

Separatdruck aus FAT-Mitteilungen Nr. 9/76
in der «Schweizer Landtechnik» Nr. 11/76
herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für
Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Ergebnisse von Reifenversuchen

M. Meyer

1. Einleitung

An die Triebdadreifen werden im landwirtschaftlichen Einsatz bedeutende und vielseitige Anforderungen gestellt, wie Langlebigkeit, verletzungsfester Aufbau, gutes Selbstreinigungsvermögen und hohe Zugkraftentwicklung unter verschiedenen Bedingungen. Massgebend ist schliesslich auch der Preis einer Bereifung.

Nun hängt das Verhalten eines Reifens nicht nur von seinem Aufbau und Profilbild, sondern ebenso vom befahrenen Boden ab. So wird beispielsweise ein Hochstollenreifen in schwerem, feuchtem Boden sicher Vorteile bringen, nicht hingegen in einem leichten Sandboden, wo die Stollen keinen Abstützwiderstand vorfinden, und ebenfalls nicht bei Strassenfahrt.

Die rasche Mechanisierung der Landwirtschaft hatte vermehrte Anstrengungen der Reifenfirmen und der Forschung zur Folge, um auch in diesem Sektor den steigenden Ansprüchen geeignete Reifen gegenüberstellen zu können. Dies führte vor allem im letzten Jahrzehnt zu einer beträchtlichen Erweiterung des landwirtschaftlichen Reifenprogrammes. Die richtige Reifenwahl wurde dadurch schwieriger. Je länger je mehr setzt sie einiges Verständnis bodenmechanischer Zusammenhänge voraus und lässt das

Bedürfnis nach einfachen Entscheidungshilfen aufkommen.

Als Grundlage dazu wurden an der FAT Versuche mit verschiedenen Reifen an die Hand genommen. Sie umfassen Zugkraft-Schlupf-Messungen sowie Bestimmungen von Aufstandsflächen und Abtritt (seitliches Rutschen bei Hangfahrt).

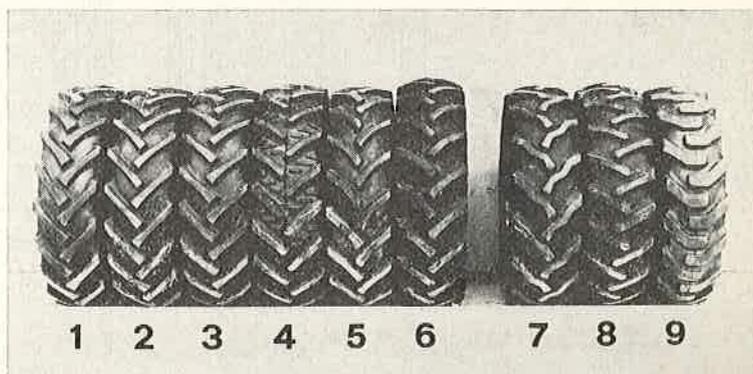
Die Ergebnisse der Zugkraft-Schlupf-Messungen liegen vor und bilden die Grundlage dieses Berichtes. Die Resultate der übrigen Messungen werden Gegenstand späterer Publikationen sein.

2. Eingesetzte Versuchsreifen

Abb. 1 zeigt die Versuchsreifen. Mit Ausnahme des Reifens 8 (Firestone) wurden uns diese von den Firmen Tebag (Continental), Goodyear, Pirelli und Kléber-Colombes freundlicherweise kostenlos zur Verfügung gestellt.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wählten wir für alle Reifen die in der Praxis häufig anzutreffende Dimension 16.9/14-30. Diese Stempelung bedeutet, dass der Reifen auf der grösstmöglichen Felge montiert 16.9 Zoll breit ist (1 Zoll = 2,54 cm). Früher war er, auf der Normalfelge montiert, 14 Zoll breit. Der Felgendurchmesser beträgt 30 Zoll.

Abb. 1:
Eingesetzte Versuchsreifen:
1-5 Reifen mit Normalstollenprofil
6 Reifen mit erhöhten Stollen
7-9 Reifen mit speziellem Profil



2.1 Beschreibung der Versuchsreifen

Die Reifen 1–8 sind auf einer 6 Ply Rating Karkasse aufgebaut. Der Reifen 9 besitzt 10 Ply Rating. (Ply Rating bezeichnet die Anzahl Cordlagen im Gewebeunterbau oder einen der gleichen Festigkeit entsprechenden Wert.)

