

Ladelast und Federung der luftbereiften Ackerwagen

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung der FAL Braunschweig-Völkenrode

Die luftbereiften Ackerwagen werden in allen Baugrößen mit und ohne Fahrgestellfederung gebaut und geliefert. Bei dem verhältnismäßig hohen Preis der Plattformwagen fragt sich mancher Käufer, ob er sich den um 10 bis 15 % teureren Wagen mit Fahrgestellfederung anschaffen soll oder ob für ihn ein einfacher, ungefederter Wagen nicht ebenso gute Dienste leistet. Es wird deshalb im Folgenden auseinandergesetzt, ob und unter welchen Verhältnissen ein Ackerwagen gefedert sein muß und — was insbesondere den Konstrukteur interessieren wird — wie er gefedert sein muß.

Die Fahrgestellfederung der Ackerwagen hat ihre Vorzüge und Nachteile. Zu den Vorzügen gehört die Schonung der Reifen und des Fahrgestelles bei Vollast und bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit, das ruhige, stoßfreie Fahren bei Teil- und Vollast und die Verbesserung der Geländegängigkeit. Der höhere Anschaffungspreis wurde als Nachteil bereits genannt. Die Federung macht sich bei hohen Erntefahren oft unangenehm bemerkbar, da diese auf den üblichen, unebenen Fahrbahnen auf dem Lande leicht in Seitenschwüngen geraten, was zu einem teilweisen Abrutschen des Fuders oder gar zum Umkippen des Wagens führen kann. Dasselbe kann beim Fahren am Hang eintreten, wenn sich durch die Hanglage die Federung einseitig zusammendrückt. Da Erntefahren meist nur mit $\frac{2}{3}$ der Nutzlast ausgeladen werden können und zudem mit mäßiger Geschwindigkeit gefahren werden, so ist gegen ein Festlegen der Federung in diesen Fällen nichts einzuwenden (Abb. 1).

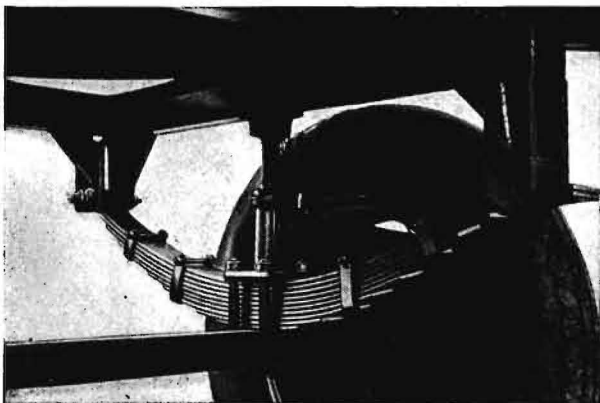


Abb. 1: Halb elliptische Feder mit Feststellschraubspindel für das Fahren am Hang und mit hohen Erntefahren (Bauart Blumhardt)

Wenn man die Landwirte nach ihren Wünschen hinsichtlich der Federung fragt, so wird neben der Abstellung der vorerwähnten Nachteile hauptsächlich der Wunsch nach einer möglichst weichen Federung des Wagens bei Halblast und darunter hervorgehoben. Wenn die Fahrer zum Leutetransport immer wieder den gefederten Wagen nehmen, sofern sie die Wahl haben, so ist das ein deutlicher Hinweis.

Gefederte Wagen bauen sich im allgemeinen höher als die ungefederten, da der Federweg beim Bau des Fahrgestelles berücksichtigt werden muß. Das macht sich besonders bei den Wagen mit größerer Nutzlast unangenehm bemerkbar, da dort die Federwege und die Reifendurchmesser besonders groß sind und die zur Norm vorgeschlagene Ladehöhe¹⁾ nur unter Beachtung aller konstruktiven Vorteile nicht überschritten wird. Dazu gehört vor allem auch, die Weichheit der Federung auf die Verhältnisse, wie sie beim Ackerwagen vorliegen, abzustimmen. Die Federungen von Straßenanhängern können nicht einfach auf Ackerwagen gleicher Tragfähigkeit übertragen werden, weil die Lastwagenanhänger

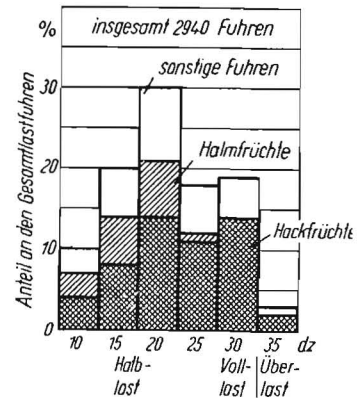


Abb. 2: Größe und Verteilung der Ladelasten in 18 Betrieben am Beispiel des 3 t Ackerwagens

mit anderen Reifen, insbesondere mit höherem Reifeninnen- druck, größerer Geschwindigkeit und meist auf besseren Fahrbahnen als die Ackerwagen gefahren werden.

Nachstehend wird nun neben der eigentlichen Fahrgestell- federung auch die Reifenfederung, die bei den unge- federten Wagen ja allein wirksam ist, behandelt. Bei der Festlegung einer Federung muß die Größe der Ladelast, also der abzufedernden Masse, bekannt sein. Es wird deshalb den Betrachtungen über die Reifen- und die Fahrgestellfe- derung eine Betrachtung über die Ladelast der Wagen in Abhängigkeit von den verschiedenen landwirtschaftlichen Ladegütern vorangestellt.

Ladelast

Aus den Fahrtenbüchern, die aus Anlaß der DLG-Vergleichs- prüfung luftbereifter Ackerwagen von den Prüfbetrieben ge- führt wurden, geht hervor, daß die volle Ladefähigkeit der Wagen nur in etwa 20 % aller Lastfahrten ausgenutzt wurde und dies hauptsächlich nur während der Hackfruchternte (Abb. 2). In diesem Bild sind von 18 Prüfbetrieben und eben- soviele 3 t Wagen die Lastfahrten, die vom Frühjahr bis Dezember des betreffenden Jahres ausgeführt worden sind, statistisch zusammengefaßt und die Verteilung der praktisch vorgekommenen Ladelasten der insgesamt 2940 Lastfahrten dargestellt. Wie aus den Fahrtenbüchern hervorgeht, kommt auf jede Lastfahrt eine Leerfahrt von derselben Weglänge; nur in relativ seltenen Fällen wurden auf der Hin- und Rückfahrt Lasten (meist Leutetransport) befördert.

