

# Eine einfache mechanische Meßmethode zur Erfassung der Reifeneinsenkung und der tangentialen Reifenverformung auf nachgiebiger Fahrbahn

Um die Reifeneinsenkung auch auf weichem Acker feststellen zu können, hat der Autor des anschließenden Beitrages ein einfaches mechanisches Meßgerät entwickelt, dessen Anwendung er hier beschreibt. Mit Hilfe dieser Einrichtung ist es möglich, den zweckmäßigsten Reifenluftdruck zu ermitteln. Die Redaktion

## Zweck der Meßmethode

In unserem Bemühen, den Bodendruck auf dem Acker möglichst klein zu halten, haben wir vorgeschlagen, überdimensionierte Reifen in Verbindung mit unter 0,8 atü abgesenktem Luftdruck zu verwenden [1], [2]. Es ist bekannt, daß durch eine größere Einfederung (größere Walkarbeit) des Luftreifens nicht nur die strukturzerstörende Bodendeformation und der Rollwiderstand erheblich kleiner gehalten werden können, sondern darüber hinaus auch die spätere Wiederauflöckerung des Bodens erleichtert wird. Die genaue Kenntnis und Ausnutzung der höchstzulässigen Einfederung eines Luftreifens läßt also im Sinne einer strukturschonenden Bodenbearbeitung mehrere Vorteile erwarten.

Offen blieb bisher mangels geeigneter Meßmöglichkeiten die Frage, wie weit auf nachgiebiger Fahrbahn der Luftdruck abgesenkt werden darf, um vergleichsweise die zulässige, bisher nur auf Beton meßbare Einfederung des Reifens zu erreichen. Weiterhin fehlt bisher eine stichhaltige Erklärung, warum in verschiedenen neueren Reifenkatalogen gegenüber früher (DIN 7806) erheblich voneinander abweichende Werte für den wirksamen Radius bzw. für die Einfederung der gleichen Reifengröße genannt werden.

Es scheint auch noch nicht endgültig entschieden zu sein, ob allein die Höhe der Einsenkung den die Lebensdauer des Reifens begrenzenden Faktor darstellt. Den gleichen Einfluß können vielleicht die durch die Einsenkung größer werdende Reifenbreite (die z. B. bei Firestone neben dem wirksamen Radius angegeben wird) bzw. der dabei kleiner werdende Biegewinkel oder vielleicht gerade die beim Schlepperreifen oft nicht unerhebliche tangentialen Reifenverformung haben.

\* Institut für landwirtschaftl. Versuchs- und Untersuchungswesen Jena der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. KERTSCHER).

Um über diese Fragen Klarheit zu erhalten, wurde nach einer einfachen Meßmethode gesucht, die zunächst nur die Einsenkung und die tangentialen Verformung des Reifens auf allen Fahrbahnen, also auch auf lockeren Böden, zu erfassen gestattet. - Nach persönlicher Mitteilung von Prof. MEYER hat man aus ähnlichen Gründen im Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode, schon seit längerer Zeit ebenfalls die apparativen Voraussetzungen für solche Messungen nach einem anderen Prinzip geschaffen.

## Vorversuche

Zunächst wurde eine elektrische Methode überprüft. Dazu wurde in den Schlauch gegenüber dem Ventil eine Elektrode eingesetzt. Wenn man an diese und an das Ventil eine Wechselspannung von 42 V legt, und den Reifen mit Wasser füllt, ändert sich entsprechend der Reifeneinsenkung durch die Verringerung des Elektrodenabstandes die Stromstärke um einen bestimmten Betrag. Anlässlich einer Besprechung dieses Verfahrens im Institut für Landmaschinenlehre der TH Dresden (Prof. GRUNER) hielt man es dort für möglich, diese Einfederung auch mechanisch zu erfassen. Auf Grund der von mir daraufhin durchgeführten Versuche kam ich zu der nachstehend beschriebenen Lösung.

