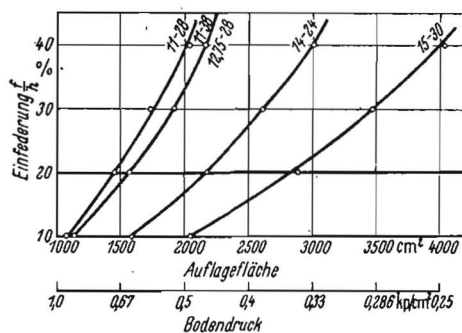


Bild 7. Theoretische Auflagefläche und spezifischer Bodendruck in Abhängigkeit von der prozentualen Einfederung ($\frac{f}{h}$) bei konstanter Radlast (1000 kg)

Zusammenfassung

An Hand von älteren und einigen neueren Versuchen wurde gezeigt, daß auf allen nachgiebigen Böden eine Verringerung des Reifennennendruckes die Zugfähigkeit der Triebäder erhöht und gleichzeitig bei allen Landmaschinen den Rollwiderstand verringert. Eine Luftdruckabsenkung ist z. Z. ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer der Reifen nur möglich, wenn gleichzeitig die Radlast entsprechend verkleinert oder durch Verwendung eines überdimensionierten Reifens das Luftvolumen vergrößert wird. Die baldige Bereitstellung solcher Größen würde den Wirkungsgrad unserer Schlepper auf dem Acker durch Erhöhung des Kraftschlußbeiwertes wesentlich verbessern.

Auf kohäsionslosem Sandboden ist die Profilform der Triebadreifens von untergeordneter Bedeutung. Die Stollenhöhe und Formgestaltung ist aber für die notwendige Zugfähigkeit und Sicherheit des Schleppers auf mittleren und schweren (Kohäsions-) Böden bei höherer Feuchtigkeit erfolgsentscheidend.

Die Einsatzbedingungen für alle mechanisierten Arbeitsgänge müssen auch durch bodenverbessernde Maßnahmen, wie Regulierung der Wasserführung, Einhaltung günstiger Termine usw. unterstützt werden.

Literatur

- [1] BOBETH: Der Luftreifen in der Landwirtschaft. Phoenix-Harburg.
- [2] DOMSCH: Neuere Ergebnisse von Bodendruckuntersuchungen beim Schlepper- und Maschineneinsatz. Deutsche Agrartechnik (1956) H. 9, S. 385 bis 390.
- [3] DOMSCH: Mehr Klarheit um den Luftreifen. Deutsche Agrartechnik (1957) H. 8, S. 346 bis 352.
- [4] DOMSCH: Warum nicht mehr Schlepperprüfungen unter landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen? Deutsche Agrartechnik (1957) H. 12, S. 557 bis 562.
- [5] DOMSCH: Eine einfache mechanische Meßmethode zur Erfassung der Reifeneinsenkung und der tangentialen Reifenverformung auf nachgiebiger Fahrbahn. Deutsche Agrartechnik (1958) H. 4, S. 179 bis 181.
- [6] DMITRIEV, E. S., und NEUENKIRCHEN, J. N.: Flachbogige Reifen mit extrem niedrigem Druck. Kautschuk und Gummi (sow.) 1958, Nr. 5, S. 27 bis 30.
- [7] KLIEFOTH: Die richtige Schlepperbereifung. Landtechnik (1958) H. 24, S. 764 bis 767.
- [8] MEYER-KLIEFOTH: Luftreifen und Pöhlrad am Ackerschlepper. TidL 1934, S. 21.
- [9] MEYER-KLIEFOTH: Versuche über die Haftfähigkeit der Schlepperluftreifen auf schweren Böden. TidL 1935, S. 10.
- [10] SCHULTE: Zur Frage der Reifennormung für Ackerschlepper. Deutsche Agrartechnik (1958) H. 7, S. 322 bis 325.
- [11] SÖHNLE: Die Verformbarkeit des Ackerbodens. Grundlagen der Landtechnik (1952) H. 3, S. 51 bis 59.
- [12] SONNEN: Einfluß der Profilierung von AS-Reifen auf die Zugfähigkeit. Landtechnische Forschung (1958) H. 4, S. 92 bis 95.