Bei 50 % aller Fahrten wurde nur mit Halblast (15 bis 20 dz) gefahren. In Gebieten mit weniger Hackfruchtanbau kann dieser Anteil noch größer sein. Voll ausgeladen sind die Wagen im allgemeinen beim Transport von Erde, Sand, Kies, Steinen, Kohle, Kunstdünger und Kalk (Abb. 3) und bei Rüben. Bei Rüben sind die Wagen um so eher voll ausge- laden, je größer die Schmutzprozentage sind; bei Kartoffeln dagegen nur, wenn sie in Säcken verladen werden. Werden die Kartoffeln lose in Mieten gefahren, so werden nur 15 bis höchstens 20 dz geladen. Obwohl die Wagen mit Stallmist voll ausgeladen und, wie das Bild zeigt, auch überladen werden können, so wurden meist nur 15 bis 25 dz geladen, was mit den Schwierigkeiten beim Be- und Entladen zusam- menhängen dürfte.

Bei Getreidekorn werden meist 20 dz geladen, was einer Ausladung der Plattform mit gestellten 75 kg-Säcken ent- spricht. Werden Säcke außerdem quer darüber gelegt, so können auch 25 und 30 dz geladen werden. Von Getreide in Garben können je nach Getreideart 15 bis 20 dz je Fuder geladen werden; loses Getreide und Stroh 10 bis 15 dz.

¹⁾ Beitrag zur Normung der Wagenaufbauten (DIN 11 741). Landtechnik 7 (1952) Heft 6, S. 168/169.

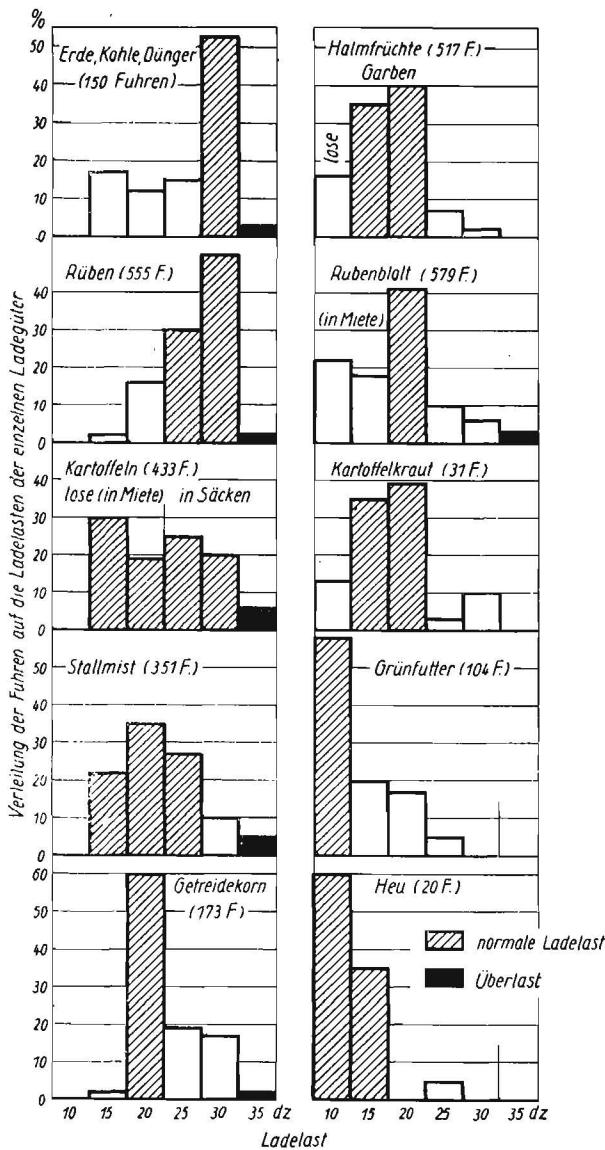


Abb. 3: GröÙe und Verteilung der Ladelasten bei den einzelnen Transportgütern

Bei Rübenblatt beträgt die normale Ladelast 20 dz; wird das Rübenblatt auf dem Acker in Mieten gefahren, ladet man nicht so voll und fährt lieber öfters. Bei Grünfutter werden je nach dem täglichen Futterbedarf nur 7 bis 10 dz geladen, es kommen jedoch auch Fahren mit 15, 20 und 25 dz vor. Bei Heu scheint die normale Ladelast 10 bis 15 dz zu sein; es liegen aber nur für 20 Heufahren Gewichtsangaben vor, so daß in diesen Werten keine allzu große Sicherheit liegt. 3% aller Lastfahren wurden nach Abbildung 2 mit ca. 15% Überlast (35 dz) gefahren. Die Gefahr der Überladung ist hauptsächlich in der Hackfruchternte (Rüben mit viel anhaftender Erde, Kartoffeln in Säcken, nasses Rübenblatt) gegeben, aber auch bei Kies, Kohle und Mauersteinen wird leicht die zulässige Ladelast überschritten.

Was hier am Beispiel des 3 t Wagens gezeigt wurde, gilt sinngemäß auch für den 4 und 5 t Wagen. Die Viertel- und Halblastfahrten machen etwa 60% der Gesamtlastfahren aus; schließt man die Leerfahrten mit ein, so machen Leer-, Viertel- und Halblastfahrten sogar 80% der Gesamtfahren aus. Man erkennt daran, wie wichtig es ist, bei der Federung der Ackerwagen nicht nur von der Vollast auszugehen, sondern gerade auch bei Teillast für eine gute, das heißt weiche Federung Sorge zu tragen. Da aber eine weiche Federung bei Vollast zu großen Federwegen und damit großer Ladehöhe führt, so setzt sich immer mehr die progressiv wirkende Federung, die bei Teillast weich und mit größer werdender Ladelast immer härter anspricht, durch.

Die Federung der Luftreifen

Gegenüber den althergebrachten eisenbereiften Ackerwagen brachte der Luftreifen des modernen Plattformwagens neben der Verringerung des Fahrwiderstandes auch seine vorzüglichen elastischen Eigenschaften mit, die bewirken, daß die Fahrstöße infolge der Fahrbahnebenheiten bereits an der Berührungsstelle zwischen Rad und Boden abgefangen beziehungsweise gemildert werden. Dabei muß man zwischen der statischen und dynamischen Wirkung der Reifenelastizität unterscheiden.

