

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 45 (1983)
Heft: 3

Artikel: Ziehen und Bremsen auf der Strasse und im Gelände
Autor: Kramer, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081430>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ziehen und Bremsen auf der Strasse und im Gelände

E. Kramer, FAT, Tänikon TG

Sowohl der Zugkraftbedarf (was man zu ziehen hat) als auch das Zugvermögen (was man zu ziehen vermag) werden in erster Linie durch die Fahrbahn (Strasse oder Gelände) und durch das Gewicht bestimmt. Während die Fahrbahn in der Regel gegeben ist, können Gewicht und Gewichtsverlagerungen beeinflusst werden. Zudem spielen die Bereifung, die Anzahl Räder und der Reifendruck eine entscheidende Rolle. Es gilt, die genannten Einflussgrössen optimal zu wählen.

Wer auf der Strasse oder im Gelände fährt, ist nicht nur auf ein gutes Zugvermögen, sondern viel eher noch auf ein gutes Bremsvermögen angewiesen; denn wer seine Last nicht zu ziehen vermag, bleibt stehen; wer aber seine Last nicht zu bremsen vermag, gefährdet sich selbst und andere. Zwar sind die Bremsachsen vieler Anhänger gut ausgelegt, es fehlt aber oft an geeigneten Betätigungsystemen, obwohl solche zu günstigen Preisen auf dem Markt erhältlich sind.

1. Zugkraftbedarf

Die Zugkraft entsteht durch den Rollwiderstand der Anhänger bzw. durch den Zugkraftbedarf einzelner Geräte. (An dieser Stelle sei nicht auf bestimmte Geräte, sondern lediglich auf Anhänger, Räder, Reifen und rollende Lasten eingegangen.) Der Rollwiderstand setzt sich zusammen aus dem Gewicht der Anhänger und dem Rollwiderstandsbeiwert.

Rollwiderstand (daN) = Gewicht (kg) x Rollwiderstandsbeiwert.

Die maximalen Gewichte sind durch das Gesetz wie folgt festgelegt:

- 8 t für Einachsanhänger
- 10 t für Anhänger mit Doppel- oder Tandemachse
- 12 t für Zweiachsanhänger.

Der Rollwiderstandsbeiwert hängt in erster Linie von der Fahrbahn bzw. der Unterlage ab. Es gelten folgende Rollwiderstandsbeiwerte:

- zirka 0,025 auf Beton oder Asphalt
- zirka 0,1 auf trockener Wiese
- zirka 0,25 auf losem oder nassem Acker.

Der Rollwiderstand bzw. der Zugkraftbedarf zur Fortbewegung eines zum Beispiel 8 t schweren Anhängers beträgt demnach:

- zirka 200 daN (kp) auf Asphalt
- zirka 800 daN (kp) auf Wiese
- zirka 2'000 daN (kp) im Acker.

Diese Werte können aber durch die Bereifung, das heisst vor allem durch Reifengrösse und -druck beeinflusst werden. Während auf harter Unterlage das hart gepumpte Rad (3 bis 5 bar, je nach Reifenfestigkeit – ply rating – und Belastung) am leichtesten läuft, verhält es sich im Gelände gerade umgekehrt; denn es ist weniger aufwendig, den Reifen zu verformen als den Boden. Abgesehen davon, dass der elastische Reifen nach der Verformung wieder in seine ursprüngliche Form zurückgeht, während der Boden seine Verformung behält, das heisst verdichtet bleibt.

Der Reifendruck kann natürlich nur so weit reduziert werden, dass die Tragfähigkeit noch ausreicht. Je grösser der Reifen, um so geringer muss der Reifendruck sein für eine entsprechende Tragkraft; denn die Tragfähigkeit eines Reifens hängt von seinem Volumen ab. Für die Praxis heisst das, möglichst grossvolumige Reifen mit möglichst geringem Druck erzeugen im Gelände den geringsten Rollwiderstand und hinterlassen den kleinsten Bodenschaden. Die gleichen Angaben gelten natürlich auch für den Rollwiderstand des Zugfahrzeuges selbst.

