

Landtechnische Forschung

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

Heft 2/1954

MÜNCHEN

4. JAHRGANG

Dipl.-Ing. G. Bock:

Untersuchung der Fahrwiderstände eines 3-t-Ackerwagens mit 16"- und 20"-Reifen

Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode

Versuchsaufgabe

Für Ackerwagen mit mehr als 2,5 t Nutzlast werden in Deutschland bislang Reifen auf 20"-Felgen vor solchen auf 16"-Felgen bevorzugt; z. B. ist für den Dreitonner der Reifen 170—20 AW gebräuchlich. Im Ausland dagegen werden vorwiegend Reifen auf 16"-Felgen verwendet. Die Gründe dafür sind zum Teil in dem durch die kleineren Reifen bedingten geringeren Anschaffungspreis der Wagen und zum Teil in ihrer niedrigeren Ladehöhe zu suchen.

In Deutschland wird in der letzten Zeit die Forderung nach 16"-Reifen auch für Ackerwagen mit einer 2,5 t übersteigenden Tragfähigkeit immer lauter. In diesem Zusammenhang wird der Frage besondere Bedeutung zugemessen, wie der Fahrwiderstand der Ackerwagen durch Verwendung von 16"-Reifen an Stelle von 20"-Reifen verändert wird.

Ergebnisse früherer Versuche

Die Theorie der rollenden Reibung läßt eine Vergrößerung des Rollwiderstandes¹⁾ von luftbereiften Rädern mit abnehmendem Außendurchmesser erwarten.

Über Rollwiderstandsmessungen an einzeln laufenden (also eine eigene Spur bildenden) Luftreifen auf verformbaren Fahrbahnen wird von verschiedenen Verfassern berichtet. H. Meyer und J. Lengsfeld haben z. B. die in Abbildung 1 dargestellten Ergebnisse erzielt [1].

McKibben und Davidson fanden auf Grund zahlreicher Versuche mit Luftreifen für Ackermaschinen die in Abbildung 2 dargestellte Abhängigkeit des Rollwiderstandsbeiwertes f_R vom Außendurchmesser [2].

Sowohl die Theorie als auch die Ergebnisse der praktischen Versuche berechtigen also zu der Annahme, daß der Fahrwiderstand von Ackerwagen bei 16"-Reifen größer ist als bei 20"-Reifen. Jedoch kann die Frage nach der Höhe der Unterschiede nicht ohne weiteres beantwortet werden. Das hat vor allem zwei Gründe:

Während die von McKibben verwendeten Reifen für Ackermaschinen mit einem Reifendruck von 1,12 atü (16 lbs/

¹⁾ In der vorliegenden Arbeit werden folgende Bezeichnungen verwendet: Als Rollwiderstand R wird die auf ein einzelnes, mit gleichbleibender Geschwindigkeit rollendes Rad einwirkende, der Bewegungsrichtung entgegengesetzt gerichtete Kraft bezeichnet. Der Rollwiderstand wird ermittelt durch Messung derjenigen Kraft, die erforderlich ist, um ein Rad ohne Beschleunigung über eine waagerechte, ebene und in den mechanischen Bodeneigenschaften gleichförmige Fahrbahn zu ziehen.

Als Rollwiderstandsbeiwert f_R wird das Verhältnis $\frac{R}{G}$ bezeichnet (G = Radlast).

Als Fahrwiderstand F wird dagegen der gesamte Widerstand bezeichnet, der beim Ziehen eines Ackerwagens mit gleichbleibender Geschwindigkeit über ein natürlich gewachsenes Feld mit den stets vorhandenen kleinen Unebenheiten und Unterschieden in der Bodenbeschaffenheit überwinden werden muß.

Als Fahrwiderstandsbeiwert f_F wird das Verhältnis $\frac{F}{G_A}$ bezeichnet (G_A = Anhängergesamtgewicht).

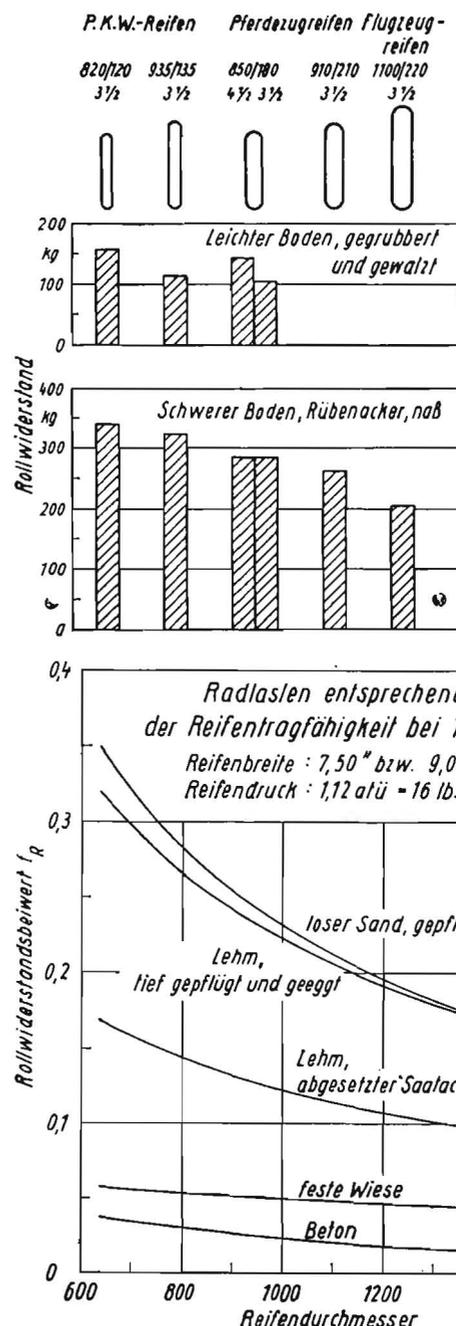


Abb. 1: Einfluß der Reifengröße auf den Rollwiderstand bei 1000 kg Radlast. Die Zahlen unter den Reifenbenennungen geben den Außendurchmesser und die Breite, ferner den Reifendruck an (nach H. Meyer und J. Lengsfeld in TidL 9, 10, 11/1933)

Abb. 2: Abhängigkeit des Rollwiderstandsbeiwertes vom Reifenaußendurchmesser bei verschiedenen Böden (nach McKibben und Davidson in Agricultural Engineering, Febr. 1940)

sq. in.) bis maximal 1,4 atü gefahren wurden, sind für die deutschen AW-Reifen Drücke von 2,5 atü (bei den kleineren) bis 4,0 atü (bei den größeren Reifen) vorgeschrieben. Die deutschen AW-Reifen haben bei etwa gleichen Abmessungen eine größere Tragfähigkeit, d. h. sie werden spezifisch höher belastet. Deshalb üben sie bei Vollast eine größere Flächenpressung auf den Boden aus als die Reifen, mit denen McKibben die oben genannten Versuche durchgeführt hatte. Es ist ungewiß, wie weit sich die McKibben'schen Ergebnisse auf AW-Reifen übertragen lassen.

Ferner ist zu bedenken, daß nur beim Fahren von Kurven mit einer bestimmten Krümmung jedes Rad für sich spurt. Beim Geradeausfahren laufen die Räder der ersten Achse des Anhängers in den von den Schlepperrädern vorgeformten Spuren, und die Räder der zweiten Achse finden eine durch das erste Räderpaar gut verfestigte Spur vor. Diese Einflüsse lassen sich ohne eingehende Messungen nicht überblicken. Jedoch haben sowohl H. Meyer als auch McKibben festgestellt, daß beim wiederholten Überrollen der Spur der Rollwiderstand geringer wird. Insbesondere ist der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Überrollen mit gleicher Last erheblich.