## Beschreibung der Einrichtung (Bild 1)

Ein durch den Luftschlauch bis auf die Innenseite des Reifens hindurchgeführter Stab überträgt die Einsenkung nach der Radnabe zu, um im freien Raum der Felgenschibe entweder unmittelbar abgelesen oder dort registriert zu werden. Dazu wurde gegenüber dem Ventil im Schlauch an der Stelle, die der Laufflächenmitte des Reifens anliegt, eine mit Innengewinde versehene Platte eingesetzt. In diese wurde ein 8 mm polierter Rundstab eingeschraubt, dessen Spitze radial zur Nabenmitte gerichtet ist. Der Stab erhält seine

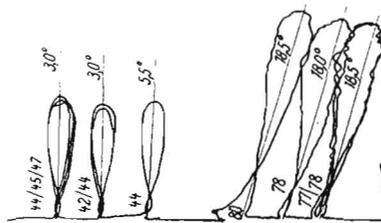
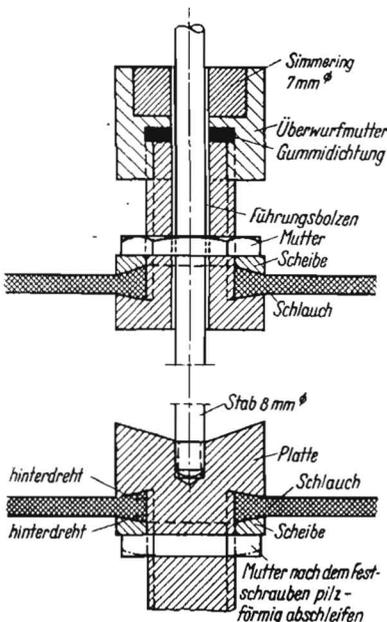
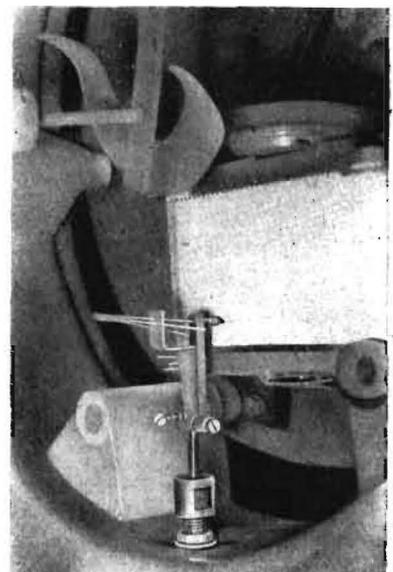


Bild 1 (links). Einzelteile der in den Schlauch eingebauten Meßeinrichtung

Bild 2 (rechts). Der aus dem Schlauch herausragende Stift mit Schreibwerk

Bild 3 (oben). Zykloidenform bei stillstehendem Papiervorschub; links: bei leerlaufendem Schlepperrad rechts: beim ziehenden Rad  
Schlepperhinterachsgewicht 2500 kg  
Zugkraft etwa 2000 kg  
 $\frac{h}{a} = 0,44$   
Reifen: 10-28; Luftdruck 1,4 atü;  
Fahrbahn: Sandweg, gefroren

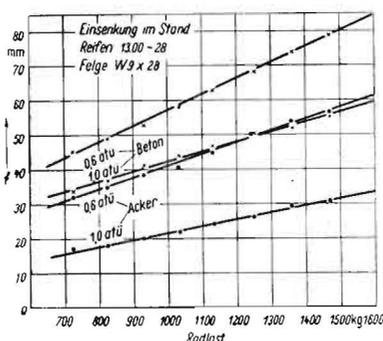
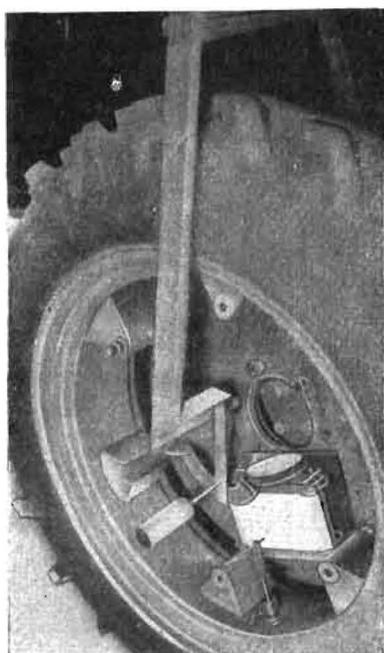


Führung durch ein in die Felge eingearbeitetes Langloch von etwa  $30 \times 50$  mm und durch einen an dieser Stelle in den Schlauch eingesetzten durchbohrten (8,5 mm Lochweite) und mit Außengewinde versehenen Bolzen. Beim Aufpumpen des Schlauches ist darauf zu achten, daß dieser Führungsbolzen sich möglichst in der Mitte des Langloches befindet, damit der Stab in Fahrtrichtung frei beweglich ist.