- 1 Continental Farmer diagonal
- 2 Continental Farmer radial, Profil T 55/6
- 3 Continental Contract – Farmer, radial, Profil 604
Dieser Reifen löst Reifen 2 ab und weist gegenüber diesem zirka 30% höhere und etwas weiter gewinkelte Stollen auf. Alle drei Reifen tragen je 38 keulenförmige, zur Laufflächenmitte hin breiter werdende Profilstollen.
- 4 Kléber V 10 Super 50 radial. Kennzeichen dieses Reifens sind seine Zwischenstollen und hohe, aber nicht über die Laufflächenmitte hinausführende Profilstollen. Die Stollenzahl beträgt ebenfalls 38.
- 5 Pirelli Cinturato TM 52 radial. Die langen, leicht geschwungen verlaufenden Profilstollen ergeben bei diesem Reifen vergrößerte Stollenabstände und eine leicht reduzierte Stollenzahl von 36.
- 6 Goodyear Super Traction, Diagonalreifen mit erhöhten Stollen. Aus Abb. 1 ist gut ersichtlich, wie dieser Vertreter der Hochstollenreifen die übrigen etwas überragt. Im Gegensatz zu typischen Hochstollenreifen ist er indessen nicht schmaler gebaut (vergrößerte spezifische Stollenbelastung), seine Stollen sind nicht extrem erhöht und ihre Anzahl (38) nicht vermindert.
- 7 Goodyear Torque Grip diagonal. Dieser Reifen hat nur 32, dafür lange, gezackt verlaufende Stollen mit entsprechend grossem Abstand.
- 8 Firestone F-151, Diagonalreifen mit Weitwinkelprofil. Der Stollenwinkel des F-151 von nur noch 23° zur Achse (ergibt weiten Winkel zur Laufflächenmitte), entspricht einer neuen Tendenz des amerikanischen AS-Reifenbaues, um die Uebertragungsfähigkeit von Antriebsmomenten zu verbessern. Diese Stollenstellung und ein leicht reduzierter Stollenabstand ergeben für diesen Reifen eine erhöhte Stollenzahl von 40. Für europäische Verhältnisse hat sich ein mittlerer Stollenwinkel von zirka 45° zur Reifenachse durchgesetzt.



Abb. 2: Conti Farmer diagonal, ca. 2/3 abgefahren

- 9 Pirelli TI 11, Diagonalreifen für Industrietraktoren. Auffallend sind die breiten, zur kräftigen Ausbildung der Laufflächenmitte abgewinkelten Stollen. Die Stollenzahl beträgt 36.

Sämtliche Reifen waren ungebraucht und wurden mit dem für die entsprechende Belastung vorgeschriebenen Luftdruck von zirka 1.1 bar gefahren. In einigen Versuchen wurde der in Abb. 2 gezeigte, zu zwei Drittel abgefahrne Diagonalreifen von Conti eingesetzt. Die Messwerte dieses Reifens dienen als Beispiel für die Verhältnisse wie sie in der Praxis wohl am häufigsten anzutreffen sind.

3. Versuchsergebnisse

3.1 Vergleich Radial- und Diagonalreifen

Die Zugkraft-Schlupf-Versuche, alle in ebenem Gelände durchgeführt, liessen folgende Feststellungen zu:

Der Radialreifen, oft auch Gürtelreifen genannt, ist dem herkömmlichen Diagonalreifen überlegen. Im Bodenspektrum leicht und trocken bis schwer und feucht entwickelt er bei geringerem Schlupf grössere Zugkräfte. In Böden, die hohe Anforderungen an die Selbstreinigung stellen, nimmt seine Ueberlegenheit allerdings wieder ab.

Der Radialreifen erreicht bereits bei 10% Schlupf nahezu dieselbe Zugkraft, für die der Diagonalreifen 15% Schlupf aufwenden muss (Abb. 3).