Die statische Wirkung kann man schon bei ganz langsamem Fahren über ein örtlich begrenztes Hindernis, z. B. einem etwas erhöhten Pflastersteinkopf, beobachten. Der Luftreifen paßt sich diesem Hindernis an und bettet es ein, so daß das Rad beim Darüberrollen nur einen Bruchteil der Hindernishöhe angehoben wird. Der Luftreifen läßt also — im Gegensatz zum starren Reifen — das Hindernis auf das Rad bzw. die Radachse gar nicht in voller Höhe zur Wirkung kommen, sondern „verschluckt“ einen Teil durch örtliches Nachgeben seiner Oberfläche. Das wirkt sich äußerst günstig sowohl auf die Zugkraft als auf die Erschütterungen des Wagens beim Fahren aus.

Von dieser „statischen“ Wirkung des Reifens unterscheidet man seine dynamische (Feder-) Wirkung bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit. Ausgedehntere Fahrbahnebenheiten, die der Reifen nicht „verschlucken“ kann, bewirken beim raschen Fahren Beschleunigungen des Rades und damit der Last senkrecht zur Fahrbahn, die um so größer sind, je größer die Fahrgeschwindigkeit und je höher die Bodenebenheiten sind. Die Raddrücke, die diesen Beschleunigungen proportional sind, können dabei bei Wagen mit eisenbereiften Rädern auf das 6- und mehrfache der ruhenden Last ansteigen, während sie bei luftbereiften Wagen infolge der statischen und der federnden Wirkung der Luftreifen nur das 3- bis 4-fache der ruhenden Last betragen (Abb. 4). Die vorstehenden Stoßfaktoren sind — das muß hier besonders betont werden — gemessene Höchstwerte für Geschwindigkeiten bis 16 km/h und eine ausgesucht schlechte Fahrbahn²⁾.

Bei dem eisenbereiften Wagen treten unter diesen Verhältnissen schon bei 5 km/h Fahrgeschwindigkeit Einbeulungen der Radfelgen und starke Erschütterungen des Fahrgestelles auf, so daß dieser Wagen auf Holperpflaster allerhöchstens mit 4 km/h (Pferdezug) eingesetzt werden kann. Erfahrungsgemäß lösen sich auch die eisenbereiften Ackerwagen hinter dem Schlepper schnell in ihre Bestandteile auf. Die Stoßkräfte des luftbereiften Ackerwagens sind dagegen wesentlich geringer, so daß mit ihm hinter dem Schlepper 8, 12 und 16 km/h gefahren werden können. Die Frage ist nur, wie hoch man mit der Geschwindigkeit gehen darf, ohne die zulässigen Beanspruchungen der Luftreifen zu überschreiten und deren inneren Aufbau zu zerstören.

²⁾ Gesetze des Fahrens und der Konstruktion für Ackerwagen. Z. VDI 94 (1952) S. 211.

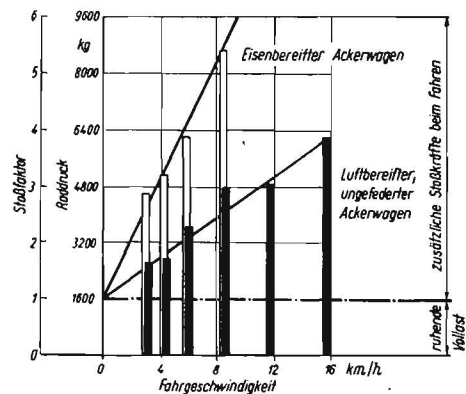


Abb. 4: Einfluß der Bereifung auf die Stoßkräfte bei verschiedener Fahrgeschwindigkeit am Beispiel zweier mit Sand beladener 5 t Ackerwagen. Stoßfaktor I = statische Vollast

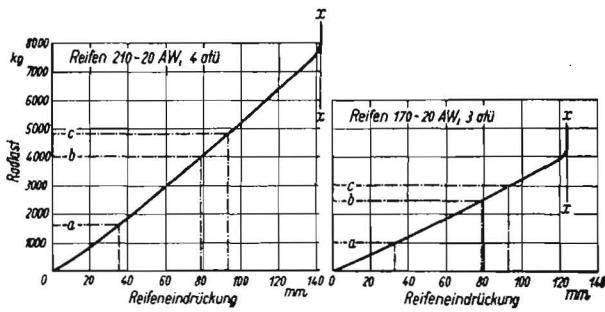


Abb. 5: Federkennlinien von Ackerwagenreifen
 Reifen 210—20 AW für 5 t-Wagen. $c = \text{rd. } 570 \text{ kg/cm}$
 Reifen 170—20 AW für 3 t-Wagen. $c = \text{rd. } 330 \text{ kg/cm}$
 x—x Reifenkarkasse liegt auf Felgenhorn auf
 a statisch zulässige Ladlast
 b Radlast bei Stoßfaktor 2,5
 c Radlast bei Stoßfaktor 3

Die Federkennlinien der Reifen (Abb. 5) geben uns darauf keine unmittelbare Auskunft. Sie zeigen, daß die Eindrückung (Abplattung) der Reifen mit der Last annähernd proportional zunimmt. Bis zur Auflage der Karkasse auf dem Felgenhorn, bis zu der die Eichung nach dem Eichbild durchgeführt wurde, darf natürlich im praktischen Betrieb die Stoßbelastung nicht ansteigen. Nach Angaben der Reifenhersteller dürfen aber die beim Fahren auftretenden maximalen Stoßbelastungen das 2,5- bis 3-fache der statischen Ladlast betragen.

Geht man mit diesen zulässigen Stoßfaktoren wieder in Abbildung 4, so kann man diesem entnehmen, daß man auf schlechter Fahrbahn mit dem luftbereiften, ungefederten Ackerwagen bis etwa 12 km/h Geschwindigkeit fahren darf. Auf besserer Fahrbahn kann die Geschwindigkeit selbstverständlich größer sein, jedes unbeachtete Schlagloch kann dann aber dem Reifen zum Verhängnis werden.

