

# Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT  
FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA  
MAX EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK

Heft 4/1958

MÜNCHEN

8. JAHRGANG

Dipl.-Ing. F. J. Sonnen:

## Untersuchung der Fahrwiderstände von Norm- und Breitreifen an Ackerwagen

*Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode*

Frühere Messungen und Beobachtungen [1, 2] an verschiedenen Reifenarten (AS, AM, AW) haben erkennen lassen, daß durch Verringerung des Innendruckes und durch weichen Aufbau der Reifen die Fahrwiderstände auf Acker und Wiese gesenkt werden können.

Absenkung des Innendruckes und weicherer Aufbau der Reifen für Ackerwagen bedingen eine Vergrößerung des Luftvolumens, die nur durch Vergrößerung der Reifenbreite und Verkleinerung des Felgendurchmessers erreicht werden kann, da der Außendurchmesser der Räder und damit die Höhe der Ladefläche nicht größer werden sollen. Die Felgendurchmesser können soweit verkleinert werden, wie die Bremsstrommeln dies gestatten, deren Größe vom erforderlichen Bremsverhalten abhängt.

Durch Untersuchungen, die von Oktober 1956 bis Mai 1958 liefen und deren erster Teil von H. Lange durchgeführt wurde, sollte geklärt werden, wie weit durch diese Maßnahmen die landwirtschaftlichen Transporte erleichtert werden können.

Die Versuche erfolgten teilweise im Auftrag der Firma Continental Gummi-Werke AG., die auch die Reifen zur Verfügung stellte.

Im folgenden werden Reifen mit den geschilderten Merkmalen „Breitreifen“ und die gebräuchlichen AW-Reifen „Normreifen“ genannt.

Da die Versuche an in der Landwirtschaft gebräuchlichen Ackerwagen (AW) durchgeführt werden sollten, wurde je ein Wagen für 3, 4 und 5 t Nutzlast gewählt. Diese Ackerwagen wurden mit Norm- und Breitreifen auf verschiedenen Böden und bei verschiedenen Bodenzuständen untersucht. Eine Übersicht über die verwendeten Reifen und deren Zuordnung gibt die Tabelle 1.

### Versuchsdurchführung und Auswertung

Die Spurweite der AW, die durch die Einpreßtiefe der Versuchsfelgen bedingt war, betrug 1,5 m. Bis zum Herbst 1956 wurden Radschlepper mit einer Spur von 1,5 m als Zugfahrzeuge eingesetzt. Ihre Zugkräfte reichten für vollausgelastete AW unter schwierigen Versuchsbedingungen nicht immer aus. Daher wurde bei der Weiterführung der Versuche eine 52-PS-Raupe mit Zugkraft-Meß- und -Schreibgerät benutzt, deren Spurweite ebenfalls ca. 1,5 m betrug.

Die Versuchsmethodik und -auswertung waren sinngemäß die gleichen wie früher beschrieben [3]. Bei jedem Einzelversuch wurde der Fahrwiderstand bei der Geradeausfahrt, bei der die AW-Reifen in der Spur des Schleppers liefen, auf einer Hin- und Rückfahrt gemessen; soweit möglich, wurden auch Messungen bei Kurvenfahrt durchgeführt, bei der jedes Rad seine eigene Spur bildete. In den folgenden Darstellungen sind nur die Mittelwerte angegeben, lediglich in Abbildung 4 sind zur Kennzeichnung der Streuungen die Größt- und Kleinstwerte von je 6 Abschnittsmittelwerten angegeben; mit Ausnahme dieses einen Falles wurden nicht die absoluten Fahrwiderstände, sondern die Fahrwiderstandsbeiwerte, also die dimensionslosen Verhältniszahlen des Fahrwiderstandes zu dem Gesamtgewicht angegeben.

Die Tabelle 2 läßt erkennen, daß solche Bodenarten und -zustände vorzugsweise gewählt wurden, die hohe Fahrwiderstände erwarten ließen. Lediglich die Kennziffern werden in den folgenden Abbildungen verwendet.