Aus diesen Gründen wurden praxisnahe Feldversuche für notwendig erachtet.

Die Versuchsbedingungen — durchgeführte Versuche

a) Fahrbahnen

Entsprechend der Vielfalt der Böden, die mit beladenen Ackerwagen befahren werden, mußten die Versuche auf mehreren Fahrbahnen unterschiedlicher Beschaffenheit durchgeführt werden. Insbesondere wurde Wert gelegt auf solche Böden, die einen verhältnismäßig hohen Rollwiderstandsbeiwert erwarten lassen, da nach den Untersuchungen von McKibben auf festen Böden nicht mit wesentlichen Unterschieden im Rollwiderstand zwischen 16"- und 20"-Reifen zu rechnen war.

Die Messungen wurden in der Zeit vom August 1953 bis Januar 1954 durchgeführt²⁾ auf:

A) Mineralböden

1. trockenem, verhältnismäßig festem Stoppelfeld auf lehmigem Sand (entsprechend dem Einsatz bei der Getreideernte),
2. trockener, fester Wiese auf Lößboden (Rauhfutterernte),
3. abgeerntetem, abgesetztem Kartoffelacker auf anmoorigem Sand (Kartoffelernte),
4. abgeerntetem, sehr lockerem Kartoffelacker auf schwach lehmigem Sand (Kartoffelernte),
5. 10 Tage vor dem Versuch gepflügtem lehmigem Sand (Kartoffellegen und Kunstdüngerfahren),
6. sehr nassem, aufgeweichtem und schmierigem Gründüngacker, Lehm (Mistfahren).

B) kultivierten Moorböden

1. Stoppelfeld auf verhältnismäßig trockenem Hochmoor,
2. Wiese auf sehr nassem Niedermoor.

Wegen des außergewöhnlich trockenen Wetters in Norddeutschland im Herbst 1953 bot sich leider keine Gelegenheit, Messungen auf einem aufgeweichten Rübenabfuhracker vorzunehmen. Der lehmige, schmierige Gründüngacker, auf dem im Januar 1954 nach vorhergegangenem Tauwetter die unter A 6 aufgezählten Versuche durchgeführt worden sind, war jedoch in einem solchen Zustand, in dem sich ein Rübenacker nach heftigen Regenfällen befindet. Der schlimmste Zustand, der nach wochenlanger Regenperiode bei bindigen Böden eintreten kann, ist allerdings nicht erfaßt worden.

Auf den weicheren Böden konnten die Messungen bei Vollast nicht wie gewünscht durchgeführt werden. Auf dem ge-

²⁾ Die Versuche wurden durch die Reifen-, Felgen- und Ackerwagenindustrie unterstützt.

pflügten Acker (A 5) traten beim Kurvenfahren bereits bei Halblast Schwierigkeiten auf. Um den Acker nicht allzu sehr zu zerwühlen, wurden nur einige wenige Zugkraftwerte beim Kurvenfahren gemessen und die meisten notwendigen Richtungswechsel auf den benachbarten nicht gepflügten Schlängen durchgeführt. Auf dem im Dezember gefrorenen, dann aufgetauten und aufgeweichten lehmigen Schmieracker war es nicht möglich, mit dem vorhandenen Schlepper den Ackerwagen mit Vollast zu ziehen. Durch Vorspannen eines weiteren Schleppers wäre es zwar möglich gewesen, es wurde aber darauf verzichtet, um den Acker zu schonen.

Bei dem Versuch, die Niedermoorwiese mit vollbeladenem Ackerwagen zu befahren, sackte der Wagen in Kürze bis auf die Achsen ein. Die Tragfähigkeit des Moorbodens wurde bei Vollast überschritten. Deshalb konnten auch hier nur Halblastfahrten durchgeführt werden.

Neben diesen Fahrwiderstandsmessungen auf verformbaren Ackerböden wurde der zum langsamen Auffahren auf starre Hindernisse von 40 bzw. 80 mm Höhe notwendige Zugkraftbedarf gemessen. Dieser aus dem allgemeinen Rahmen herausfallende Versuch wird gesondert behandelt.

b) Wahl der Reifengröße

Es wurde davon ausgegangen, daß die Frage, ob 16"- oder 20"-Reifen vorteilhafter sind, zur Zeit von größtem Interesse für die Ackerwagen mit 3 t Nutzlast ist. Für 3-t-Wagen, für die im Mittel ein Eigengewicht von 0,8 t anzunehmen ist, kommen in Betracht die

Reifen	Tragfähigkeit	P_i	ϕ_a	Breite	R_{St}
a) 170—20 AW	1000 kg	3,00 atü	885 mm	192 mm	410 mm
b) 7,00—16 AW	1000 kg	3,00 atü	757 mm	190 mm	346 mm
c) 6,50—16 AW	850 kg	2,75 atü	735 mm	178 mm	335 mm

P_i = Reifeninnendruck

ϕ_a = Außendurchmesser

R_{St} = Standhalbmesser des voll ausgelasteten Reifens auf starrer Unterlage

Die ersten Versuche wurden mit Reifen 6,50—16 AW und 170—20 AW durchgeführt. Nun wird aber bei der Hackfrucht-ernte und beim Mistfahren die Tragfähigkeit der Ackerwagen voll ausgenutzt, häufig sogar überschritten. Der Reifen 6,50—16 AW würde dann in unzulässiger Weise über die in den Normen zugelassene Tragfähigkeit hinaus belastet [3]. Deshalb wurden bei den weiteren Messungen die Reifen 7,00—16 AW verwendet.

c) Zugfahrzeug — Anhänger — Belastung

Als Zugfahrzeug wurde beim ersten Versuch ein Schlepper mit einer Vorderachslast $G_v = 580$ kg und einer Hinterachslast $G_h = 720$ kg verwendet. Da dieser Schlepper für die weiteren Versuche zu leicht schien, wurde später ein schwererer Schlepper genommen ($G_v = 670$; $G_h = 1410$ kg).

Als Ackerwagen wurde der Welger-Unimog-Anhänger des Instituts verwendet. Er ist zwar schwerer als ein üblicher 3-t-Ackerwagen. Bei diesen Versuchen kam es aber nur auf das Gesamtgewicht an. Der Anhänger wurde so belastet, daß



Abb. 3: Fahrwiderstandsmessungen auf einem Stoppelfeld. Der Unimog dient als Belastung des Anhängers

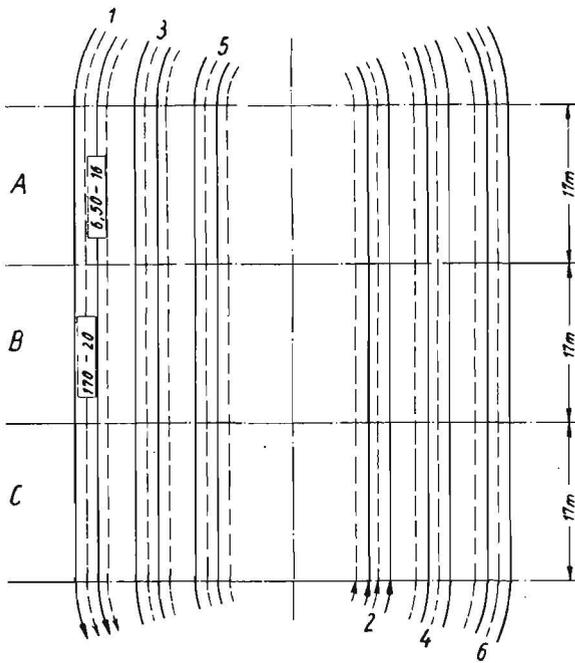


Abb. 4: Anordnung der Meßfahrten

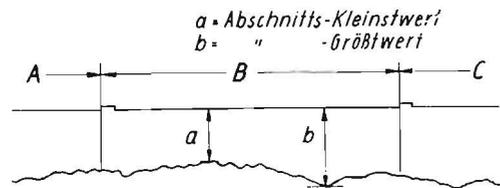


Abb. 5: Abschnitt aus einem Schreibstreifen des Zugkraftschreibers

sein Gesamtgewicht bei den Vollastversuchen 3800 kg betrug, bei den Halblastversuchen 2300 kg. Die Belastung wurde durch den auf den Anhänger gefahrenen Unimog (Abb. 3) und durch Eisengewichte erzielt. Die Belastung wurde auf Vorder- und Hinterachse gleichmäßig verteilt.