Damit zeichnet sich die Grenze ab, bei der ein vollbeladener Ackerwagen eine zusätzliche Fahrgestellfederung haben muß, nämlich immer dann, wenn der Wagen schneller als 12 km/h gefahren wird; sie empfiehlt sich aber auch bei niedriger Geschwindigkeit, wenn viel mit Vollast (Rüben, Kartoffeln, Kohlen, Kies u. dgl. m.) auf längeren Strecken gefahren wird. Im reinen Gespannzug kann man auf die zusätzliche Fahrgestellfederung im allgemeinen verzichten.

Das Gesagte bezieht sich auf die heute gelieferten Ackerwagenreifen mit dem listenmäßigen Luftdruck. Wie weit die Grenze der Notwendigkeit einer zusätzlichen Fahrgestellfederung durch weichere Reifen mit noch besseren Feder-eigenschaften heraufgesetzt werden kann, ist eine Frage der weiteren Entwicklung.

Fahrgestellfederung

Zu den Vorzügen der Fahrgestellfederung gehört, wie bereits erwähnt, die Schonung der Reifen und des Fahrgestelles bei Vollast und bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit und das ruhigere, stoßfreie Fahren bei Teillast. Der Hauptvorteil, die

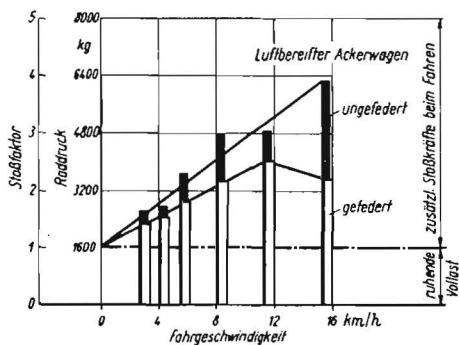


Abb. 6: Einfluß der Fahrgestellfederung auf die Stoßkräfte bei verschiedener Fahrgeschwindigkeit bei zwei mit 5 t Sand beladenen, luftbereiften Ackerwagen
 Stoßfaktor 1 = statische Vollast

Herabsetzung der Stoßkräfte, geht aus Abbildung 6 hervor; während die Stoßkräfte bei dem ungefederten, luftbereiften Wagen noch bis auf das 4-fache der statischen Vorlast ansteigen, betragen sie bei zusätzlicher Fahrgestellfederung höchstens das 2,5-fache, das heißt, die Fahrgeschwindigkeit kann unbedenklich bis auf die untersuchte Geschwindigkeit von 16 km/h gesteigert werden. Auch bei diesem Versuch waren wie in Abbildung 4 die Wagen mit der vollen zulässigen Ladlast (5 t Sand) ausgeladen. Die Fahrgestellfederung hatte dieselbe Weichheit wie die Reifen, so daß der Anstieg der Federkennlinien im Gebiet der Vollast bei Fahrgestellfederung und Reifen etwa derselbe war. Entscheidend für die Federwirkung ist ja der Anstieg der Kennlinie, also der Zuwachs des Federwiderstandes je cm Federweg, in dem zur Frage stehenden Lastbereich. Der Lastbereich für ein Rad bzw. eine Feder eines 5 t Wagens ist

	statisch	dynamisch
bei Vollast	etwa 1500	bis 3800 kg
„ Halblast	750	2000 kg
„ Viertellast	400	1000 kg.

Die Versuche ergaben als Faustregel, daß im Gebiet der Vollast die Steifigkeit der Fahrgestellfederung in erster Annäherung etwa gleich der des entsprechenden Reifens sein soll, um die gewünschte Herabsetzung der Stoßkräfte zu erreichen. Bei einer größeren Weichheit werden die Federwege und die damit zusammenhängenden Nachteile zu groß, bei einer größeren Steifigkeit ist die Herabsetzung der Stoßkräfte zu gering.

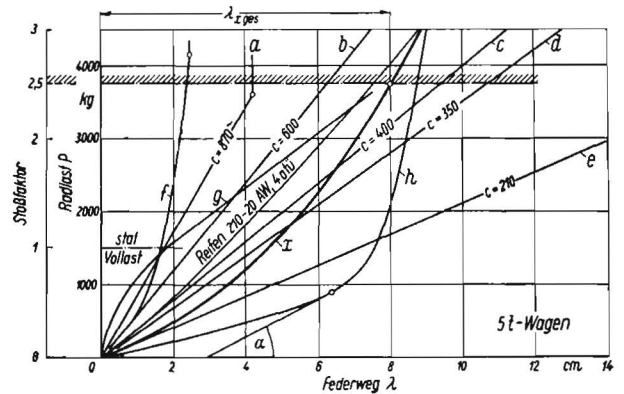


Abb. 7: Federkennlinien ausgeführter Ackerwagenfederungen für 5 t Nutzlast (dargestellt für eine der 4 Federn)
 Die Federkennzahl c in kg/cm ist für die Federn mit linearer Kennung an die Kennlinie angeschrieben. Bei den gekrümmten Kennlinien ist für jeden Punkt $c = dP/d\lambda = k \cdot tg \alpha$
 a Schraubenfeder
 b Torsionsstabfeder (nach Abb. 15)
 c, d, e Halbelliptikfederung (nach Abb. 1)
 (Feder d zur Normung vorgeschlagen)
 f Gummipuffer
 g Halbelliptikfederung (nach Abb. 9)
 h Torsionsstabfeder (nach Abb. 16)
 x Federung mit linearer Progression (s. a. Abb. 8)

Wenn nun im Gebiet der Vollast die Hauptaufgabe der Fahrgestellfederung die Herabsetzung der Stoß- bzw. Beschleunigungskräfte und damit der Beanspruchungen von Reifen und Fahrgestell ist, so steht im Gebiet der Teillast die Herabsetzung der senkrechten Beschleunigungen selbst, oder anders ausgedrückt, die Verringerung der Erschütterungen, denen Mitfahrende und Ladegut ausgesetzt sind, im Vordergrund. Unter denselben Straßenverhältnissen und derselben Fahrgeschwindigkeit muß deshalb die Federung bei Teillast wesentlich weicher sein als bei Vollast, wenn der Wagen bei Teillast oder gar im leeren Zustand ebenso ruhig fahren soll wie bei Vollast. Das erreicht man mit einer progressiv wirkenden Federung, die bei Teillast weich und bei Vollast härter anspricht.