Tabelle 1:
Beeinflussung des Rollwiderstandes durch Reifengrösse und Reifendruck

Bereifung	Reifen-druck (bar)	Rollwiderstand auf Asphalt (daN)	Rollwiderstand im Acker (daN)		
10,5 – 16	4,2	35	100	609	100
11,5/80 – 15	3,5	41	117	576	95
15/55 – 17	2,5	55	157	462	76

Währenddem das hart gepumpte Rad auf dem Asphalt am leichtesten läuft, verhält es sich im Acker gerade umgekehrt. (Alle drei Reifen haben beim genannten Druck eine Tragfähigkeit von 1950 kg und wurden im Versuch mit 1500 kg belastet.)

Tabelle 2: Beispiel zur Bereifung von Druckfässern.
Grossvolumige Reifen erzeugen bei geringem Reifendruck einen kleineren Rollwiderstand und verursachen weniger Bodenschäden.

Fassinhalt	Normalbereifung	Bereifung für druckempfindliche Böden
3000 l	15 – 17	14,5 – 18
4000 l	14,5 – 18	16 – 20
5000 l	16 – 20	20 – 20
6000 l	20 – 20 oder Tandemachse mit 15 – 17	Tandemachse mit 14,5 – 18 oder 16 – 20

2. Zugvermögen

Das Zugvermögen eines Traktors mag gleichsam als Herz der Maschine gelten; nicht umsonst finden alljährlich Feldvorführungen statt, wo das Zugvermögen der Traktoren im Vordergrund steht. Grundsätzlich wird das Zugvermögen durch den Zugkraftbeiwert und das Gewicht auf den angetriebenen Rädern bestimmt.

Zugvermögen (daN) = Zugkraftbeiwert x Betriebsachslast (kg).

Der Zugkraftbeiwert hängt in erster Linie von der Art und dem Zustand der Fahrbahn ab. Er beträgt:

- zirka 1,0 auf Beton oder Asphalt

- zirka 0,5 auf trockener Wiese
- zirka 0,25 auf losem oder nassem Acker.

Im Gelände wird der Zugkraftbeiwert auch durch eine gewisse Verzahnung zwischen Reifen und Boden bestimmt und es gilt, diese Verzahnung zu optimieren. Sie kann durch die Bereifung (Reifenaufbau, Reifengrösse, Profilgestaltung), den Reifendruck und durch die Anzahl angetriebener Räder – auch Doppelräder – sowie durch die Betriebsachslast (Gewicht und Gewichtsverlagerung) beeinflusst werden.

2.1 Bereifung, Reifendruck und Anzahl angetriebener Räder

Bezüglich Reifenaufbau hat der Radialreifen in den meisten Fällen ein besseres Zugvermögen als der Diagonalreifen. Bezüglich Reifenabmessungen soll «so gross wie möglich» bereift werden (siehe Tabelle 3). Natürlich sind durch Traktortyp und Betriebsseinsatzart für die Reifengrösse Grenzen gesetzt (Hackfruchtbau maximal 12,4 Zoll, Pflügen 16,9 Zoll, eventuell 18,4 Zoll).

Tabelle 3: Bereifungsmöglichkeiten für Traktoren.
Je grösser die Bereifung, um so besser ist das Zugvermögen. Durch eine Doppelbereifung wird der Boden geschont und das Zugvermögen um rund 20% erhöht (siehe Tab. 4).