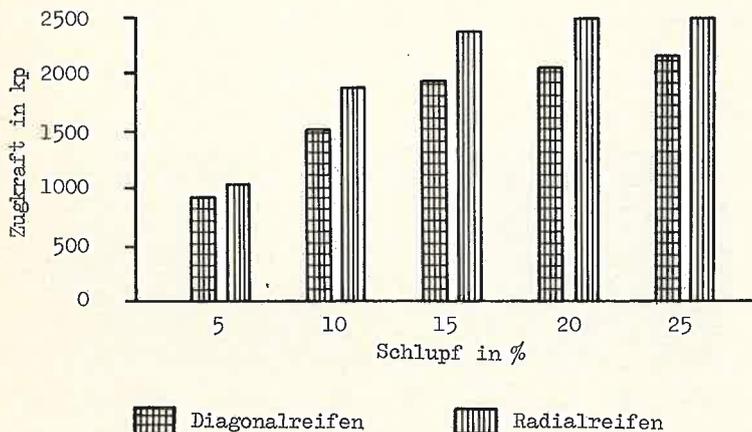


Abb. 3: Zugkraft-Schlupf-Verhalten der Reifen 1 (Conti diagonal) und 3 (Conti Contract radial) in einem schweren, eher trockenen und tiefgegrubbten Ackerboden nach Gründüngung.

Der «eingesparte» Schlupf beträgt in diesem Fall über 30%, oder die im Vergleich mit dem Diagonalreifen «gewonnene» Zugkraft beachtliche 26%. Dies sind Spitzenwerte und dürfen nicht verallgemeinert werden. Zugkrafterhöhungen gegenüber dem Diagonalreifen von 10–20% bei gleichem Schlupf sind allerdings keine Seltenheit.

Diese Ueberlegenheit des Radialreifens beruht auf dem in Längsrichtung steifen Gürtel, welcher die bodenseitig angreifenden Verformungskräfte auf einen hohen Anteil des Reifenumfangs verteilt.

Dadurch wird die Eigenbewegung im Verzahnungsbereich herabgesetzt, der Boden geschont und den «eingesteckten» Profilstollen erhöhter Abstützwiderstand geboten. Wegen der verminderten Eigenbewegung im Kontaktbereich mit der Fahrbahn werden dem Radialreifen ebenfalls geringerer Abrieb bei Strassenfahrt und deshalb längere Lebensdauer vorausgesagt.

Im weiteren besitzen Radialreifen wesentlich flexiblere Seitenwände als Diagonalreifen. Damit sind eine gute Einfederung und eine gewisse Vergrößerung der Aufstandsfläche verbunden, welche bei vermindertem Rollwiderstand und Schlupf erhöhte Triebkräfte erlauben.

Ein Nachteil des steifen Gürtels von Radialreifen ist die schlechtere Selbstreinigung. Sie ist für die abnehmende Ueberlegenheit dieser Reifengattung in schmierenden Böden mitverantwortlich. Mit Zwischenstollen, erweiterten Stollenöffnungen und -abständen versuchen die Hersteller hier korrigierend einzugreifen. Als weiterer Nachteil der radialen Bauweise, vor allem bei Wald- und Hangarbeiten, wird etwa die verletzungsempfindlichere, weichere und deshalb verformungsanfälligerer Seitenwand erwähnt.

3.2 Vergleich verschiedener Radialreifen

Abb. 4a und 4b zeigen das Zugkraft-Schlupf-Verhalten der Radialreifen 3 (Conti-Contract), 4 (Kléber V 10 Super 50) und 5 (Pirelli Cinturato TM 52) in zwei verschiedenen Böden.

Die Resultate der Radialreifen ergaben bei allen Versuchen ein ähnlich einheitliches Bild, wie dies aus Abb. 4a und 4b ersichtlich ist.

Die geringen Differenzen dürften vor allem auf Unterschiede in Stollenausbildung und Stollenabstand zurückzuführen sein.

Continental und Pirelli besitzen ähnliche Laufflächenmuster und ihr Kurvenverlauf unterscheidet sich kaum. Der Reifen von Kléber hat kürzere und über die ganze Länge gleich breite Stollen. Möglicherweise ergibt sich daraus eine vergrösserte spezifische Belastung der hohen Stollen, welche eine geringe Zugkrafteinbusse durch erhöhten Rollwiderstand in leichten Böden (Abb. 4a), aber einen gewissen Vorteil in schwereren und feuchteren Böden (Abb. 4b) erklären würde.

Auf eindeutige Zusammenhänge zwischen diesem Wechselspiel und Profilunterschieden kann anhand unserer Versuche nicht geschlossen werden.

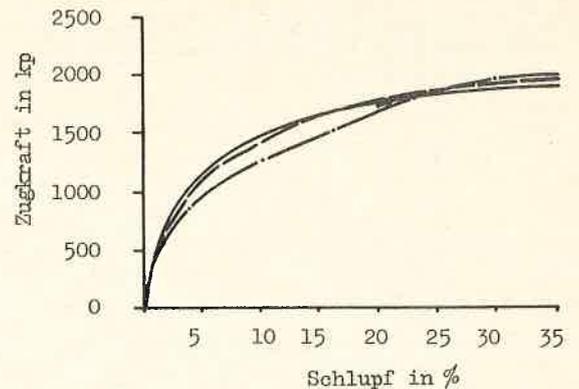


Abb. 4a: Sehr trockenes Stoppelfeld, leichter, lehmiger Sandboden.