### Durchgeführte Versuche und ihre Ergebnisse

1. Die Versuche auf sieben verschiedenen Böden haben ergeben, daß bei allen Zuständen, bei denen Transporte im landwirtschaftlichen Betrieb durchgeführt werden, die

Tab. 1: Untersuchte Reifen

Tragfähigkeit der Ackerwagen (t)	3		4		5	
	Normreifen	Breitreifen	Normreifen	Breitreifen	Normreifen	Breitreifen
Größe	170—20	9.00—13	190—20	9.00—15	210—20	10—18
Luftdruck (atü)	3,0	2,25	3,5	2,5	4,0	2,75
äuß. Maße (mm)	885 x 183	780 x 246	906 x 195	837 x 246	942 x 219	871 x 266

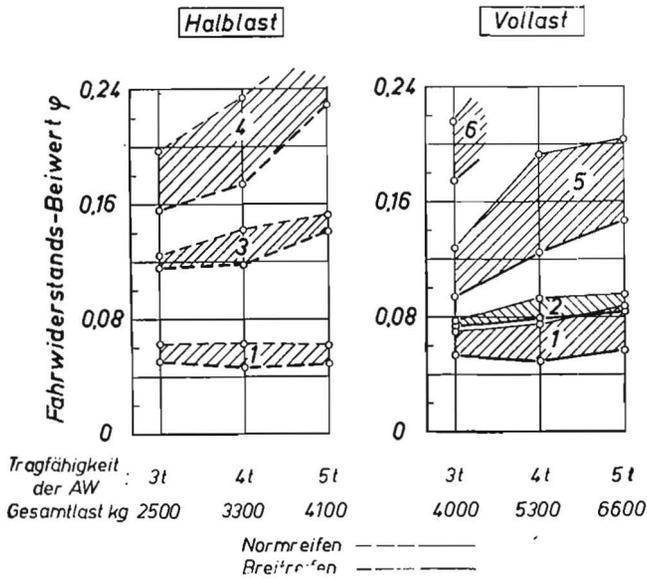


Abb. 1: Vergleich der Norm- und Breitreifen bei Halb- und Vollast (Fahrt in Schlepperspur)

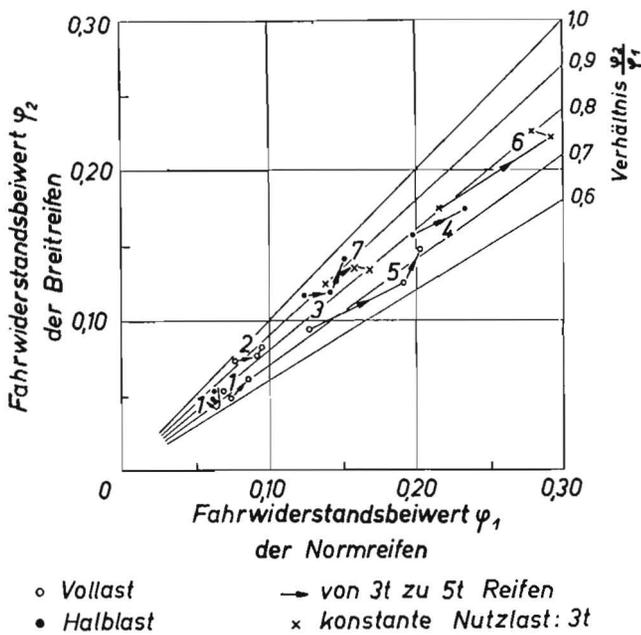


Abb. 2: Vergleich der Norm- und Breitreifen (Fahrt in Schlepperspur)

breiten Reifen überlegen sind. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse von sechs Böden dargestellt. Es wird deutlich sichtbar, daß der Gewinn mit steigendem Fahrwiderstandsbeiwert, also mit schwieriger werdendem Boden-zustand, größer wird. Wie groß diese Überlegenheit ist, läßt sich am leichtesten aus Abbildung 2 erkennen, in der über den Fahrwiderstandsbeiwerten  $\varphi_1$  der Norm-