Motorleistung kW	Grundbereifung PS	Doppelbereifung AS
30 – 37	40 – 50	12,4/11 – 28
		12,4/11 – 32
		13,6/12 – 28
		14,9/13 – 28
37 – 45	50 – 60	12,4/11 – 36
		14,9/13 – 28
		14,9/13 – 30
		16,9/14 – 30
45 – 60	60 – 80	13,6/12 – 36
		13,6/12 – 38
		16,9/14 – 30
		16,9/14 – 34
über 60	über 80	16,9/14 – 34
		16,9/14 – 38
		18,4/15 – 34
		18,4/15 – 38

Betreffend Profilgestaltung verzahnen sich Reifen mit schmalen und kurzen Stollen gut mit dem Boden und entwickeln bei einem etwas erhöhten Rollwiderstand ein ausgezeichnetes Zugvermögen, sie verletzen aber die Unterlage (Grasnarbe!). Reifen mit breiten und langen, in der Lauffläche überlappenden Stollen sind etwas weniger aggressiv und verlieren in trockenen Verhältnissen an Zugvermögen. Durch den grossen Stollenanteil in der Lauffläche kann aber im Vergleich zu den Erstgenannten eine etwas längere Lebensdauer erwartet werden.

Es bleibt zu erwähnen, dass jedes angetriebene Rad mit einem bestimmten Stollenanteil in der Kontaktfläche und durch eine gewisse Verzahnung zwischen Reifen und Boden ein bestimmtes Zugsvermögen entwickelt. Beim Traktor mit Hinterrad-Antrieb

sind das also zwei Räder, beim Traktor mit Doppelbereifung oder mit Allrad-Antrieb sind das vier Räder. Zudem kann dieses Zugvermögen noch ganz wesentlich beeinflusst werden durch den Reifendruck (Veränderung der Kontaktfläche und der Verzahnung).

2.2 Gewicht und Gewichtsverlagerung

Wie aus der Formel «Zugvermögen = Zugkraftbeiwert x Betriebsachslast» klar hervorgeht, spielt das Gewicht eine ganz wesentliche Rolle für das Zugvermögen. Oft wird dieses Gewicht durch schwere und teure Traktoren erkauft. Das Zugvermögen kann aber auch durch Zusatzgewichte (auch selbst gemachte) und durch Wasserfüllung erhöht werden (Tab. 4).

Während beim Traktor mit Allrad-Antrieb

Tabelle 4: Zugkraft-Schlupf-Versuche.

Praktische Einsatzversuche über den Einfluss von Bereifung, Reifendruck, Anzahl angetriebener Räder, Gewicht, Gewichtsverlagerung und Fahrtrichtung auf das Zugvermögen bzw. auf den Schlupf. Die Versuche wurden mit einem 2700 kg schweren Traktor (vorn 1200 kg, hinten 1500 kg) mit der Bereifung 16,9/14 – 30 durchgeführt.

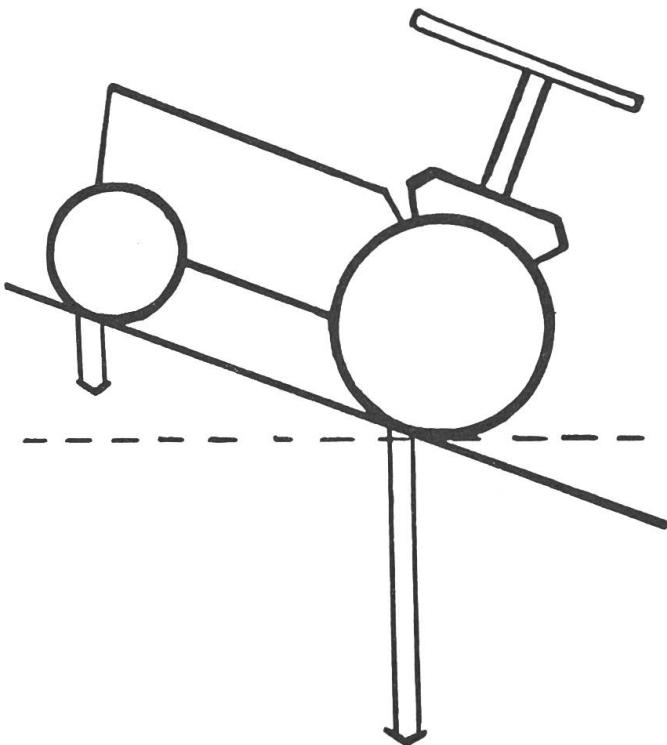
Ziehen auf Asphalt (bei konstantem Schlupf)