Die Spurweite von Ackerwagen und Schlepper betrug 1500 mm. Der Reifeninnendruck sämtlicher AW-Reifen wurde stets auf 3,0 atü gehalten.

Versuchsmethodik und -auswertung

Auf jedem Versuchsfeld wurden mit jeder Reifenausstattung sowohl mit Vollast als auch mit Halblast nach Möglichkeit sechs gerade Strecken von etwa 50 m Länge und anschließend Halbkreise mit einem Halbmesser von 10 m gefahren. (Beim Halbmesser von 10 m fuhr jedes Rad des Ackerwagens eine eigene Spur. Die Größe des Halbmessers gilt für die Spur des kurvenäußeren Vorderrades des Schleppers.)

Zwischen Schlepper und Anhängerzuggabel wurde der Preßtopf des hydraulischen Zugkraftschreibers eingeschaltet. Die Zuggabel wurde parallel zur Fahrbahnebene fest eingestellt, so daß die bewegliche Anordnung des Preßtopfes Bodenunebenheiten aufnahm.

Die Versuche mit Vollast und Halblast wurden nach Möglichkeit auf dicht benachbarten Feldstreifen durchgeführt, von denen man annehmen konnte, daß sie gleichmäßige mechanische Bodeneigenschaften hatten. In einigen Fällen war dies jedoch nicht möglich.

Die Meßfahrten wurden in der in Abbildung 4 dargestellten Weise angeordnet. Es lag also jeweils eine Fahrt mit dem 16"-Reifen neben einer mit dem 20"-Reifen. Die Fahrten mit gerader Nummer sind in der einen Richtung, die mit ungerader Nummer in entgegengesetzter Richtung durchgeführt worden. Bei einem Versuch wurden nur drei Fahrten in einer Richtung gemacht. Um eine möglichst lange Meßstrecke für jede Belastung auf dem jeweils zur Verfügung stehenden Gelände zu erhalten, wurden nur Fahrten bei Halblast und Vollast durchgeführt, also nicht so wie früher [1] derart viele Laststufen, daß die Abhängigkeit des Fahrwiderstandes von der Belastung verfolgt werden kann.

Es wurde darauf geachtet, daß erkennbare Fahrspuren auf dem Versuchsgelände — z. B. auf dem Stoppelfeld Spuren des Mähdreschers, des Schleppers und der Erntewagen — ausgespart wurden.

Die gerade Meßstrecke war unterteilt in drei Abschnitte: A, B und C von je 17 m Länge (Abb. 4). Die Abschnitte wurden auf dem Schreibstreifen des hydraulischen Zugkraftschreibers markiert.

Für jeden Zustand (Geradeaus- und Kurvenfahrt, Halblast und Vollastfahrt, Reifen auf 16"-Felge bzw. 20"-Felge) wurden aus den Zugkraftaufschreibungen für jeden Abschnitt Kleinst-, Größt- und Mittelwert des Fahrwiderstandes ermittelt (Abb. 5 und Übersicht 1). Aus sämtlichen Mittelwerten wurde der Durchschnitt des Fahrwiderstandes und daraus der mittlere Fahrwiderstandsbeiwert errechnet. Der kleinste aller Abschnittskleinstwerte, der kleinste Abschnittsmittelwert, der größte Abschnittsmittelwert und der größte aller Abschnittsgrößtwerte kennzeichnen die Streuungsverhältnisse.

Bei allen Messungen mußte eine verhältnismäßig große Streubreite³⁾ des Fahrwiderstandes in Kauf genommen werden. Sie war bedingt durch kleine Unebenheiten, unterschiedliche mechanische Bodeneigenschaften und unterschiedlichen Bewuchs. Da nun aus Mangel an Zeit, Gelände und Geld die Zahl der Messungen verhältnismäßig gering ge-

Übersicht 1:

Fahrwiderstände in kg auf Kartoffelacker auf lehmigem Sand bei Geradeausfahrt

Halblast (Anhängergesamtgewicht 2,3 t); Reifen 7,00—16 AW

Fahrt-Nr.	A	Abschnitt B	C
1	298 (283—329)	289 (265—316)	284 (257—296)
2	218 (199—249)	230 (210—247)	254 (230—312)
3	258 (228—303)	235 (218—249)	222 (194—237)
4	248 (207—289)	245 (228—265)	275 (256—293)
5	258 (242—277)	250 (233—274)	295 (249—304)
6	202 (187—212)	230 (208—260)	234 (210—263)