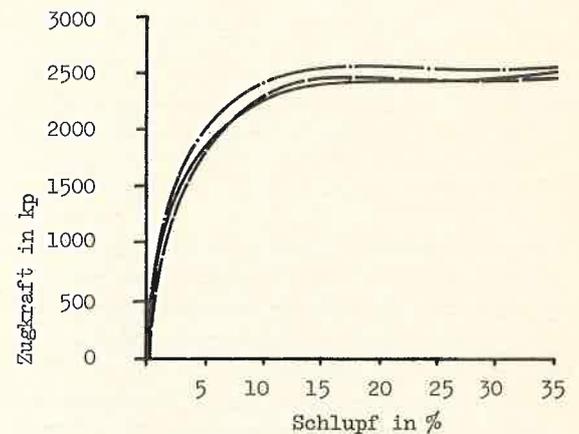


Abb. 4b: Schwerer, mässig feuchter Boden nach der Maisernte.

— Continental Contract
 - - - Pirelli
 - · - Kléber

3.3 Einsatz von Hochstollenreifen

Die erhöhten Stollen durchdringen oberflächlich weichen Boden und verzahnen sich mit festerem Untergrund. Der Reifen 6 (Goodyear Super Traction) steigerte seine Resultate wie erwartet in zunehmend schweren und nassen Böden.

Ausländische Versuche bestätigen, dass Hochstollenreifen in nassen, schweren Böden den normalen Diagonal- und bei Grenzbedingungen sogar den Radialreifen übertreffen können.

In guten Bodenverhältnissen bedingt das tiefe Eindringen von hohen Stollen einen grossen Rollwiderstand und deshalb schlechten Wirkungsgrad. Das gleiche gilt in leichten Sandböden, wo die Stollen keinen Abstützwiderstand vorfinden und zum Eingraben neigen. Unter solchen Bedingungen sind Hochstollenreifen fehl am Platz.

3.4 Einfluss der Reifenabnutzung auf die Zugkraft

Je schwieriger die Bodenverhältnisse sind, desto wichtiger wird das Profil. Geringe oder keine Zugkraftverluste des gebrauchten im Vergleich mit dem

neuwertigen Profil sind vor allem in leichten Sandböden, in trockenen, festen Böden und bei Strassenfahrt zu erwarten. (Abb. 5)

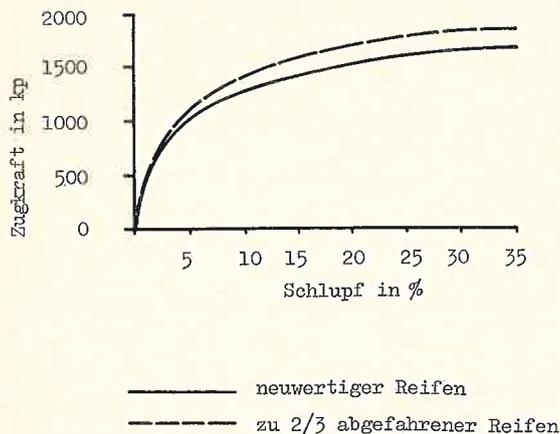


Abb. 5: Zugkraft-Schlupf-Verhalten eines neuwertigen und eines zu zwei Drittel abgefahrenen Conti Farmer diagonal in trockenem, leichtem Boden nach der Getreideernte.

Das grundsätzliche Verhalten der beiden Reifen ist dasselbe. Der zu zwei Drittel abgefahrte Reifen ist hingegen dank verminderter Schlupfeinsinkung (kleinerer Rollwiderstand) in diesem leichten Boden dem neuwertigen sogar überlegen.