Fahrt-richtung	Bereifung	Front-antrieb	Anhänge-punkt	Zugkraft daN (kp)	relative Werte
vorwärts	Einfachbereifung	aus	Zugmaul	1733	100
		ein	Zugmaul	1833	106
	Wasserfüllung	aus	Zugmaul	2150	124
		aus	Zugmaul	2233	129
	Doppelbereifung	aus	Zugpendel	1700	98
		ein	Zugpendel	2233	129
rück-wärts	Einfachbereifung	aus	vorne	1000	
		ein	vorne	2000	

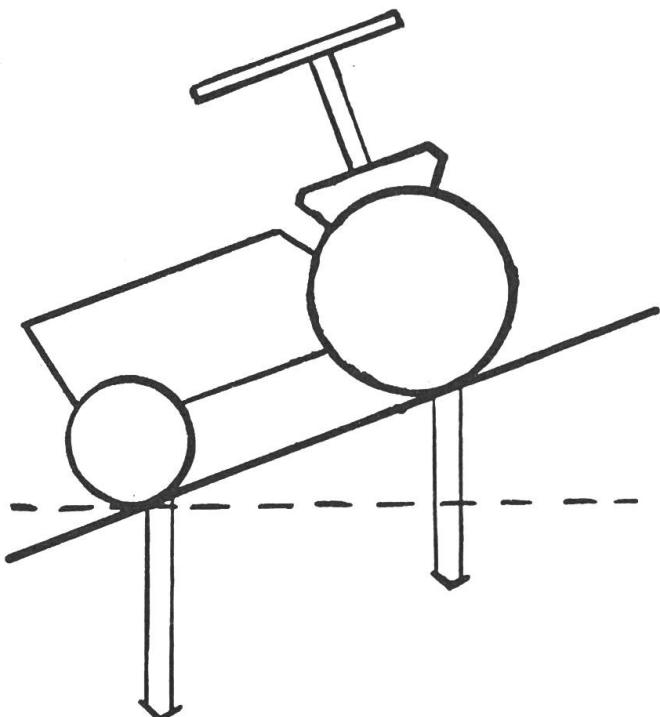
Ziehen auf Wiesland (bei konstantem Zug)

Bereifung	Front-antrieb	Luftdruck (bar)	Schlupf (%) bei 1000 daN (kp) Zug	relative Werte
Einfach	aus	1,6	16	100
	aus	0,8	13	81
Wasser	aus	1,6	12	75
	aus	1,6	9	56
Doppel	aus	1,6	8	50
Einfach	ein	1,6		

Abb. 1: Gewichtsverlagerung eines Traktors beim Berg- und Talwärts-Fahren



Bergwärts: Gewichtsverlagerung nach hinten, das heisst zugunsten des hinterradantriebenen Traktors.



Talwärts: Gewichtsverlagerung nach vorn, das heisst zugunsten des vierradantriebenen Traktors. Eine Situation, die vor allem auch beim Rückwärts-Fahren (manövrieren) und beim Bremsen im Hängelande von Bedeutung sein kann.

ständig 100% des Gewichtes auf den angetriebenen Rädern sind und somit mindestens vom Eigengewicht her das Zugvermögen bereits optimiert ist, muss beim Traktor mit Hinterrad-Antrieb durch Gewichtsverlagerung versucht werden, eine möglichst hohe Betriebsachsbelastung zu erreichen.