In Abbildung 7 sind die Federkennlinien (Radlast—Federweg) von einigen ausgeführten 5 t Ackerwagenfederungen einander gegenübergestellt. Es fällt auf den ersten Blick die große

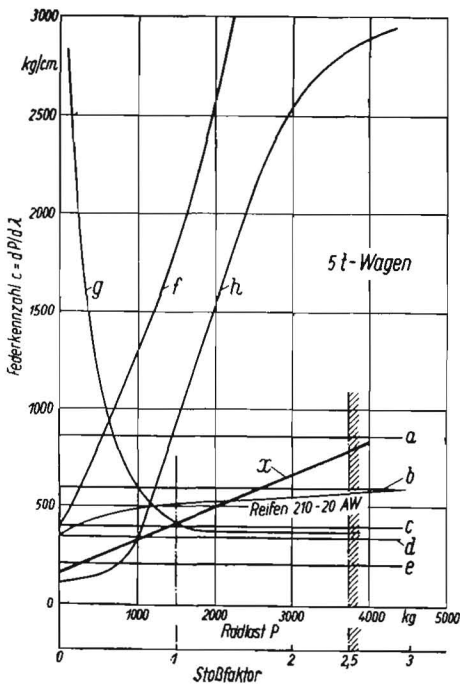


Abb. 8: Federkennzahl c in Abhängigkeit von der Radlast für die Federungen in Abbildung 7
 Federn a bis e, einfach wirkend
 Federn f und h, progressiv wirkend
 Feder g mit negativer Progression (Degression)
 Feder x, Idealfall mit linearer Progression

Verschiedenheit der Charakteristiken auf. Die Federungen a bis e haben eine geradlinige Kennung: Über den ganzen Belastungsbereich bewirkt eine jede gleich große Belastungszunahme eine gleich große Zunahme des Federweges. Man kann bei diesen Federungen das Verhältnis $\Delta P/\Delta \lambda$ durch einen Zahlenwert c [kg/cm] ausdrücken, der über den ganzen Lastbereich konstant ist. Je größer die Kennzahl c ist, um so steifer ist demnach die Federung. Bei diesen Federungen liegt c zwischen 210 und 870 kg/cm.

Die Federungen f bis h haben gekrümmte Kennlinien. Bei ihnen ändert sich die Kennzahl c mit der Steigung der Tangenten an die Kurven. Es ist $c = dP/d\lambda = k \cdot \tan \alpha$ (wobei k ein konstanter Wert ist, der von den gewählten Ordinatenmaßstäben abhängt). Im Gegensatz zu den Federungen a bis e mit linearer Kennung haben die Federungen f und h eine progressive Wirkung, d. h. sie werden mit zunehmender Radlast steifer. Dagegen ist die Federung g degressiv, d. h. sie wird mit zunehmender Last weicher.

Zur kritischen Betrachtung der Federungen wurde nun durch Differenzieren der Federkennlinien in Abbildung 7 die Darstellung in Abbildung 8 gewonnen, in der die Federkennzahl in Abhängigkeit von der Radlast gezeigt wird. Die Federungen a bis e mit linearer Kennung haben über den ganzen Lastbereich ein konstantes c , während bei den Federungen f und h mit progressiver Kennung mit wachsender Belastung die Kennzahl c größer wird. Bei der Federung g, auf die noch besonders eingegangen wird, fällt dagegen c mit größer werdender Last.

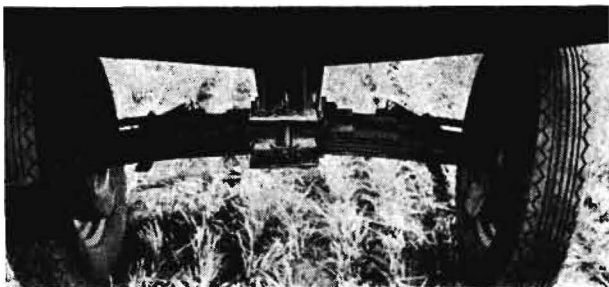


Abb. 9: Querliegende Halb elliptikfederung, die zugleich die Aufgaben der Achse übernimmt

Bei den Reifen 210—20 AW (für 5 t Wagen) liegt in dem Hauptlastbereich (1000 bis 3800 kg) die Federkennzahl c zwischen 500 und 600 kg/cm (Abb. 8). Die bei den Fahrversuchen nach Abbildung 6 untersuchte Fahrgestellfederung hatte die, wie bereits erwähnt, fast gleich große Kennzahl $c = 600$ kg/cm (Kurve b) über den ganzen Lastbereich. Läßt man die Weichheit dieser Federung für den vollbeladenen 5 t Wagen als genügend groß der folgenden Betrachtung zu Grunde (die Stoßfaktoren wurden durch diese Federung nach Abb. 6 von 4 auf 2,5 vermindert), so ist zu den anderen Federungen in Abbildung 8 folgendes zu sagen:

Im Gebiet der Vollast (1500 bis 3800 kg) ist die Gummipufferfederung f und die Torsionsstabfederung h viel zu steif und daher praktisch ohne Wirkung; beide Federungen lassen keine Stoßminderung in diesem Bereich erwarten. Andererseits ist im Gebiet der Vollast die Halb elliptikfederung e unnötig weich ($c = 210$ kg/cm), was zu unangenehm großen Federwegen (Abb. 7) führt.