Der schwierigste Teil war die luftsichere Abdichtung der Stabausführung gegenüber dem Reifeninnendruck, ohne die freie Bewegung des Stabes durch Reibung usw. zu beeinträchtigen. Die zunächst verwendeten verschiedenen Ausführungsformen von Faltschläuchen hielten den Überdruckbeanspruchungen meist nur kurze Zeit stand. Unangenehme Unterbrechungen waren die Folge, da jedesmal der Schlauch demontiert und aufgeschnitten werden mußte, um eine neue Dichtungsmanschette einsetzen zu können. Nach monatelangen Bemühungen um eine längere Haltbarkeit wurde unerwartet die Lösung in einem einfachen Simmering (7 mm Dmr.) gefunden, der



**Bild 4** (links). Zyklidenform bei Papiervorschub, entsprechend der Umfangsgeschwindigkeit des Rades. Reifen 12,75–28; Luftdruck 0,5 atü, Fahrbahn: gefräster Acker



**Bild 6.** Federkennlinien des Tiefbettreifens 13,00–28 auf Breitfelge W 9–28 auf Beton und Acker bei 1,0 und 0,6 atü

**Bild 5** (links). Gesamtansicht mit Bügel für Andruckplatte für Papiervorschub

in eine Überwurfmutter eingepaßt und einfach auf den Führungsbolzen aufgeschraubt wurde. Ein Tropfen Öl verbessert den luftdichten Abschluß und erhöht die Lebensdauer des Simmerings, der sich bei Bedarf leicht auswechseln läßt.

Eine absolute Abdichtung ist verständlicherweise damit nicht zu erreichen, doch beträgt der Druckverlust im Durchschnitt bei stehendem Reifen je Tag nur 0,05 bis 0,1 atü. Dieser geringe Druckabfall spielt bei den in Frage kommenden Untersuchungen, wo oft schon nach Minuten eine Änderung von Radlast oder Luftdruck erfolgt, praktisch keine Rolle. Die mit dieser Einrichtung erzielbaren Werte sind sehr gut reproduzierbar. Eine genaue Messung ist allerdings nur möglich, wenn beide Triebräder gleichmäßig belastet sind, d. h. es muß in beiden Reifen annähernd derselbe Luftdruck eingestellt werden. – Von einer möglichen, gleichzeitigen Messung der Veränderung der Reifenbreite wurde vorläufig Abstand genommen.

#### Wie kann gemessen werden?

Im Stand wird die Einsenkung des Reifens an dem unterschiedlich weit herausragenden Stab nachgemessen. Der Nullwert wird bestimmt, wenn der Stab parallel zur Fahrbahn steht.

Am rollenden Rad läßt sich der Weg der Stabspitze mit einem an ihr befestigten Schreibstift auf einem an der Felgenscheibe angeschraubten Schreibwerk mit 100 mm breitem Wachspapierstreifen festhalten (Bild 2). Die Stabspitze beschreibt bei jeder Radumdrehung eine Zyklode, die entweder geschlossen sein kann [z. B. bei still-

stehendem Papiervorschub (Bild 3)] oder auseinandergezogen, wenn der Wachspapierstreifen in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit des Rades mitläuft (Bild 4).

Zum Antrieb des Papiervorschubs wurde ein in geeigneter Weise an Kotflügel oder Achstrichter befestigter Bügel über das Rad geführt (Bild 5). Entsprechend der Formgestaltung der an diesem Bügel beweglich angebrachten Andruckplatte wird bei jeder Radumdrehung über ein Reibrad das Schreibwerk in dem Zeitraum transportiert, wo der Meßstab im Reifen am Boden abrollt. Diese Form der Aufzeichnung soll u. a. dazu verwendet werden, um den unterschiedlichen Druckverlauf während des Abrollvorgangs auf der Fahrbahn in Anlehnung an die Untersuchungen von SÖHNE [3] verfolgen zu können.