Automatische Gewichtsverlagerungen entstehen bereits beim Berg- und Talwärts-Fahren. Während beim Bergwärts-Fahren die Gewichtsverlagerung zu Gunsten des hinterradantriebenen Traktors ausfällt, verhält es sich beim Talwärts-Fahren vorwärts und beim Bergwärts-Fahren rückwärts gerade umgekehrt. Und das sind bereits typische Beispiele des täglichen Traktoreinsatzes im Hügelgebiet. Gewiss mag auch das ein Grund sein, weshalb in der Schweiz so viele Traktoren mit Allrad-Antrieb gekauft werden.

Die Gewichtsverlagerung kann aber auch durch die Höhe des Anhängepunktes (Zugmaul) ganz wesentlich beeinflusst werden. Je höher wir anhängen, desto mehr Gewicht wird von der Vorderachse auf die Hinterachse verlagert. Das höchste, dem Traktor mit Allrad-Antrieb ebenbürtige, Zugvermögen erreicht der hinterradantriebene Traktor dann, wenn beim Durchdrehen der Hinterräder die Frontachse abzuheben beginnt. Allerdings sollten für Straßenfahrten aus Sicherheitsgründen 20% des Gewichtes auf der Lenkachse bleiben.

Umgekehrt verhält es sich mit der Gewichtsverlagerung beim Rückwärtsfahren, wo die Hinterachse zu ungünstigen Zwecken entlastet und die Vorderachse zugunsten des allradantriebenen Traktors belastet wird; das heisst, der hinterradantriebene Traktor verliert beim Rückwärtsfahren an Zugvermögen, während beim allradantriebenden Traktor lediglich das Zugvermögen mehr durch die Vorderräder und weniger durch die Hinterräder entwickelt wird (Tab. 4).

3. Gewicht und Bodendruck

Weil wir wissen, dass durch ein hohes Gewicht auf der Triebachse ein gutes Zugver-