Tab. 2: Aufstellung der Bodenarten und -zustände, auf denen Versuche durchgeführt wurden

Kenn-ziffer		mittl. Feuchtigkeit in % des Trocken-gewichtes
1	lehm. Sand, abgehütete Stoppel	19,8
2	lehm. Sand, Stoppel	21,0
3	Hochmoor, Weide	27,0
4	Hochmoor, geschälte Stoppel	29,0
5	sand. Lößlehm, nach Kartoffeln	20,6
6	milder Lehm, gepflügt	37,7
7	lehm. Sand, gepflügt	18,6
8	milder Lehm, geschält	36,5

reifen die Beiwerte  $\varphi_2$  der Breitreifen aufgetragen sind. Jeder der eingezeichneten Strahlen bezeichnet ein bestimmtes Verhältnis  $\varphi_2$  zu  $\varphi_1$ ; liegt also ein Meßpunkt zum Beispiel auf Strahl 0,7, so bedeutet dies, daß der Fahrwiderstand der Breitreifen nur 70% desjenigen der Normreifen beträgt.

Faßt man die Ergebnisse zusammen, so verursachen die Breitreifen im Mittel einen um rund 20 % geringeren Fahrwiderstand als die Normreifen. Die Maximal- und Minimalwerte der Senkung betragen 35 % bzw. 5,5 %.

Die Zuordnung der Reifen zu den AW gibt folgendes Bild: Der 3-t-AW lief mit Breitreifen 5,5 % bis 26,8 %, im Mittel 17,2 % leichter als mit Normreifen. Der 4-t-AW hatte mit Breitreifen einen um 16 % bis 35 %, im Mittel 26,5 % geringeren Fahrwiderstand. Die Werte für den 5-t-AW waren 8 % bis 35 %, im Mittel 19,8 %.

Die Ergebnisse bei Kurvenfahrt liegen in der gleichen Größenordnung.

Die von Segler und v. Puttkamer [2] ermittelten sehr großen Verringerungen des Zugwiderstandes eines 5-t-AW durch großvolumige ehemalige Flugzeugreifen konnten auch bei sehr ungünstigen Bodenverhältnissen nicht erreicht werden.

Bei einem Vergleich der Fahrwiderstandsbeiwerte der Reifen verschiedener Tragfähigkeit und damit unterschiedlicher Größe fällt auf, daß der Fahrwiderstandsbeiwert mit zunehmender Reifengröße zunimmt, allerdings nur auf solchen Böden, die höhere Beiwerte als etwa 0,1 ergeben. Wie weit dies mit dem steigenden Luftdruck oder mit der Größe der Reifen selbst zusammenhängt, sollten die weiteren Versuche klären.

2. Bei den Untersuchungen über den Einfluß des Luftdruckes hatte in jedem Falle seine Senkung eine Verringerung des Fahrwiderstandes zur Folge (Abb. 3). Der Einfluß des Reifeninnendruckes überwog sogar den der Last und den der Reifengröße. Dies wurde auch durch einen Versuch bestätigt, dessen Ergebnisse in Tabelle 3 wiederge-

Tab. 3: Einfluß des Luftdruckes auf den Fahrwiderstandsbeiwert bei Boden 7 (Fahrt in Schlepperspur)

Reifengröße	Nutzlast (t)	Gesamtgewicht (t)	Luftdruck nach Vorschrift		Luftdruck konstant	
			Luftdruck (atü)	Fahrwiderstandsbeiwert	Luftdruck (atü)	Fahrwiderstandsbeiwert
9.00—13	3	4	2,25	0,125	2,25	0,125
9.00—15	3	4,3	2,5	0,135	2,25	0,109
10—18	3	4,6	2,75	0,134	2,25	0,119

Tab. 4: Ungleiches Verhalten von Norm- und Breitreifen auf weichem Boden mit festerer Unterschicht

Reifengröße	Luftdruck (atü)	Fahrwiderstandsbeiwert	
		Gesamtgewicht = 2700 kg	Gesamtgewicht = 4200 kg
170—20	3,0	0,091	0,106
9.00—13	2,25	0,118	0,084

geben sind. Sie wurden auf einem etwa 2 Monate vor dem Versuch gepflügten lehmigen Sand mit einer Feuchtigkeit von 18,6 % gewonnen.