Durchschnitt aus sämtlichen Messungen 251 kg

Mittlerer Fahrwiderstandsbeiwert f_F 0,11

Kleinster Abschnittsmittelwert 202 kg

Größter Abschnittsmittelwert 298 kg

Kleinster aller Abschnittskleinstwerte 187 kg

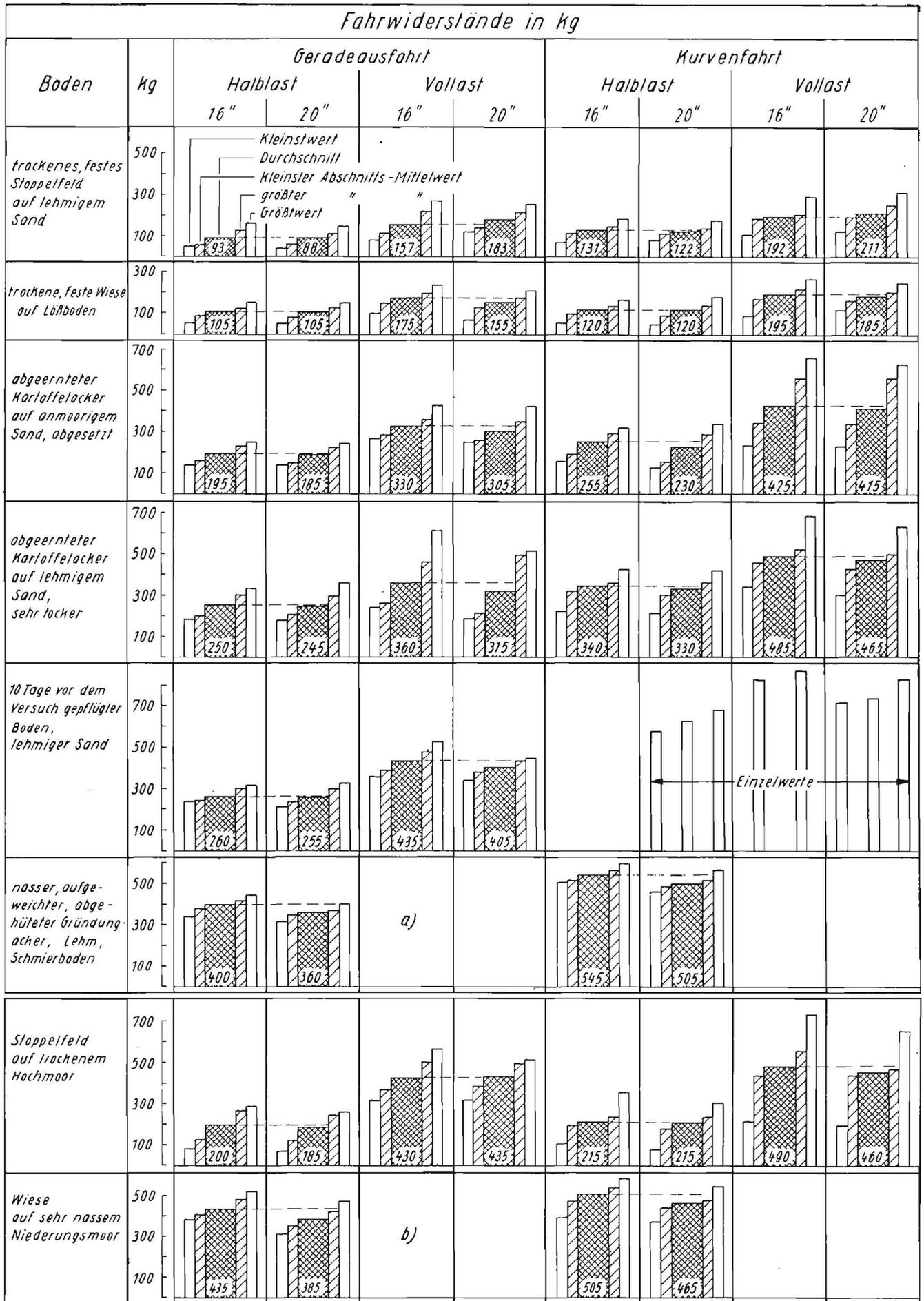
Größter aller Abschnittsgrößtwerte 329 kg

In der Übersicht bedeuten die nicht in Klammern gesetzten Zahlen den Abschnittsmittelwert, die in Klammern gesetzten Zahlen Abschnittskleinstwert und Abschnittsgrößtwert.

halten werden mußte, sind nur größere Unterschiede in den Durchschnittswerten zweier Reifenausstattungen als sicher anzusehen, während kleinere Unterschiede zufällig sein können. Die mathematische Statistik bietet leider noch keine Handhabe zur Berechnung eines gesicherten Unterschiedes bei Untersuchungen der vorliegenden Art. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß auf einem Feldstück mindestens so viele Fahrten durchgeführt worden sind, wie sie in der Praxis beispielsweise zur Aberntung dieses Feldstückes notwendig sind.

³⁾ Als Streubreite wird hier der Bereich zwischen dem kleinsten aller Abschnittskleinstwerte und dem größten aller Abschnittsgrößtwerte, die mit einer Reifengröße unter gleichen Bedingungen gemessen worden sind, bezeichnet. Sie ist nicht zu verwechseln mit der Streuung im Sinne der Statistik (= mittleres Fehlerquadrat).

Übersicht 2



a) Fahrwiderstand überstieg die Zugkraft des Schleppers
 b) tragende Schicht durchbrochen, Ackerwagen bis auf die Achsen eingesunken

Ergebnisse der Versuche

In Übersicht 2 sind die ermittelten Fahrwiderstände als Säulen aufgetragen. Um die Streuverhältnisse zu veranschaulichen, sind neben den Durchschnittswerten die jeweiligen kleinsten Abschnittskleinstwerte, die kleinsten Abschnittsmittelwerte, die größten Abschnittsmittelwerte und die größten Abschnittsgrößtwerte in die Übersicht aufgenommen worden.

Die auf den beiden trockenen, festen Böden gewonnenen Ergebnisse lassen keine Unterschiede zwischen den beiden Reifengrößen erkennen. Auf Grund der Versuche von McKibben wurden hier auch keine bedeutenden Unterschiede im Fahrwiderstand erwartet. Wenn man in Abb. 2 zwei Ordinaten bei 757 (735) mm und 885 mm (Durchmesser der 16"- bzw. 20"-Reifen) einzeichnet, erkennt man, daß selbst beim erstmaligen Überrollen nur geringfügige Unterschiede auftreten können. Beim zweiten und dritten Überrollen sind die Unterschiede noch kleiner und lassen sich bei der vorliegenden Streubreite nicht nachweisen. In den Fällen, in denen für den 20"-Reifen größere Durchschnittswerte als für den 16"-Reifen ermittelt wurden, sind die Ausführungen über die Streuverhältnisse im vorigen Abschnitt zu berücksichtigen. Aber auch auf den lockeren und weichen Böden hat der 20"-Reifen sich nicht als so überlegen gezeigt, wie nach den in der Fachpresse gelegentlich vertretenen Anschauungen zu erwarten war. Das ist wohl dadurch zu erklären, daß die Rollwiderstände nur der zuerst spurenden Räder sich etwa entsprechend Abbildung 2 verhalten. Die in einer Vorspur laufenden Räder dagegen haben einen geringeren Rollwiderstand. Je geringer er ist, um so kleiner ist aber auch der Unterschied zweier Räder verschiedenen Außendurchmessers.

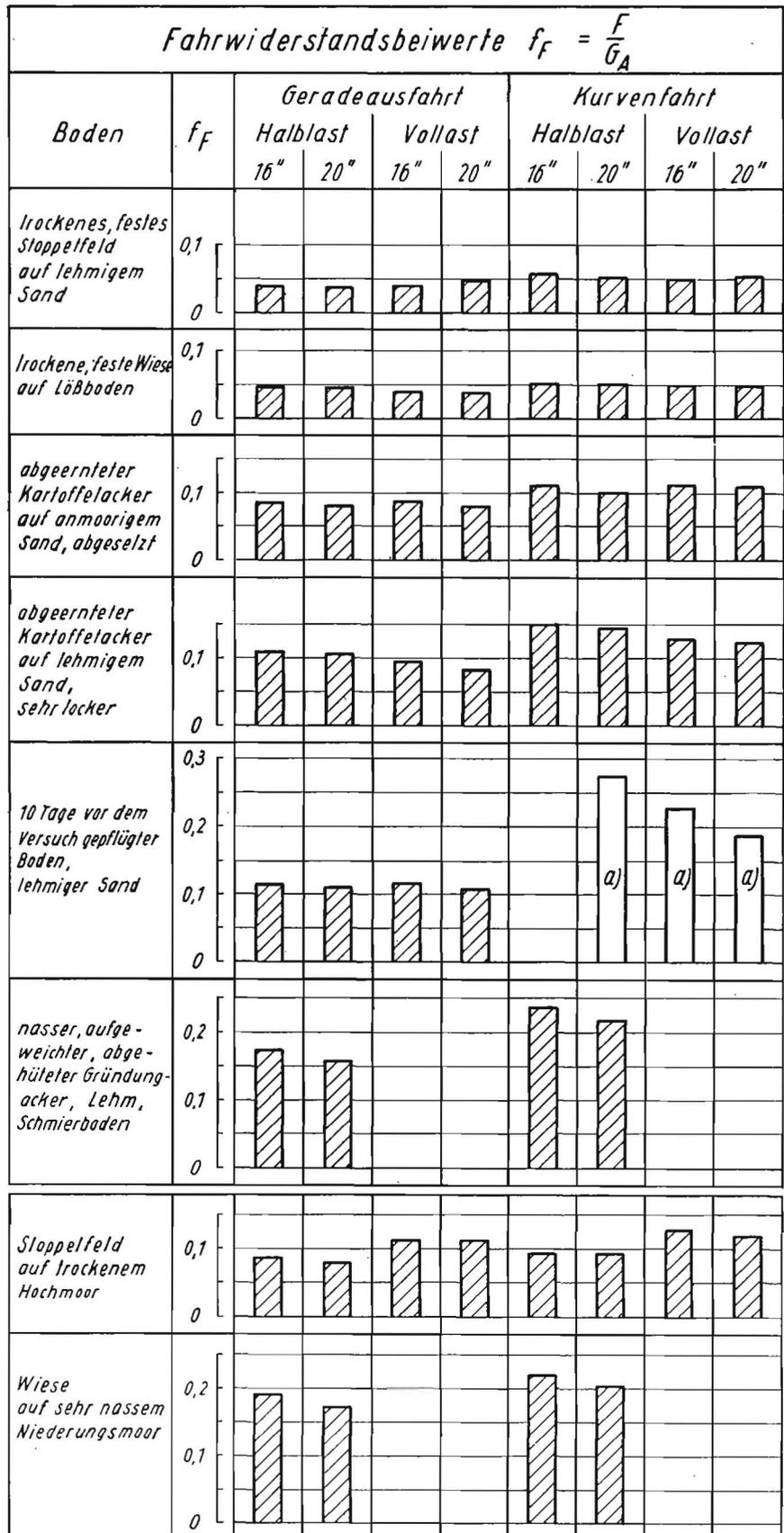
Die Tendenz, daß die größeren Reifen einen kleineren Fahrwiderstand ergeben, ist ohne Zweifel zu erkennen. Auf den lockeren, aber trockenen Böden sind bei Halblast allerdings nur geringe Unterschiede zu verzeichnen, die man nicht einmal als gesichert ansehen kann. Bei Vollast ist hier der Fahrwiderstand bei den 16"-Reifen etwa um 10 % größer als bei den 20"-Reifen.