In schweren, zunehmend feuchten und gelockerten Böden wird jedoch der abgefahrte Reifen sofort spürbar zurückfallen. (Abb. 6)

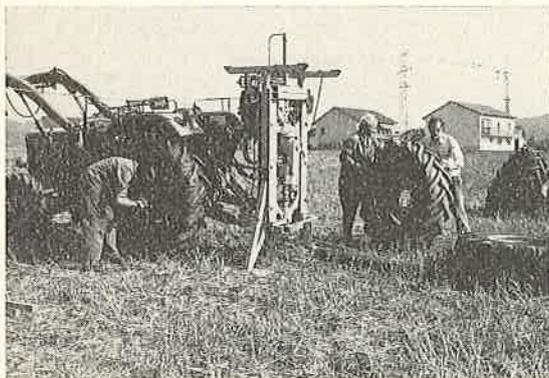


Abb. 6: Schneller Radwechsel und ein rascher Versuchsablauf sind wichtig, damit alle Reifen gleiche Bodenbedingungen antreffen.

3.5 Beobachtungen mit speziellen Profilen

Die Reifen 7, 8 und 9 wurden wegen ihres besonderen Profils nicht mit den Reifen 1-6 verglichen und deshalb einzeln eingesetzt und betrachtet. Hier interessiert nicht das Fabrikat, sondern das spezielle Profil.

3.5.1 Weitwinkelprofil

In den mittelschweren bis schweren, bewachsenen oder durch die Erntearbeit verdichteten Böden, erreichte der Firestone Weitwinkelreifen (8) bereits bei geringem Schlupf gleiche oder sogar höhere Zugkräfte als die Radial- und Diagonalreifen mit dem

üblichen Profil. In schweren, trockenen bis mässig feuchten Böden schien das Weitwinkelprofil noch bei über 20% Schlupf einen gewissen Zugkraftanstieg zu begünstigen. In gelockertem Ackerboden brachte der Reifen keine Vorteile. Die Selbstreinigung von Weitwinkelreifen ist hingegen geringer und der Verschleiss auf fester Fahrbahn beträchtlich. Sie sind deshalb für schmierende Böden und häufige Strassenfahrt nicht geeignet. Die flache Winkelstellung der Stollen begünstigt zudem seitliches Rutschen am Hang.

3.5.2 Profil mit gezackt verlaufenden Stollen

Der Torque Grip von Goodyear (7) steigerte seine Resultate in zunehmend feuchtem Boden. Mit dem grossen Stollenabstand (gutes Selbstreinigungsvermögen) dürfte er hingegen für schwierigere Verhältnisse ausgelegt sein, als sie unsere Versuche einschlossen. Die gezackt verlaufenden Stollen bringen eine intensive Verzahnung mit dem Boden. In Problemböden sicher ein Vorteil, bei zunehmend guten Verhältnissen allerdings, wie beim Hochstollenreifen, mit wachsendem Rollwiderstand verbunden. Richtungsänderungen im Verlauf von Profilstollen scheinen zudem den gleichmässigen Abrieb zu erschweren.

3.5.3 Abgewinkeltes Profil

Der TI 11 von Pirelli (9) besitzt im Hinblick auf häufige und schnellere Strassenfahrt eine sehr kräftige Lauffläche und eher flache Stollen. Trotzdem entwickelte er in einem schweren, mässig feuchten Feld nach der Maisernte bereits bei 5% Schlupf 80% der maximalen Zugleistung, welche nahe bei den Resultaten der Radialreifen lag.

Die Zugkraftabnahme oberhalb 25% Schlupf steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit einer verminderten Selbstreinigung der gedrunghenen Laufflächenmitte und der steiferen 10 Ply Rating Karkasse. Der Reifen ist damit für höheren Innendruck und grössere Tragfähigkeit, aber nicht für den Einsatz in schwierigeren Bodenverhältnissen ausgelegt.

4. Schluss

Die besprochenen Versuche zeigten einmal mehr, dass die wechselhaften Eigenschaften des Bodens den Reifenhersteller vor schwer zu lösende Probleme stellen. Herrschen einseitige Verhältnisse vor, mag ein Reifen mit Spezialprofil die beste Lösung darstellen. Die Landwirtschaft verlangt indessen nach Reifen, welche ein breites Spektrum der wechselhaften Anforderungen befriedigen und deshalb einen Kompromiss zwischen verschiedenen Zielsetzungen darstellen. Ein Fortschritt in der Konstruktion leistungsfähiger Mehrbereichsreifen ist der AS-Radialreifen.

Die Entwicklung geht hingegen weiter und ist insofern erstaunlich, als sich gerade der Erfinder des Stahlgürtelreifens bemüht, durch veränderten Karkassenaufbau Diagonalreifen herzustellen, die sich dem günstigen Verhalten des Radialreifens nähern ohne dessen Nachteile zu übernehmen.