Aus Abbildung 3 und Tabelle 3 läßt sich schließen, daß die Erhöhung der Fahrwiderstandsbeiwerte mit steigender Tragfähigkeit der Reifen hauptsächlich auf den gleichzeitig zunehmenden Luftdruck zurückzuführen ist.

3. Einer weiteren Versuchsreihe lag die Frage zugrunde, ob bei schwierigen Bodenverhältnissen kleine, ganz ausgelastete oder große, nur teilweise ausgelastete Reifen und AW entsprechender Tragfähigkeit benutzt werden sollen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt. Danach ist bei gleicher Nutzlast von 3 t der Fahrwiderstand der AW mit 4 und 5 t Tragfähigkeit beträchtlich größer als derjenige des 3-t-AW, dessen Reifen damit voll ausgelastet waren. Errechnet man zur Kennzeichnung der Böden die zugehörigen Fahrwiderstandsbeiwerte, so zeigt sich, daß sie bei dem voll ausgelasteten 3-t-AW und den Breitreifen auf dem einen Boden knapp über 0,125 mit Streuungen der Abschnittsmittelwerte von 0,108 bis 0,141 und auf dem anderen Boden bei 0,175 mit Streuungen von 0,16 bis 0,188 liegen.

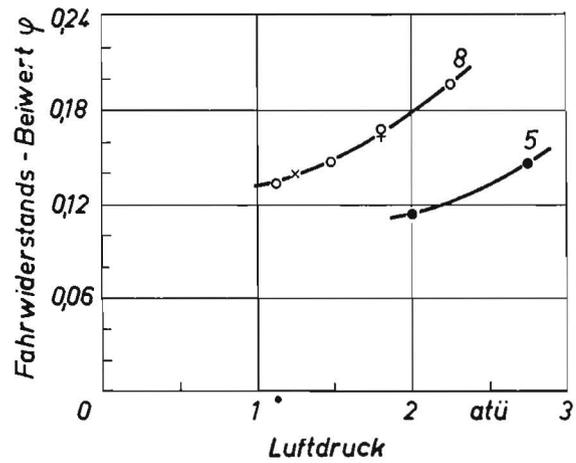
Nach diesen Messungen ist es günstiger, die Transporte auf wenig tragfähigen Böden, auf denen die Nutzlast durch die verringerte Zugkraft des Schleppers begrenzt ist, mit kleineren vollaugelasteten AW auszuführen, als die gleiche Last auf nur teilweise beladenen größeren und schwereren Wagen zu bewegen, sofern bei diesen wegen der höheren Reifentragfähigkeit auch höhere Innendrücke vorgeschrieben sind.

4. Versuche auf einem abgeernteten Rübenacker auf schwerem, zu blauer Lette tendierendem Lehm, der bei weicher Oberschicht (Feuchtigkeit 47,5 %) in etwa 6 bis 8 cm Tiefe eine Frostschicht hatte, brachten unerwartete Ergebnisse (Tab. 4).

In diesem Falle verdrängten bei Halblast beide Reifenausstattungen den nicht tragfähigen Boden bis zur Frostschicht, auf der sie liefen. Die Arbeit des Breitreifens zur Verdrängung des fließenden und klebenden Bodens war hier größer, infolgedessen auch der Fahrwiderstand höher. Bei Vollast ist die Wirkung umgekehrt. Der schmale Reifen verformte die festere Schicht — daher hoher Fahrwiderstand —, während der breite Reifen mit seiner geringeren Flächenpressung von ihr noch gut getragen wurde. In seltenen Fällen kann also der schmale Normreifen überlegen sein.