Auf den nassen Böden treten bereits bei Halblast Unterschiede von 10 bis 13 % auf. Leider war es nicht möglich, hier auch Vollstoffahrten durchzuführen. So muß vorläufig die Frage unbeantwortet bleiben, ob bei größeren Lasten auf solchen Böden noch größere Unterschiede auftreten können. Allerdings ist es fraglich, ob auf sehr nassen Moorböden überhaupt mit größeren Lasten gefahren werden kann. Wie erwähnt, brach der Ackerwagen bei Vollast auf dem Niedermoor ein. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, daß auf dem Schmierboden bei vollbeladenem Anhänger die Triebräder des Schleppers durchrutschten, der bereits mit etwa 30 PS und einem Gesamtgewicht von 2100 kg schwerer war als die Schlepper, hinter denen man 3-t-Wagen im allgemeinen verwendet.

Übersicht 2 läßt auch erkennen, in welchem Maße der Fahrwiderstand durch

Kurvenfahrt vergrößert wird. Hierbei muß nicht nur jedes Ackerwagenrad für sich spuren, sondern zum Teil müssen auch alte Fahrspuren, kleine Bearbeitungsdämme und ähnliches überquert werden. Die Streubereiche sind deshalb bei Kurvenfahrt in den meisten Fällen größer als bei Geradeausfahrt.

Übersicht 3



a) aus Einzelwerten gerechnet

In Übersicht 3 sind als Unterlage für Berechnungen die aus den Durchschnittswerten bestimmten Fahrwiderstandsbeiwerte zusammengestellt worden. Dabei ist zu beachten, daß es sich hier um Durchschnittswerte handelt und daß auf jedem Acker Abweichungen nach oben und unten vorkommen.

Nebenbei dürften noch folgende Beobachtungen von Interesse sein: Auf Moorboden stieg der Fahrwiderstandsbeiwert mit zunehmender Belastung stark an. Auf dem Kartoffelacker auf lehmigem Sand hat sich dagegen bei Vollast ein geringerer Fahrwiderstandsbeiwert eingestellt als bei Halblast. Dieses Ergebnis muß jedoch mit Vorsicht behandelt werden, da das Feld, auf dem die Messungen mit Halblast durchgeführt wurden, etwas von demjenigen entfernt lag, auf dem die Vollastversuche vorgenommen worden waren.

Der Zugwiderstand bei langsamem Auffahren auf Erhöhungen

Die bei schnellem Fahren über Straßenunebenheiten, Steine und ähnliche Hindernisse auftretenden Kräfte beanspruchen zwar die Festigkeit des Wagenunterbaues und der Zugvorrichtung, sie wirken aber so kurzzeitig, daß sie durch die Massenkraft des Schleppers überwunden werden, auch wenn sie erheblich größer sind als die Triebkräfte des Schleppers an der Rutschgrenze der Reifen.

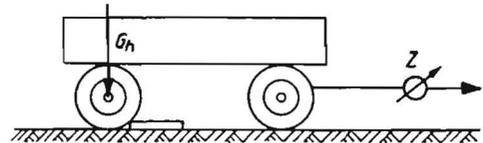


Abb. 6: Die Hinterachse des Anhängers fährt auf ein Hindernis auf

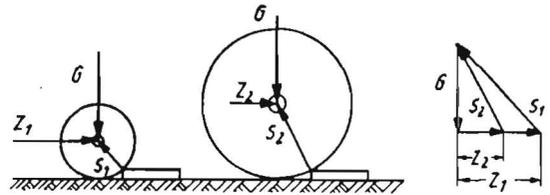


Abb. 7: Der Zugwiderstand verschieden großer starrer Räder bei langsamem Auffahren auf ein Hindernis

Im Rahmen dieser Untersuchungen über den Fahrwiderstand interessierte nur das Verhalten bei langsamem Fahren über Hindernisse, weil hierbei der Zugwiderstand so lange wirkt und so groß ist, daß er die Triebkräfte des Schleppers zum Durchrutschen bringen kann.

Es wurde der Zugwiderstand gemessen, der beim Auffahren einer Achse eines Ackerwagens auf ein Hindernis von 40 bzw. 80 mm Höhe bei verschiedenen Achslasten und einer Fahrgeschwindigkeit von 0,02 m/s auftrat (Abb. 6).

Maschinenerprobung im amerikanischen Landmaschinenbau

Der scharfe Konkurrenzkampf im amerikanischen Wirtschaftsleben veranlaßt die Großfirmen, der Erprobung und Verbesserung ihrer Maschinen und Geräte verstärkte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Jeder Fehler, der bei der Entwicklung begonnen und vor dem Beginn der Serienproduktion nicht entdeckt wurde, rächt sich später bitter durch erhebliche Ausfälle. Es wird daher alles versucht, durch harte Dauerversuche die schwachen Stellen der Konstruktion schnell zu ermitteln und Verbesserungsmöglichkeiten ausfindig zu machen. Diese Untersuchungen erfolgen nicht nur im Labor durch Dauerprüfmaschinen, sondern man setzt die zu erprobenden Maschinen auf speziellen Prüfbahnen typischen Beanspruchungsfällen der landwirtschaftlichen Praxis unter besonders erschwerten Bedingungen aus. Das Ziel ist, mit sehr verkürzten Prüfzeiten Erfahrungen über spätere Bewährung der vorliegenden Konstruktion zu erlangen.

Ein Beispiel einer solchen Prüfbahn wurde kürzlich in der amerikanischen Fachzeitschrift Agricultural Engineering von

der Massey Harris Co., Racine, bekanntgegeben. Die Gestaltung des Versuchsgeländes war durch eine vereinfachte Abbildung veranschaulicht.