Im Gebiet der Teillast (bis etwa 2000 kg) müßte die Federkennzahl kleiner als die der im Fahrversuch untersuchten Federung b sein (also < 600 kg/cm); diese Forderung erfüllen im Teillastgebiet einigermaßen die Halb elliptikfedern c, d und e ($c = 210$ bis 400 kg/cm), während die Torsionsstabfederung h über 1200 kg schon viel zu steif ist. Die Gummipufferfederung f ist auch bei Teillast völlig ungeeignet. Die Schraubenfederung a und die Torsionsstabfederung b mit konstanter Federkennzahl sind im Teillastgebiet zu steif. Die Halb elliptikfederung g zeigt eine negative Progression, d. h. die Federung ist bei Teillast sehr steif und wird mit zunehmender Last immer weicher. Es handelt sich dabei um querliegende Halb elliptikfedern nach Abbildung 9 mit von Hause

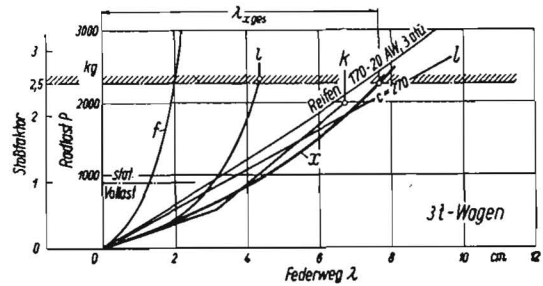


Abb. 10:
 Federkennlinien ausgeführter Ackerwagenfederungen für 3 t Nutzlast
 f Gummipuffer
 i Gummifederung (nach Abb. 12)
 k hintereinandergeschaltete Schraubenfedern (nach Abb. 13)
 l Halb elliptikfederung (nach Abb. 1)
 x Federung mit linearer Progression (s. a. Abb. 11)

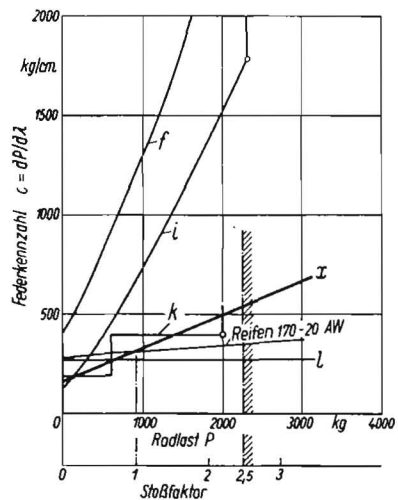


Abb. 11: Federkennzahl c in Abhängigkeit von der Radlast für die Federungen in Abbildung 10
 Feder l, einfach wirkend
 Feder f und i, progressiv wirkend
 Feder k, mit stufenförmiger Progression
 Feder x, Idealfall mit linearer Progression

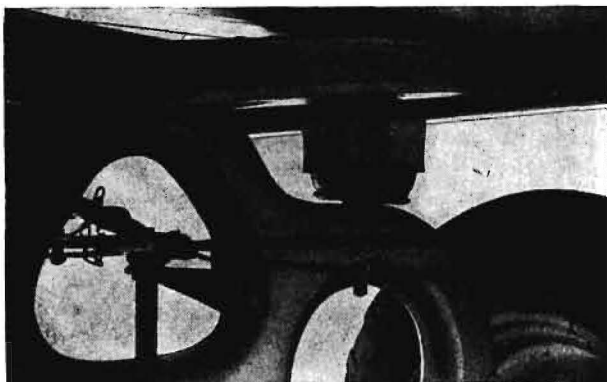


Abb. 12:

Progressive Gummipufferfederung mit Hebelübersetzung (Bauart Deula)

aus linearer Kennung, bei denen sich aber mit zunehmender Belastung u. a. die Spurweite und damit der wirksame Hebelarm der Radlast vergrößert. Wegen der sich dadurch ergebenden negativen Progression ist diese Federung für Ackerwagen ungeeignet.

Als Idealfall ist in Abbildung 8 die Linie x mit über den ganzen Lastbereich gleichmäßig wachsender Federkennzahl (lineare Progression) eingezeichnet. In Abbildung 7 übertragen, ergibt sich (durch Integration) eine parabelförmige Federkennlinie x, wobei als Gesamtfederweg (Vollast und Stoßfaktor 2,5) $\lambda_{ges} = 8$ cm gewählt wurde.

Wählt man $\lambda_{ges} = 6$ cm, so wird die Federung bei derselben Progression im ganzen steifer, wählt man $\lambda_{ges} = 10$ cm, so wird sie bei derselben Progression im ganzen weicher.

Zu Abbildung 8 läßt sich zusammenfassend sagen: Je weniger geneigt die Linie x ist, um so schwächer ist die Progression (im Grenzfall, wenn x horizontal ist, ist die Progression gleich Null); oder anders ausgedrückt: Je steiler die Linie x ist, um so weicher ist die Federung im Teillastgebiet im Verhältnis zum Vollastgebiet. Die absolute Größe der Steifigkeit hängt vom Mittelwert der Kennzahl der Linie x und dem in Abbildung 7 gewählten (bzw. nach anderen Gesichtspunkten zulässigen) Gesamtfederweg λ_{ges}

ab. Je größer dieser Mittelwert c_m und je kleiner λ_{ges} , um so steifer ist die Federung im gesamten.

Sinngemäß gilt das Vorstehende auch für die in den Abbildungen 10 und 11 gezeigten Federungen ausgeführter 3 t-Ackerwagen. In Abbildung 11 ist dieselbe Linie x für die Kennzahl c eingetragen und damit dieselbe Progression gewählt worden wie in Abbildung 8; bei den 3 t-Wagen wird die Linie x allerdings nur in dem Lastbereich bis 2300 kg benötigt.

Auch für diesen Wagen ist die Gummipufferfeder bei unmittelbarem Einbau zu steif. Die Siegener Eisenbahnbedarf A.G. hat diese Federung in ihrem neuesten Wagen durch ein zweckentsprechendes Hebelwerk (Abb. 12) wesentlich verbessert (Federung i).

Bruns hat mit der Teleskopfederung (Abb. 13) durch zwei hintereinander geschaltete Schraubenfedern verschieden großer Weichheit ($c = 360$ und 410 kg/cm) eine stufenförmige Progression (Feder k in Abb. 11) erreicht, die im Teillastgebiet eine konstante Steifigkeit von $c = 190$ kg/cm und im Vollastgebiet eine ebensolche von 410 kg/cm hat und damit in der Größenordnung dem in der Linie x gekennzeichneten Idealfall nahekommt.