### Zusammenfassung

Bei Versuchen mit sechs verschiedenen Reifenausrüstungen für Ackerwagen mit Nutzlasten von 3 bis 5 t erwiesen sich Reifen mit größerer Breite und niedrigeren Luftdrücken als die Normreifen diesen in allen die Landwirtschaft interessierenden Fällen hinsichtlich des Fahrwiderstandes überlegen. Der Gewinn wächst mit nachlassender Bodentragfähigkeit. Auf wenig tragfähigen Böden, auf denen die Schlepper nur eine geringe Zugkraft haben, hat es sich als günstiger erwiesen, die gleiche Nutzlast auf kleinen, vollaugelasteten Wagen zu transportieren als auf großen, nicht ausgelasteten Wagen, bei denen auch das Eigengewicht größer ist. Der



- 5) • Reifen 10-18 bei 5t Nutzlast,  $G_{ges}$  6600 kg  
 8) ○ Reifen 9,00-13 bei 3t Nutzlast,  $G_{ges}$  4000 kg  
 + " 9,00-13 1,5t " " 2500 kg  
 x " 9,00-15 3t " " 4000 kg

Abb. 3: Einfluß des Luftdruckes auf den Fahrwiderstandsbeiwert (Fahrt in Schlepperspur)

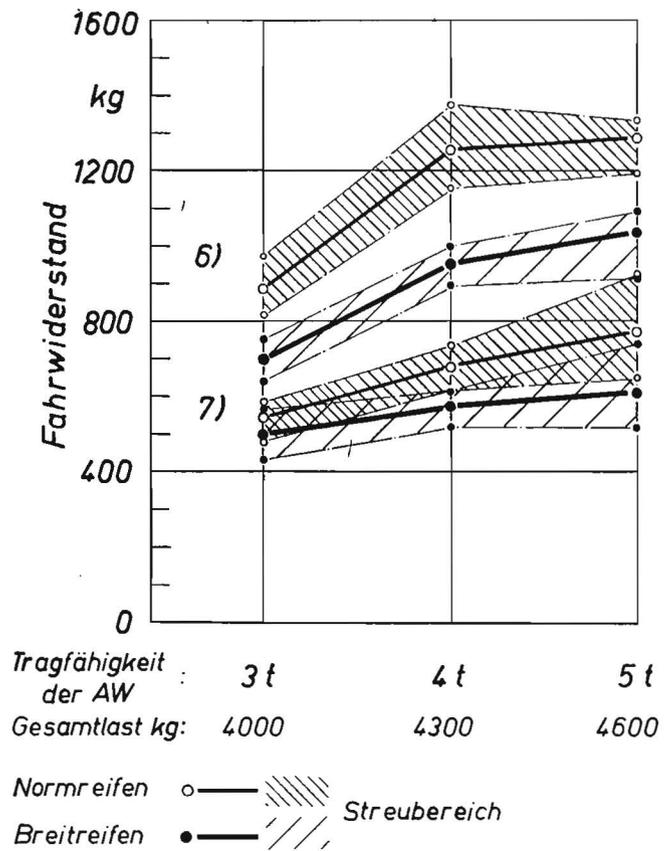


Abb. 4: Fahrwiderstände von AW verschiedener Tragfähigkeit bei Norm- und Breitreifen und konstanter Nutzlast von 3 t (Fahrt in Schlepperspur)

Luftdruck besitzt erheblichen Einfluß auf den Fahrwiderstand. Zu seiner Senkung sind daher auf weichen Böden großvolumige Niederdruckreifen vorteilhaft.

### Schrifttum:

- [1] Meyer, Helmut und J. Lengsfeld: Untersuchungen der Fahrwiderstände von neuen Laufwerken für Ackerwagen. Techn. i. d. Landw. 14 (1933), S. 230/231  
 [2] Segler, Georg und D. v. Puttkamer: Rübenabfuhr in nassen Jahren. Landtechnik 10 (1955) H. 16, S. 602/603  
 [3] Bock, Günter: Untersuchung der Fahrwiderstände eines 3-t-Ackerwagens mit 16"- und 20"-Reifen. Landtechn. Forsch. 4 (1954) H. 2, S. 33/40

## Résumé:

Dipl.-Ing. F. J. Sonnen:

„Untersuchung der Fahrwiderstände von Norm- und Breitreifen an Ackerwagen.“

Untersuchungen an verschiedenen Reifenarten ließen erkennen, daß die Fahrwiderstände von Ackerwagen durch Verringerung des Innendruckes und durch weicheren Aufbau der Reifen zu senken sind. Voraussetzung dafür ist ein größeres Luftvolumen, das nur durch größere Reifenbreite und kleineren Felgendurchmesser für gleichbleibenden Außendurchmesser zu erreichen ist. Zur Klärung dieser Relationen führte der Verfasser Versuche mit Breitreifen und Normreifen an Ackerwagen für Nutzlasten von 3 bis 5 t durch. Dabei zeigte sich, daß die Breitreifen den Normreifen in allen die Landwirtschaft interessierenden Fällen hinsichtlich des Fahrwiderstandes überlegen sind. Der Gewinn wächst mit nachlassender Bodentragfähigkeit. Für wenig tragfähige Böden wird empfohlen, kleine, vollausgelastete Ackerwagen anstelle von großen, nicht ausgelasteten einzusetzen.

Dipl.-Ing. F. J. Sonnen: "Investigations on the Differences in Rolling Resistance of Standard and Broad-treaded Tyres as fitted to Agricultural Trailers."

Investigations made on various types of tyres as fitted to agricultural vehicles have shown that it is possible to reduce the rolling resistance by decreasing the tyre pressures and by using a softer cover. A prerequisite in this case is an increase in the volume of air, which can only be attained by a greater width of tyre and a reduction in the diameter of the rim, the outside diameter of the tyre remaining constant. In order to elucidate these relationships the author carried out tests on agricultural trailers for loads of 3 to 5 tons and fitted with standard and broad-treaded tyres. It was found that under all conditions likely to be met in agricultural practice, the broad-treaded tyres were of greater value in reducing rolling resistance. This superiority increases in inverse ratio to the carrying capacity of the surface of the soil. It is recommended, therefore that in cases where poor soil conditions exist, small, fully-loaded vehicles should be used in preference to larger vehicles only partially loaded.

Dipl.-Ing. F. J. Sonnen: «Recherches sur la résistance à l'avancement de pneus normalisés et de pneus larges montés sur des véhicules agricoles.»

Les recherches entreprises sur les différents types de pneus ont montré que la résistance à l'avancement éprouvée par les véhicules agricoles peut être réduite par la diminution de la pression de gonflage et par une construction plus souple des pneus. La première condition est que le pneu contient un volume d'air plus élevé, condition qui ne peut être réalisée qu'en augmentant la largeur du pneu et en diminuant le diamètre de la jante tout en maintenant le même diamètre extérieur. Pour élucider ces rapports, l'auteur a effectué des essais avec des pneus larges et des pneus normalisés montés sur des véhicules d'une charge utile allant de 3 à 5 tonnes. Ces essais ont montré dans tous les cas la supériorité des pneus larges sur les pneus normalisés en ce qui concerne la résistance à l'avancement. Cette supériorité est d'autant plus accentuée que la résistance du sol est plus basse. L'auteur recommande d'utiliser sur des terres peu résistantes des véhicules de capacité réduite, mais entièrement chargés au lieu de véhicules de grande capacité qui n'est utilisée que partiellement.

Ing. dipl. F. J. Sonnen: «Investigaciones sobre la resistencia a la rodadura en neumáticos normales y en neumáticos anchos para carros agrícolas.»

Investigaciones practicadas con varias clases de neumáticos han demostrado que pueden rebajarse las resistencias a la rodadura de carros agrícolas, reduciendo la presión interior, así como por una construcción más blanda de los bandajes. Esto supone un volumen más grande de aire en las cámaras, lo que sólo puede conseguirse, empleando neumáticos más anchos en llantas de diámetro más pequeño. quedando el diámetro exterior del neumático sin variar. Para aclarar las relaciones, el autor ha hecho ensayos con neumáticos anchos y con neumáticos normales en carros agrícolas de 3 hasta 5 toneladas de carga útil, resultando que los neumáticos anchos aventajan a los normales en todos los casos que interesan en la agricultura, en cuanto a la resistencia a la rodadura. Las ventajas aumentan en la medida que se reduce la capacidad sustentadora del terreno. Para terrenos de capacidad sustentadora muy reducida se recomienda el empleo de carros pequeños a plena carga, en vez de carros grandes con carga parcial.