Bei unserer bisherigen Fragestellung haben wir fast nur mit abgeschaltetem Papiervorschub gearbeitet und ihn nach Bedarf nach einer oder mehreren Radumdrehungen mit Hand an dem Reibrad weitertransportiert.

#### Was kann gemessen werden?

1. Die unterschiedliche Reifeneinfederung durch

- a) verschiedene Fahrbahnen (Beton, Ackerboden)
- b) verschiedene Radlast
- c) verschiedene Luftdrücke

} bei stehendem und rollendem Rad

- d) die dynamische Belastung eines ziehenden Rades
- 2. Die tangentialen Reifenverformung durch
  - a) Rollwulstbildung am leertahrenden Schlepper
  - b) die zusätzliche Drehmomentbeanspruchung des Reifens am gezogenen oder gebremsten Rad.

Zu 1.: Die Wechselbeziehungen zwischen Radlast und Reifeninnendruck auf verschiedenen Fahrbahnen können erheblich sein (Bild 6). Hier wurde auf Acker erst bei 0,6 atü die gleiche Einsenkung wie auf Beton bei 1,0 atü erreicht. Die gemessenen Werte für diesen Reifen weichen auch hier wieder erheblich von den Katalogwerten ab. Nach diesen soll der Reifen bei 1,0 atü und 1550 kg Last eine Einfederung von nur 37 mm besitzen. Dieser Richtwert stellt sich nach unseren Messungen aber schon bei etwa 900 kg ein, während er bei der zulässigen Belastung von 1550 kg den Wert von etwa 60 mm erreichen dürfte. Wenn man eine nach unserer Meinung zulässige Reifeneinsenkung von 20% der Querschnittshöhe erlaubt, wäre für diese Reifengröße eine Einfederung von etwa 67 mm möglich.

In Bild 7 ist die Einfederung über dem Luftdruck bei gleicher Radlast aufgetragen. Auch hier ist auf dem Acker die Einfederung um etwa 15 mm niedriger und erreicht erst bei etwa 0,4 atü den Betonwert von 0,8 atü.

Durch die dynamische Belastung der Hinterachse beim ziehenden Schlepper wird die Einfederung des Luftreifens entsprechend erhöht. Es ist möglich, aus der Einfederungsdifferenz (leertahrend und ziehend) nach vorhandenen Federkennlinien (ähnlich Bild 6) die dynamische Zusatzlast und daraus annähernd die Zughakenlast zu errechnen. In ähnlicher Weise ließe sich der Zugkraftbedarf von Anbaugeräten ermitteln [4].

Danach ergibt sich aus dieser Tatsache, daß die in üblicher Weise durchgeführten Schlupfmessungen bei luftbereiften Schleppern mit einem von der dynamischen Zusatzlast abhängigen Meßfehler behaftet sind, da der Rollradius des Reifens durch die erhöhte Einsenkung kleiner wird, und zwar in dem Beispiel nach Bild 3 zwischen dem leertahrenden und ziehenden Schlepper um etwa 34 mm. Der bei Leertahrt mit 556 mm ermittelte Radius verringert sich demnach unter Last auf 522 mm. Daraus läßt sich errechnen, daß nach der alten Auswertung der Schlupf um etwa 6% zu hoch angenommen wurde. Diese sehr hohe Differenz war in diesem Falle durch den aus technischen Gründen mit 900 mm ziemlich hoch liegenden Zugangriffspunkt bedingt. Da er normalerweise tiefer liegt, ist der Meßfehler entsprechend geringer. – Nach LWOW [5] wird in der UdSSR dieser Fehler durch direkte Messung des Rollradius ausgeschaltet.