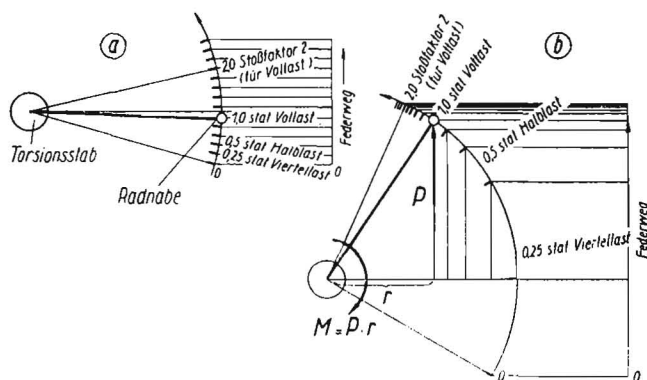


Abb. 16: Torsionsstabfederung mit annähernd linearer (a) und progressiver (b) Kennung

Die progressive Wirkung tritt durch Verkürzung des Hebelarmes r bei größer werdender Radlast ein

Es wäre zu empfehlen, die zur Normung vorgeschlagenen Halbelliptikfedern (Feder d in Abb. 7 und Feder l in Abb. 10) progressiv nach Abbildung 14 zu gestalten.

Wie sich die Halbelliptikfedern und Schraubenfedern (Bruns) sowohl mit linearer als auch mit progressiver Kennung ausführen lassen, so auch die Torsionsstabfederung (Abb. 15), die z. B. durch entsprechende Anordnung des Schwinghebels (Abb. 16) einfach oder progressiv wirkend gebaut werden kann. Die progressive Wirkung tritt hierbei durch Verkürzung des wirksamen Hebelarmes der Radschwinge mit größer werdender Radlast ein.

Die Wahl der Federbauart richtet sich meist nach den konstruktiven Gegebenheiten des Fahrgestelles. In dem einen Fahrgestell lassen sich keine Torsionsfedern unterbringen, in einem anderen keine Halbelliptik- oder Schraubenfedern. Bauarten, die schwingungsdämpfend sind, sind in jedem Fall den freischwingenden Systemen vorzuziehen. Eine Federung mit progressiver Kennung ist bei Ackerwagen immer vorteilhaft und wünschenswert, da, wie gezeigt wurde, die Ackerwagen sehr oft nur mit einer teilweisen Ausladung gefahren werden und gerade dann eine zu steife bzw. gar keine Federung besonders unangenehm empfunden wird.

Es wurde gezeigt, daß bei Geschwindigkeiten über 12 km/h eine Federung zur Schonung von Reifen und Fahrgestell notwendig ist; bei Geschwindigkeiten darunter ist eine Federung immer dann am Platze, wenn der Wagen viel mit Vollast auf größeren Strecken gefahren wird. Es gibt aber auch Fälle, bei denen bei Teillast nicht aus Gründen der Haltbarkeit des Wagens, sondern zur Schonung von empfindlichem Ladegut, z. B. Milchflaschen, Leutetransport und dergleichen eine zusätzliche Fahrgestellfederung notwendig wird.

DK 631.373.2.001

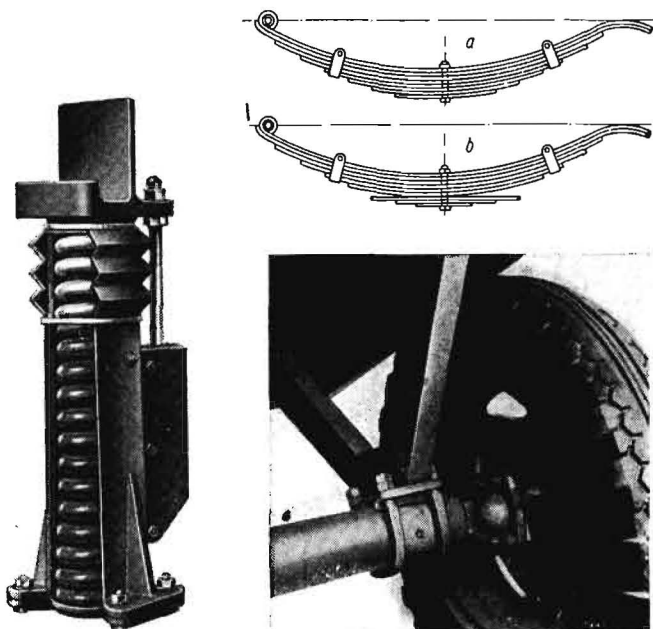


Abb. 13 (links):

Teleskopfederung mit stufenförmiger Progression (Bauart Bruns)

Abb. 14 (rechts oben):

Halbelliptikfedern mit linearer (a) und progressiver (b) Kennung

Abb. 15 (rechts unten):

Torsionsstabfederung mit Schwinghebel (Bauart Lindner)

Résumé:

Obering. Th. Stroppel: "Loading and Springing of Pneumatic Tyred Field Carts."

The choice of springing depends mainly on the design requirements of the frame. One kind of frame does not allow small torsion springs to be employed, whilst semi-elliptical or coil springs cannot be employed with another type of framing. Methods of construction which permit of dampening vibrations are in every case preferable to freely vibrating methods. A system of springing which employs progressive loading is always advantageous and desirable for field carts, as they frequently are only partially loaded, and, just at that time, too stiff a spring or even no springing at all, is particularly uncomfortable.

It is shown that at speeds of over 12 Km. per hour (7.5 m.p.h.), some form of springing is essential for the protection of the tyres and the frame. Springing of the cart is also desirable when it is hauled fully loaded over long distances at speeds below this figure. Cases also arise where some form of springing is essential, not only for the protection of the frame, but also for protection of the load, e. g., when personnel or milk cans are being carried. In such cases some form of supplementary springing is necessary.

*

Obering. Th. Stroppel: «Charge et suspension des véhicules montés sur pneus agraires.»

Le choix du genre de ressorts est généralement guidé par la construction du châssis. Sur l'un, des ressorts de torsion ne peuvent pas être montés, sur l'autre, aucun ressort à demipincette ou à boudin ne convient. Dans tous les cas, des constructions qui amortissent les chocs sont préférables à celles non amorties. Une suspension des véhicules agraires, à effets progressifs, est toujours intéressante et souhaitable, car, ainsi que l'exposé le montre, ces

véhicules sont très souvent chargés partiellement, et, dans ces cas, une suspension trop rigide ou même inexistante est absolument désagréable.

L'auteur constate que lors de vitesses dépassant 12 km/h., une suspension est nécessaire pour épargner les pneus et le châssis. Mais à des vitesses inférieure, elle est toujours souhaitable si le véhicule circule souvent à pleine charge sur de grands parcours. Cependant, il existe aussi des cas pour lesquels, avec des charges partielles, il est nécessaire que le châssis soit suspendu, non pas en raison de la stabilité du véhicule, mais pour ménager des marchandises fragiles, par ex. des bouteilles de lait, ou pour transporter des passagers, etc. . .