Die Versuchsmaschinen werden hier folgenden Beanspruchungen unterworfen:

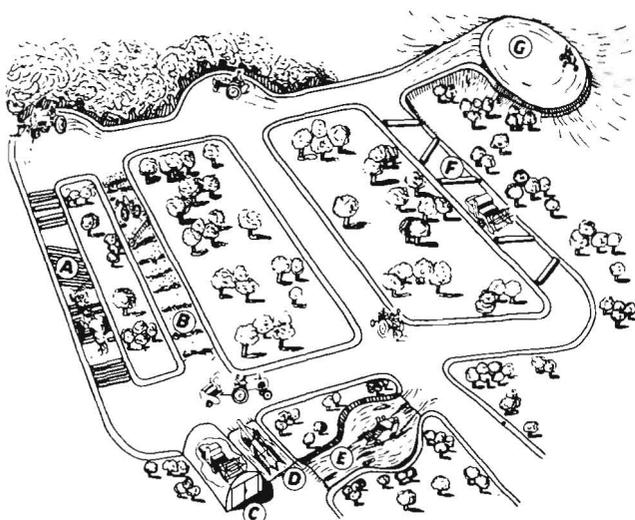
1. Hindernisbahn, bestehend aus einer groben Kopfsteinpflaster-Straße mit Felsriffen und aus einer mit Eisenschienen gebildeten Hindernisfolge (A und B).
2. Staubtunnel, der jeden natürlichen Sandsturm übertrifft, zum Beanspruchen von Dichtungen, Luftreinigern, Getrieben, Kupplungen und Lagerungen (C).
3. Wasserrinne und Lehmmorast zur Beanspruchung von Radlagerungen, Bremsen und Zündung (D und E).
4. Schräghang zur Untersuchung der Anpassungsfähigkeit an die Arbeitsbedingungen im hängigen Gelände, hierbei insbesondere für Mähdrrescher mit Getreidetank (G).
5. Hindernisdämme in Verbindung mit Wassergräben entsprechend Reisdämmen zur Erprobung von Mähdrreschern für die Reisernte (F).

Meist werden dabei die Beanspruchungen mit elektronischen Meßgeräten aufgenommen und registriert. Sie geben so dem Ingenieur Unterlagen für eine wissenschaftliche Auswertung.

Nach dem Versuchslauf wird jede Maschine auseinandergenommen, und ihre Teile werden auf ihren Zustand überprüft. Sollte ein Teil nicht den harten Anforderungen genügen, geht es an die Konstruktionsabteilung zur Neugestaltung zurück.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die amerikanische Landmaschinenindustrie beim Wettstreit um den Ruf des Qualitätserzeugnisses große Anstrengungen unternimmt, um durch eine schnelle, aber doch gründliche Erprobung zuverlässige Geräte auf den Markt zu bringen. Für unsere deutsche Landmaschinenindustrie mag dies im Hinblick auf den Export eine erneute Mahnung sein, einer gründlichen Werkerprobung erhöhte Beachtung zu schenken. Soweit unsere Firmen nicht die sehr aufwendigen, modernen Meßvorrichtungen besitzen, muß darauf hingewiesen werden, daß hierfür wissenschaftliche Institute mit ausreichenden Einrichtungen zur Verfügung stehen. Der Käufer muß auf jeden Fall die Gewißheit erhalten, ein ausgereiftes Fabrikat zu bekommen.

Dr.-Ing. M. Haack, Braunschweig-Völkenrode.



Prüfbahn auf der Versuchsfarm der Massey-Harris Co., Racine

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| A Hindernisbahn Nr. 1 | E Morast |
| B Grobe Pflasterstraße | F Hindernisbahn Nr. 2 |
| C Staubtunnel | G Schräghang |
| D Wasserbad | |

Bei starren Rädern müßten sich verschiedene Außendurchmesser entsprechend Abbildung 7 auf den Zugwiderstand Z auswirken. Beim luftbereiften Rad treten zwar infolge der elastischen Verformung des Reifens Abweichungen von den bei starren Rädern auftretenden Werten auf, jedoch gilt die vorstehende Überlegung im grundsätzlichen auch hier.

Aus jeweils 5 Messungen, die um geringe Beträge differierten, wurden Mittelwerte gebildet. In Abbildung 8 sind die Größtwerte des Zugwiderstandes in Abhängigkeit von der Achslast aufgetragen worden: Der Unterschied zwischen den beiden Reifen 7,00—16 AW und 170—20 AW war nur klein.

Beim Überfahren kleinerer Hindernisse, die zum Teil durch den Reifen „geschluckt“ werden, und beim Durchfahren von Bodenwellen sind keine größeren Unterschiede zu erwarten. Bei schnellerem Fahren werden allerdings durch die dann auftretenden dynamischen Kräfte die Zugwiderstände beim Überfahren von Hindernissen und auch die Unterschiede der Zugwiderstände bei 16"- und 20"-Reifen vergrößert.

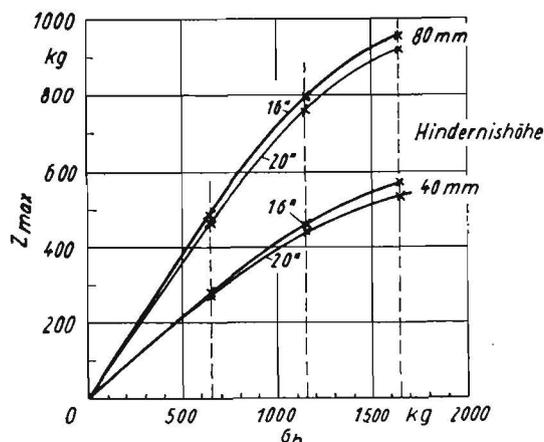


Abb. 8: Größtwerte der Zugwiderstände beim Auffahren auf Hindernisse von 40 bzw. 80 mm Höhe bei 16"- bzw. 20"-Reifen

Folgerungen

Die praktischen Folgerungen aus den Versuchsergebnissen dürften sein: Die strikte Ablehnung des Reifens 7,00—16 AW für den 3-t-Ackerwagen schlechthin ist nicht gerechtfertigt. Betriebe ohne ungünstige Fahrbahnen, d. h. ohne Rüben-Schmieräcker, Moor und Flugsand, können mit ihm nahezu gleich günstig fahren wie mit dem 170—20 AW. Dagegen kann auf ungünstigen Fahrbahnen der Fahrwiderstand bei den kleineren Reifen um 10—15 % größer sein; unter extremen Verhältnissen kann der Unterschied möglicherweise größer sein. Der Mehrbedarf an Zugkraft kann sich bemerkbar machen, wenn der Schlepper bereits an der Rutschgrenze arbeitet, Unterschiede im Fahrwiderstand in der Größe von 50 bis 100 kg können dann entscheidend sein. Sie können allerdings durch eine etwas geringere Beladung des Wagens ausgeglichen werden.

Die Ergebnisse der Messungen gelten zunächst nur für einen Vergleich zwischen den Reifengrößen 7,00—16 AW und 170—20 AW. Soweit sich die Aussagen auf verhältnismäßig feste Fahrbahnen beziehen, gelten sie auch für den Reifen

6,50—16 AW; dieser hat jedoch eine zu geringe Tragfähigkeit für einen 3-t-Anhänger. Auf den stärker verformbaren Fahrbahnen wird sich der Reifen 6,50—16 AW wegen der geringeren Breite und des geringeren Durchmessers vor allem am voll beladenen 3-t-Anhänger ungünstiger verhalten als der Reifen 7,00—16 AW.