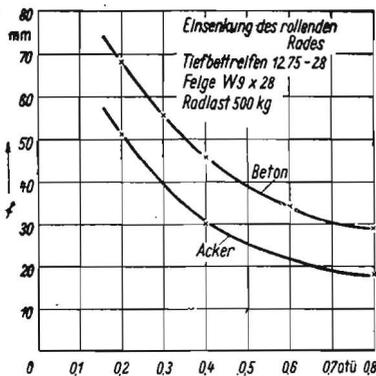


Bild 7. Einfederungskurven von Tiefbetreifen 12,75-28 bei konstanter Last, aber unterschiedlichem Luftdruck

Zu 2.: Neben der radialgerichteten Einfederung gestattet die Meßmethode auch die Erfassung der tangentialen Reifenverformung. Diese wird durch die sog. Rollwulst ausgelöst. Das Abrollen der Rollwulst auf der Fahrbahn wird durch die Form der Zykloide bei stehendem Papiervorschub gekennzeichnet. Die Form der Zykloide ist in beiden Fahrtrichtungen gleich. Rollt das Rad rückwärts, so schreibt der Stift ebenfalls in entgegengesetzter Richtung. Je nachdem, ob an dem Rad eine ziehende oder bremsende Kraft angreift, neigt sich die Zykloide um einen bestimmten Winkel nach vor- oder rückwärts. Die in Bild 3 rechts dargestellte Zykloide eines schwer ziehenden Rades hat sich gegenüber der leerlaufenden (Bild 3, links) um etwa

15° geneigt. Die Größe des Winkels entspricht der nicht unerheblichen Verschiebung der Reifenlauffläche gegenüber dem Reifenfuß und damit der Verzerrung des Reifengewebes.

Bemerkenswert ist trotz der hohen Zugbeanspruchung die gute Übereinstimmung und Deckung der Zykloidenform von mehreren Radumdrehungen. Die Schwingungen des Schreibstiftes in Bild 3, rechts, sind durch den hohen Radschlupf ausgelöst worden.

#### Zusammenfassung

Es wurde eine einfache mechanische Meßmethode beschrieben, die die Einsenkung des Reifens auch auf nachgiebiger Fahrbahn (lockere Ackerböden) zu messen gestattet. Damit wird es im Interesse einer strukturschonenden Bodenbearbeitung möglich werden, entsprechend der höchstzulässigen Einsenkung des Reifens je nach dem Bodenzustand evtl. neue Richtwerte für den günstigsten Reifenluftdruck festzulegen. Darüber hinaus gibt die Methode auch einen Einblick in die mehr den Ingenieur interessierende tangentialen Reifenverformung eines ziehenden Rades.

#### Literatur

- [1] DOMSCH, M.: Forderungen des Ackerbodens an Schleppergewichte und Schlepperreifen. Deutsche Agrartechnik (1954) H. 12, S. 345 bis 351.
- [2] DOMSCH, M.: Mehr Klarheit um den Luftreifen. Deutsche Agrartechnik (1957) H. 8, S. 346 bis 351.
- [3] SÖHNE, W.: Die Kraftübertragung zwischen Schlepperreifen und Ackerboden. Grundlagen der Landtechnik, 10. Konstrukteurheft, S. 75 bis 87, DIV-Düsseldorf.
- [4] SKALWEIT, H.: Einfluß der Pflugkräfte auf Schlepper mit Dreipunktaufhängung. Landtechnische Forschung (1955) H. 1, S. 6 bis 11.
- [5] LWOW, E. D.: Theorie des Schleppers. Verlag Technik Berlin, 1954.

A 3014

Dr. B. HOFFMANN (KdT), Berlin\*)

## Betriebs- und arbeitswirtschaftliche Probleme beim Geräteträgereinsatz

### Teil II: Spurweiten bei Geräteträgern (GT)

Die Spurweiten der GT müssen in weitgehender Übereinstimmung zu den bisherigen Normen stehen [1]. Die Norm - DIN 9621 - sieht eine Spurweite von 1250 mm und 1500 mm vor. Durch Umschlagen nur eines Rades erhält man durch die Einpreßtiefe der Felge eine Spurweite von 1375 mm.

Während Standardschlepper fast durchweg mit den Spurweiten 1250 mm und 1500 mm auskommen, da gegebenenfalls Geräte auermittig angehängt werden können, wird die Spurweite bei GT und auch bei Tragschleppern zur Bearbeitung von Hackfrüchten zu einem Problem. Dies allein ist schon an den vielfältigen Spurverstellmöglichkeiten bei verschiedenen GT zu erkennen. Man sollte aber grundsätzlich versuchen, mit so wenig als möglich Spurweitenveränderungen auszukommen. Das Verstellen der Spurweite bedeutet immer einen Zeitverlust, der um so schwerer wiegt, je kleiner die zu bearbeitenden Flächen sind. Besteht an einem GT die Möglichkeit, mehr als zwei oder drei Spurweiten einzustellen, dann wird diese Angelegenheit für die Praxis meistens zu kompliziert. Diese wird dann versuchen, mit keiner oder höchstens einer Änderung auszukommen. Wenn aber eine Spurweitenverstellung nötig ist, dann muß sie einfach und ohne große Überlegungen auszuführen sein.