*

Obering. Th. Stroppel: „Carga útil y suspensión de los vehículos agrícolas con neumáticos.“

La suspensión depende principalmente del vehículo y su construcción. En algunos vehículos no se pueden colocar barras de torsión y en otros no son de aplicación las ballestas semielípticas o espirales. El empleo de amortiguadores es, a veces, preferible a los sistemas de suspensión flotante libre. La suspensión progresiva en los vehículos agrícolas es siempre conveniente, ya que, como muestra este trabajo los carros rurales transportan a menudo una carga lateral parcial y es justamente cuando una suspensión demasiado rígida o nula resulta muy incómoda. Ha sido comprobado que con velocidades superiores a 12 km/h la suspensión es necesaria en beneficio de los neumáticos y de las llantas; con velocidades inferiores también es conveniente la suspensión elástica si el vehículo transporta su carga máxima en grandes trayectos. Existen también casos en que es precisa la suspensión suplementaria como al cargar poco el vehículo y ello no por razones de resistencia, sino por exigirle la carga cuando es delicada, como botellas, viajeros, etc.

Ing. F. Kliefoth:

Ein Vergleich der Zugleistungsmessungen in Marburg und Nebraska

Schlepperprüffeld Marburg des KTL

In den Prüfregeln für Ackerschlepper, nach welchen die Schlepperprüfungen des Schlepperprüffeldes Marburg durchgeführt werden, heißt es unter Ermittlung der Zughakenleistung: „Sie wird festgestellt auf einem besonderen Prüffeld. Der Boden des Prüffeldes soll möglichst schwer (Pflugwiderstand ungefähr 80 kg/dm²) sein. Die Messungen sind nur bei günstigem Bodenzustand durchzuführen.“

Was hat dazu geführt, bei der Festlegung der Prüfbedingungen, die als Vereinbarung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, der Ackerschlepperindustrie und des Schlepperprüffeldes Marburg erfolgt ist, diese immerhin etwas außergewöhnlichen Forderungen für den Bodenzustand des Prüffeldes zu stellen? Alle an den Besprechungen Beteiligten waren sich einig, daß sich die Prüfbedingungen eng an diejenigen des international anerkannten Prüffeldes in Lincoln im Staate Nebraska, USA, anlehnen müssen, das seit nunmehr 32 Jahren seine Schlepperprüfungen nach feststehenden, überall bekannten Regeln durchführt. Die Meßergebnisse von Marburg sollten unmittelbar mit denen von Nebraska vergleichbar sein. Die Kennzeichnung des Bodenzustandes hätte auch viel kürzer heißen können: „Die Zugleistungsprüfungen haben auf einem Boden zu erfolgen, der demjenigen der Prüfbahn in Nebraska entspricht.“ Jedoch hätte diese Formulierung eine Forderung dargestellt, deren Erfüllung damals keiner der Beteiligten zusagen konnte.

Es soll hier nicht über den Zweck dieser außergewöhnlichen Forderung gesprochen werden, auch nicht darüber, ob die Ergebnisse alle Interessen befriedigen. Es soll hier nur Rechenschaft darüber gegeben werden, wieweit das Schlepperprüffeld die ungeschriebene Forderung erfüllen konnte, oder anders ausgedrückt: Sind die Ergebnisse der Zugleistungsmessungen des Schlepperprüffeldes Marburg denjenigen des Schlepperprüffeldes Nebraska gleichwertig und vergleichbar?

Nachdem nun beim Prüffeld Marburg eine Reihe von Schlepperprüfungen durchgeführt wurde, ist eine genügend große Basis für einen Vergleich der Meßergebnisse beider Institute und damit für eine Antwort auf die Frage gegeben.

Eine unmittelbare Gegenüberstellung der Ergebnisse ist jedoch nicht möglich, da hier und dort Schlepper mit verschiedenen Leistungen, verschiedenen Gewichten, anderer Verteilung des Gewichtes auf die Achsen, unterschiedlichen Zughakenhöhen und Achsständen, verschiedenen Geschwindigkeiten usw. geprüft werden. Diese technischen Daten beeinflussen den zahlenmäßigen Wert der Zugkraft und der Zugleistung, so daß für einen Vergleich der Einfluß dieser Faktoren eliminiert werden muß. Das geschieht am zweckmäßigsten durch Errechnung der Radhaftzahl μ bei verschiedenen Zugkräften und dem zugehörigen Schlupf der Triebräder. Unter der Radhaftzahl μ ist hierbei das Verhältnis der Zugkraft Z zur wirklichen, beim Zug auftretenden Hinterachslast, $G_{H \text{ wirk.}}$ zu verstehen (Abb. 1).

$$\mu = \frac{Z}{G_{H \text{ wirk.}}} \cdot 100 \%$$

Hierin ist $G_{H \text{ wirk.}}$ gleich der statischen Hinterachslast G_H zuzüglich des Anteiles der Vorderachslast, der durch den

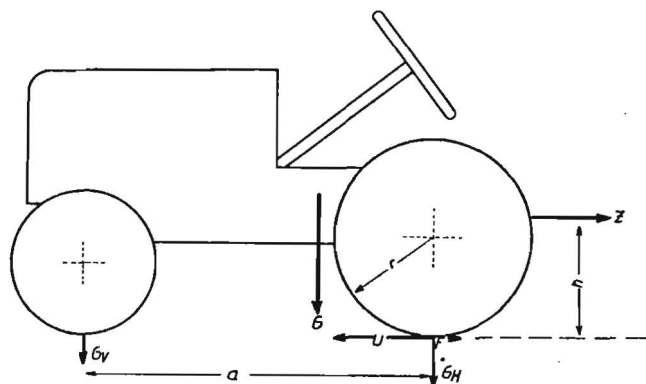


Abb. 1: Begriffe zur Ermittlung der Radhaftzahl
 Z = Zugkraft; F = Fahrwiderstand; G = Gesamtgewicht; U = Umfangskraft; G_H = Hinterachslast; G_V = Vorderachslast; h = Zughakenhöhe; a = Achsabstand; r = Rollradius