Eine Erweiterung der Aussagen auf die für 4-t-Anhänger in Betracht zu ziehenden Reifen 7,50—16 AW und 190—20 AW ist wohl möglich. Diese Reifen haben bei etwa gleicher Breite Außendurchmesser von 780 bzw. 906 mm, der Unterschied ist also etwa ebenso groß wie bei den untersuchten Reifen 7,00—16 AW und 170—20 AW.

Schrifttum:

- [1] Meyer, H. und Lengsfeld, J.: Untersuchungen der Fahrwiderstände von neuen Laufwerken für Ackerwagen. TidL 14 (1933) Hefte 9, 10 und 11.
- [2] McKibben, E. G. und Davidson J. B.: Transport wheels for agricultural machines. IV. Effect of outside and cross-section diameters on the rolling resistance of pneumatic implement tires. Agricultural Engineering 20 (1940) S. 57—58.
- [3] Stoppel, Th.: Bewährtes und Neues im Ackerwagenbau. Landtechnik 8 (1953) S. 435—442.

Résumé:

Dipl.-Ing. G. Bock:

„Untersuchung der Fahrwiderstände eines 3-t-Ackerwagens mit 16"- und 20"-Reifen.“

Bei der Entscheidung, ob an einem 3-t-Anhänger 16"- oder 20"-Reifen zu verwenden sind, spielt der Fahrwiderstand eine wesentliche Rolle. Auf der einen Seite sprechen für den 16"-Reifen: Kleinerer Anschaffungspreis, niedrigere Ladehöhe, Vereinfachung hinsichtlich der Achsbaukonstruktion, u. U. Austauschbarkeit mit Schleppervorderrädern. Für den 20"-Reifen werden dagegen gehalten: Größere Wirtschaftlichkeit infolge geringeren Fahrwiderstandes und längere Lebensdauer der Lauffläche entsprechend dem größeren Umfang, ferner leichteres „Überklettern“ von Hindernissen. Da nur unsichere Vorstellungen über die Größe des Unterschiedes im Fahrwiderstand bei 16"- und 20"-Reifen herrschten, wurden Messungen auf verschiedenen landwirtschaftlich interessanten Fahrbahnen an einem 3-t-Anhänger mit Reifen 170-20 AW bzw. 7,00-16 AW vorgenommen. Die Unterschiede lagen unter dem bisher angenommenen Ausmaß. Auf trockenen, verhältnismäßig festen Böden waren die beiden verglichenen Reifen praktisch gleichwertig. Die größten Erhöhungen der Fahrwiderstände durch den kleineren Reifen traten auf aufgeweichtem Schmierboden und auf nassem Moor mit 10 % bzw. 13 % auf. Auf den übrigen Fahrbahnen wurden geringere Unterschiede ermittelt. Auf extrem nassen Schmierböden konnten Messungen nicht vorgenommen werden. Im Hinblick auf die Rübenanbaugelände auf schwerem Boden sollen im kommenden Herbst — sofern die Witterung es zuläßt — Messungen bei noch ungünstigeren Bodenzuständen vorgenommen werden, als sie bis jetzt erfaßt werden konnten. — Da die Ergebnisse an einem Ackerwagen hinter einem Schlepper gewonnen wurden, gelten sie auch nur unter der Bedingung des Spurfahrens. Am Pferdezugwagen werden vermutlich etwas höhere Fahrwiderstände und etwas größere Unterschiede in den Fahrwiderständen bei 16"- und 20"-Reifen auftreten, weil hier die Räder der ersten Achse keine Spur vorfinden. — Die strikte Ablehnung des Reifens 7,00-16 AW für den 3-t-Ackerwagen schlechthin ist demnach nicht gerechtfertigt.

Dipl.-Ing. G. Bock: „Investigations on the Rolling Resistance of a Three-ton Agricultural Trailer fitted with 16" and 20" Tyres.“

The rolling resistance of a 3 Ton trailer is an important factor in determining whether the vehicle shall be equipped with 16" or 20" tyres. The smaller tyre has the following advantages: lower first cost, lower loading height, simplification in the design of the bearings, as well as interchangeability with front wheel tyres of tractors. The 20" tyres show greater economy in operation, due to lower rolling resistance, and longer life of the outer cover resulting from the greater diameter and the ability to surmount obstacles easier. As available figures showing the difference in rolling resistance for 16" and 20" tyres were by no means accurate, a series of measurements was made on a 3 Ton trailer fitted with 170-20 AW and 7.00-16 AW tyres, on various typical surfaces to be found in agriculture. The actual differences proved to be less than had been previously assumed. On dry and comparatively hard surfaces both types of tyres had practically the same degree of rolling resistance. The greatest increases in rolling resistance were found when the smaller tyres were used on soft and slippery surfaces and on wet marshy ground. These increases were of the order 10% and 13%. Smaller differences were observed with other types of surfaces. It was found impossible to make any measurements on extremely wet and slippery surfaces. If weather conditions permit, it is proposed to conduct a series of experiments with heavy surfaces during the beet and turnip season of next Autumn, so that measurements under still less favourable surface conditions can be obtained. — Since all results were obtained when using a trailer drawn by a tractor, they are only valid when the trailer runs in the track made by the tractor. It is therefore assumed that slightly higher rolling resistances will be obtained when 16" and 20" tyres are used with horse traction, since, in this case, the front wheels do not run in a track made by the preceding tractor. The condemnation of the use of 7.00-16 AW tyres for 3 Ton agricultural trailers is therefore not borne out by facts.

Dipl.-Ing. G. Bock: «Examen des résistances s'opposant à l'avancement d'une remorque de 3 t, chaussée de pneumatiques de 16" et 20"»

La résistance à l'avancement joue un rôle important quand il y a lieu de décider s'il faut utiliser des pneumatiques de 16" ou de 20" sur une remorque de 3 t. D'une part, les considérations suivantes parlent en faveur du pneumatique de 16": Prix d'achat plus réduit, hauteur de chargement plus basse, simplification de la construction du support d'essieu, éventuellement interchangeabilité avec les roues avant du tracteur. D'autre part, le pneumatique de 20" offre les avantages suivants: Rentabilité plus grande par suite d'une moindre résistance à l'avancement et d'une plus grande durée d'utilisation de la surface de roulement, décollant de la plus grande

circonférence, à noter, en outre le franchissement plus facile des obstacles. Comme on n'a que de vagues notions sur l'importance de la différence des résistances à l'avancement des pneumatiques de 16" et de 20", des mesures sur des chemins agraires intéressants ont été relevées sur une remorque chaussée d'une part de pneumatiques de 170x20 AW et d'autre part de pneumatiques de 7,00x16 AW. Les différences se sont situées en dessous des chiffres présumés jusqu'ici. Sur des sols secs à peu près solides, les deux pneumatiques comparés ont donné des chiffres pratiquement identiques. Les élévations maxima de 10 et de 13 % de la résistance à l'avancement des pneumatiques les plus petits sont intervenues sur un terrain glissant et mouillé et dans les marécages. Sur les autres pistes, des différences minimes ont été constatées. Il n'a pas pu être procédé à des mesures sur des terrains extrêmement mouillés et glissants. Des mesures doivent être relevées en automne prochain, si le temps le permet, sur des terres lourdes, en vue des régions de culture betteravières, et sur des sols encore plus désavantageux que ceux qui ont été étudiés jusqu'ici. — Comme les résultats ont été obtenus avec une remorque tirée par un tracteur, ils ne sont valables que pour un avancement dans la voie tracée par le tracteur. Probablement des résistances plus grandes à l'avancement des pneumatiques de 16 et de 20" se présenteront avec une voiture tirée par des chevaux, et les différences dans les résistances à l'avancement des pneumatiques de 16 et 20" seront plus importantes, car dans ce cas, les roues du premier essieu ne trouveront aucune trace. Il n'est donc pas justifié de renoncer catégoriquement à des pneumatiques de 7x16 pour des remorques de 3 t.