#### Spurweiten der leichten<sup>1)</sup> Geräteträger

Beim LANZ-Alldog z. B., der auch in verschiedenen MTS der Deutschen Demokratischen Republik arbeitet, lassen sich folgende Spurweiten einstellen: 1250 mm, 1500 mm, 1670 mm, 1780 mm, 1880 mm und 2000 mm. Der Hersteller empfiehlt, während des gesamten Jahresablaufs mit der Spurweite 1880 mm auszukommen. Bei allen Arbeiten, die im Kehrprinzip durchgeführt werden, ist die Arbeitsbreite gleich der Spurweite. Bei einem Arbeitsgang über das Feld laufen entweder die rechten oder die linken Räder in der Spur des vorhergehenden Durchgangs. Dadurch erhält man praktisch die halbe Anzahl der Spuren auf dem Feld, die man sonst bei ungleicher

Spur- und Arbeitsbreite erhalten würde. Gleichzeitig wird der Rollwiderstand des GT auf sandigem, feuchtem und sehr lockerem Boden erheblich herabgesetzt, was einer Verringerung des Schlupfes und damit einer Steigerung der Flächenleistung gleichkommt. Außerdem kann dadurch der Brennstoffverbrauch gesenkt werden. Dieses „Gartenbeet-Kultursystem“, wie es LANZ nennt, ist insofern von der Bodenart und Geländegestaltung abhängig, als drei Reihen Kartoffeln ( $3 \times 625 \text{ mm} \approx 1880 \text{ mm}$ ) nicht in jedem Fall mit 13 PS bei befriedigender Flächenleistung zu häufeln sind. Im hängigen Gelände und auf schwerem Boden sind mindestens 14 PS für diese Arbeit notwendig.

Für GT mit nur 12 oder 13 PS besteht ein Ausweg darin, nur je zwei Reihen Kartoffeln zu häufeln. Doch dazu wäre eine Spurweite von 1250 mm und damit ein Umstellen der Räder erforderlich.

Es ergeben sich für die leichten GT folgende Möglichkeiten der Spurweite:

#### 1. Konsequente Durchführung des Gartenbeet-Kultursystems.

Es sind die Spurweiten 1250 mm und 1880 mm notwendig. Das erfordert aber für alle Bodenarten und Geländegestaltungen bei befriedigender Flächenleistung einen 14-PS-Motor. Mit der Spurweite 1880 mm können durchweg alle Arbeiten ausgeführt werden. Folgende Reihenweiten ergeben sich daraus für Hackkulturen:

625 mm	bei 3 Reihen (Kartoffeln)
465 mm	bei 4 Reihen (Rüben)
375 mm	bei 5 Reihen (Sonderkulturen)
313 mm	bei 6 Reihen (Sonderkulturen)
268 mm	bei 7 Reihen (Sonderkulturen)
205 mm	bei 8 Reihen (Getreide)

und geringere Entfernungen für Feldfrüchte, die nicht gehackt werden.

Die Spurweite 1250 mm ist dann nur für Transporte notwendig, bei denen die Spurweite von GT und Anhänger gleich sein müssen, damit man einen geringen Rollwiderstand des Anhängers erhält, z. B. Abfahren der Rüben vom Feld, oder auch für Transporte mit voll beladener Ladepritsche, wenn die Achsen für diese Belastung bei großen Spurweiten nicht kräftig genug ausgelegt sind.

\* Landmaschinen-Institut der Humboldt-Universität (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H. HEYDE). Teil I s. H. 2 (1958) S. 66.

<sup>1)</sup> GT mit einer Arbeitsbreite bis zu 2 m, es sind dafür mindestens 13 bis 14 PS notwendig. Siehe „Deutsche Agrartechnik“ (1957) H. 11, S. 504 bis 505 „Vergleichende Untersuchungen an Geräteträgern“.