Dipl.-Ing. F. J. Sonnen:

## Einfluß der Profilierung von AS-Reifen auf die Zugfähigkeit

Institut für Schleppforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die Zugfähigkeit eines Ackerschleppers wird maßgeblich von der Wahl der Bereifung, daneben von der installierten Motorleistung, der Fahrgeschwindigkeit und den Achslasten bestimmt. Auf Grund dieser Erkenntnis sind, seitdem es luftbereifte Ackerschlepper gibt, Untersuchungen angestellt worden, um den Einfluß von Reifengröße, Luftdruck, Profilierung und deren optimale Kombinationen zu ermitteln. Als äußerlich sichtbare Zeichen dieser Entwicklung sind der Übergang vom Tiefbettfelgen- zum Breitfelgenreifen, der auch Montageerleichterungen brachte, und die Verwendung von sogenannten offenen anstelle der geschlossen Profile zu nennen. Sie ergaben eine größere Weichheit, jedoch bestand ziemliche Unsicherheit hinsichtlich der Ausbildung der Stollen und ihres Abstands, da die Forderung nach hoher Zugkraft und guter Reinigung auf dem Acker der nach ruhigem Lauf und geringem Verschleiß der Stollen auf der Straße entgegenzustehen schien.

Die amerikanischen AS-Reifen konnten ohne Rücksicht auf Straßenfahrt entwickelt werden. Dadurch waren sie so lange auf dem Acker überlegen, als die deutschen Hersteller die Reifenstollen noch nicht so ausbildeten, daß bei etwa gleicher Zugfähigkeit die Lebensdauer bei gemischtem Einsatz nicht verringert wurde. Damit sind heute ziemlich ähnliche Profile in Benutzung, wenn man nur die neuesten deutschen und ausländischen Ausführungen betrachtet, jedoch unterschiedliche, wenn man auch ältere Reifen — seien sie nun schon abgenutzt oder nicht — einbezieht.

### Reihenversuche mit offenen Profilen

Über einen Reihenversuch mit 5 bzw. in einem Fall 6 offenen Profilen soll im folgenden berichtet werden. Wie sehr

ein solcher Vergleich in der Luft liegt, ergibt sich daraus, daß von G. H. Vasey und J. T. Naylor [1] ähnliche Versuche durchgeführt wurden, die erst nach Abschluß der hier beschriebenen Untersuchungen bekannt wurden. Auf diese Ergebnisse wird später eingegangen.

Bei früheren Versuchen wurden meist nur zwei verschiedene Profilierungen miteinander verglichen, so daß zwar eine größere Anzahl von Einzeluntersuchungen vorlag, eine vergleichende Beurteilung aller Ergebnisse jedoch nur sehr bedingt möglich war. Um einen größeren Überblick zu erhalten, wurden die folgenden Profile unter jeweils gleichen Bedingungen untersucht:

1. Ein modernes, offenes Profil deutscher Herkunft mit nach der Mitte zu etwas verbreiterten Rippen — „Leiste“;
2. ein amerikanisches offenes, schlankes Profil mit Rippen gleichbleibender Breite — „Geradstollen“;
3. ein Hammerprofil herkömmlicher Bauart — „Hammer neu“;
4. ein im Einsatz halb abgefahrenes Hammerprofil — „Hammer halbabgefahren“;
5. ein völlig glatter unprofilierter Reifen — „profillos“;
6. in einem Fall ein sogenanntes Höchststollenprofil für Zuckerrohr- und Reisfelder — „Höchststollen“.

Die Reifen 1, 2, 3 und 6 waren praktisch neu.

Die Versuche erfolgten teilweise im Auftrag der Veith-Gummiwerke A.G., Höchst (Odenwald), die auch die Reifen zur Verfügung stellte.