Ingeniero diplomado G. Bock: «Investigación de las resistencias a la tracción en un remolque agrícola con neumáticos de 16" y de 20".»

La decisión en cuanto al empleo de neumáticos de 16" ó de 20" en un remolque agrícola es de bastante importancia para la resistencia a la tracción. Hablan a favor del neumático de 16" las razones siguientes: Precio más reducido, menos altura de la plataforma, construcción más sencilla del caballete de suspensión del eje y, si acaso, la posibilidad del cambio con las ruedas delanteras de un tractor. El neumático de 20", en cambio, tiene las ventajas siguientes: Trabajo más racional en consecuencia de la menor resistencia a la tracción, vida más larga de la cubierta en relación a la circunferencia mayor y más facilidad en vencer obstáculos. Como las apreciaciones en cuanto a la importancia de la diferencia en la resistencia a la tracción de neumáticos de 16" y de 20" son muy vagas, se hicieron mediciones en terrenos de distintas condiciones, todos de interés para la agricultura, con neumáticos 170-20 AW, v. gr. 7,00-16 AW. Las diferencias, sin embargo, resultaron no ser tan grandes como se suponía. En terreno seco y relativamente firme los dos neumáticos comparados dieron resultados prácticamente iguales. Las resistencias a la tracción más grandes se registraron, para el neumático más pequeño, en terreno mojado resbaladizo y pantanoso, subiendo la diferencia al 10, v. gr. 13 %. En las demás superficies las diferencias son de menos importancia. No fué posible hacer ensayos en terreno extremadamente resbaladizo y mojado. En vista del terreno pesado en distritos remolacheros, se procurará seguir las investigaciones en el otoño venidero, si el tiempo lo permite, en terrenos aun más desfavorables que los tratados hasta ahora. — Como las pruebas se hicieron con un remolque enganchado en un tractor, los resultados solo se refieren a la condición de que se siga la huella marcada por éste. Es de suponer que con arrastre caballar las resistencias a la tracción serán algo mayores, aumentando al mismo tiempo la diferencia entre las resistencias, empleándose neumáticos de 16" y de 20", ya que las ruedas del eje delantero no encontrarán la pista preparada. De ahí que no haya razón de rechazar, como regla general, el empleo de neumáticos 7,00-16 AW para remolques agrícolas de 3 to.

Dr.-Ing. H. Jäger und Dipl.-Phys. H. H. Krone:

Zum Entwicklungsstand der Elektrozaungeräte

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Die nach dem zweiten Weltkrieg sprunghaft anwachsende Erzeugung von Elektrozaungeräten machte eine Begrenzung der von diesen Geräten abgegebenen Impulsenergie notwendig. Diese Begrenzung wurde nach oben durch die Sicherheitsvorschriften VDE 0667/52 und 0668/53 und nach unten durch die Gebrauchswertprüfungen der DLG geschaffen. Heute scheint ein vorläufiger Abschluß der technischen Entwicklung erreicht zu sein. Im Interesse aller beteiligten Kreise ist zu hoffen, daß die Typenzahl weiter verringert wird, damit größere Fertigungszahlen rationellere Herstellungsverfahren erlauben.

Völlig neue Entwicklungstendenzen kann man aber nur von einer Vertiefung der Grundlagenforschung erwarten. Hierher gehören vor allem Tierversuche, um Klarheit über die untere Reizschwelle und die tödliche Dosis für die Wirkung elektrischer Ströme zu erhalten. Der Einfluß elektrischer Spannungen, Ströme, Strommengen, Stromenergie, Frequenzen und der Einwirkungsdauer auf die physiologische und psychologische Reaktion am Lebewesen ist bisher nicht ausreichend bekannt. An solchen Versuchen ist nicht nur die Elektrozauntechnik interessiert, sondern auch die Humanmedizin, die Tiermedizin und die Gerichtsmedizin. Es ist dies also eine gemeinsame Aufgabe für Industrie, Landwirtschaft, Berufsgenossenschaften, Sachversicherer und Behörden. Die Forderung nach solchen Tierversuchen wird von all diesen Kreisen seit langem erhoben. Es ist zu hoffen, daß auch die Finanzierung einmal möglich wird.

Ohne eine Vertiefung der Grundlagenkenntnisse und der Meßtechnik ist in den nächsten Jahren mit einem Stillstand der Elektrozauntechnik zu rechnen. Es scheint deshalb berechtigt, hier in großen Zügen einen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik zu geben. Dabei werden in erster Linie die seit 1950 gesammelten Ergebnisse der technischen Gebrauchswertprüfungen berücksichtigt.

Typische Merkmale heutiger Elektrozaungeräte

Die heute auf dem Markt vorhandenen Elektrozaungeräte lassen sich nach folgendem Schema ordnen:

1. Netzgeräte

- Wechselstromgeräte
- Kondensatorgeräte
- Sammelgeräte
- induktive Geräte

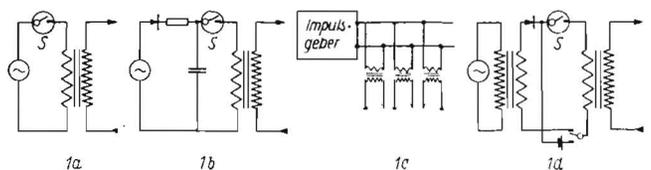


Abb. 1: Prinzipschaltungen für Netzgeräte

2. Batteriegeräte

- induktive Geräte
- Kondensatorgeräte
- selbstausslösende Geräte

In den Abbildungen 1 und 2 sind die Prinzipschaltungen der gebräuchlichen Geräte unter Fortlassung aller Einzelheiten, insbesondere der oft schwierigen Mittel zur Rundfunkentstörung dargestellt.

Alle Geräte benutzen auf der Ausgangsseite einen Hochspannungstransformator. Er hat heute durchweg einen geschlossenen Kern mit kleinem Luftspalt. Der früher oft verwendete offene Kern nach dem Prinzip der Zündspule ist fast völlig vom Markt verschwunden, weil er sich wegen der damit erzeugten steilen Impulsflanke und seinem schlechten Wirkungsgrad für die Elektrozauntechnik nicht bewährt hat. Über die Primärseite der Hochspannungstransformatoren wird etwa jede Sekunde durch kurzes Schließen des Schalters „S“ ein Stromstoß geschickt. Bei den Geräten nach 1a) und 2a) wird dieser Stromstoß unmittelbar der Stromquelle entnommen. Die Geräte 1b), 2b) und 2c) entnehmen den Primäripuls einem während der Impulspause aufgeladenen Kondensator. Unter induktiven Netzgeräten (1d) sollen solche verstanden werden, die zunächst mit einem Transformator die Netzspannung auf 6 bis 24 Volt herabsetzen, danach gleichrichten und dann erst der Primärwicklung des Hoch-

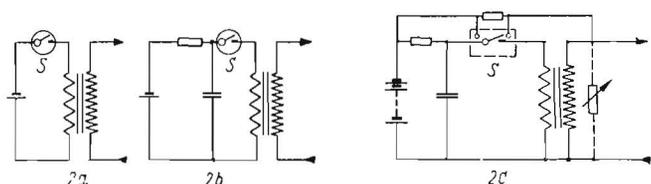


Abb. 2: Prinzipschaltungen für Batteriegeräte