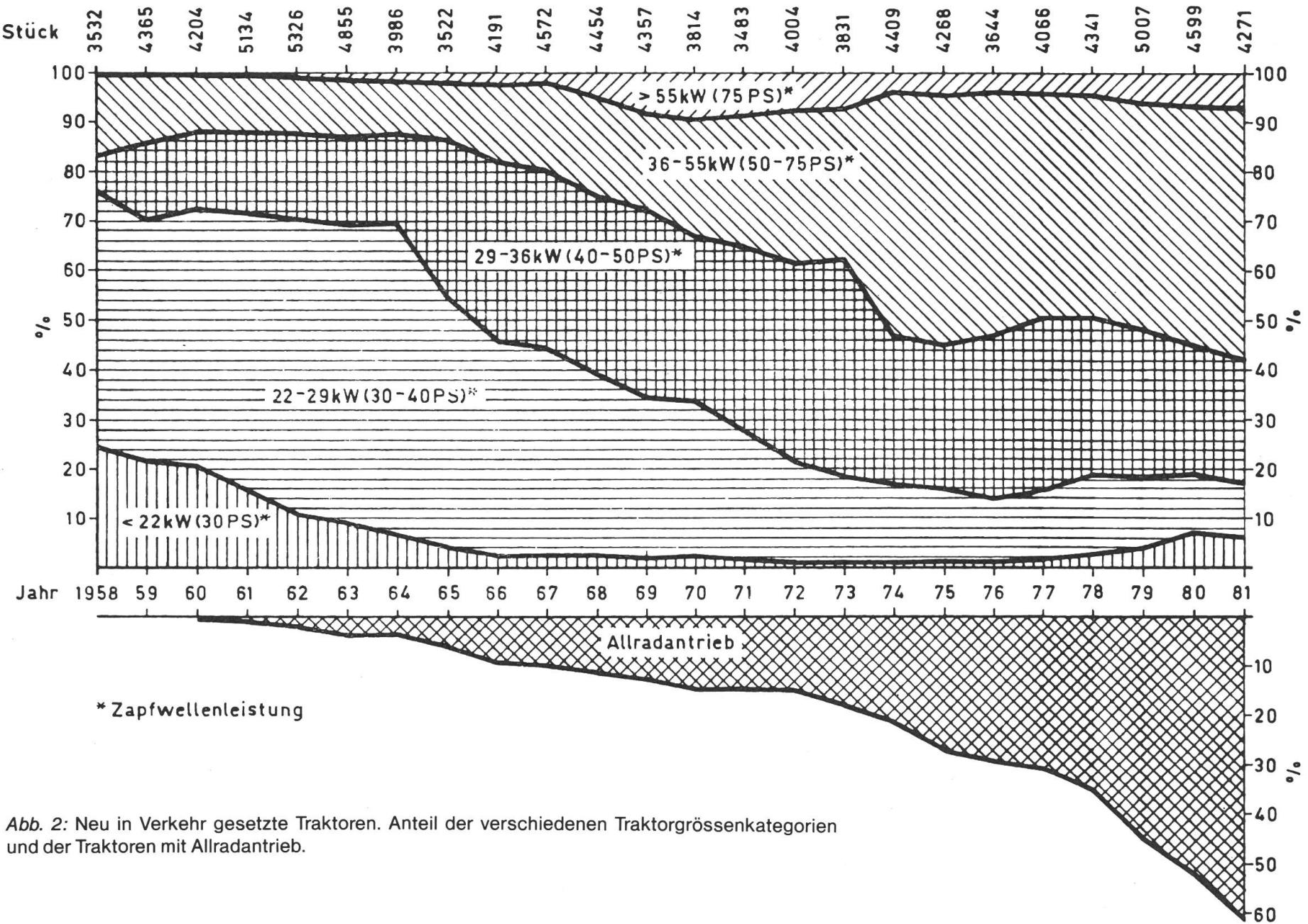


Abb. 2: Neu in Verkehr gesetzte Traktoren. Anteil der verschiedenen Traktorgrößenkategorien und der Traktoren mit Allradantrieb.

mögen erreicht wird, kaufen wir – wie bereits erwähnt – oft grosse, schwere und auch teure Traktoren. Dabei vergessen wir leicht, dass wir dieses Gewicht das ganze Jahr fortbewegen müssen, auch dann, wenn wir es für ein gutes Zugvermögen nicht unbedingt brauchen, und dass wir mit diesem Gewicht auch das ganze Jahr unsere Böden verdichten. Lange haben wir zwar geglaubt, dass durch höheres Gewicht und eine entsprechende Bereifung keine grösseren Bodenschäden entstehen würden. Heute wissen wir aber, dass bei gleichem spezifischem Bodendruck und unterschiedlichem Gewicht auch unterschiedliche Bodenverdichtungen entstehen. Je höher das Gewicht, umso tiefer wird der Boden verdichtet und um so grösser ist das verdichtete Bodenvolumen. Dieses nimmt etwa proportional zum Fahrzeuggewicht zu. Um bei zunehmendem Gewicht den Boden nicht zusehends in solchen Tiefen zu verdichten, wo wir ihn mit normalen Bodenbearbeitungsgeräten nicht mehr lockern können,

müssen wir mit zunehmender Gesamtlast den spezifischen Bodendruck reduzieren.

4. Anhängerbremsen

Wer ein einfach- oder doppelwirkendes Zusatzsteuerventil für das Kippen eines Anhängers oder das Wenden des Pfluges benötigt, kauft ein entsprechendes Ventil. Aber wer ist gewillt, den gleichen Preis für die Sicherheit zu bezahlen? Natürlich kostet eine Druckluft-Bremsanlage mehr als Fr. 500.– oder Fr. 1000.–, doch hydraulische Anhängerbremsventile sind in der genannten Preislage erhältlich.

Mit den heutigen Bremseinrichtungen kann die landwirtschaftliche Praxis dem Gesetz nur beschränkt gerecht werden. Beschränkt deshalb, weil mit dem Bremshebel auf der Zugdeichsel oder mit der Seilzugbremse die geforderte Verzögerung von $2,25 \text{ m/s}^2$ (entspricht bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 25 km/h einem Bremsweg von rund 10 m

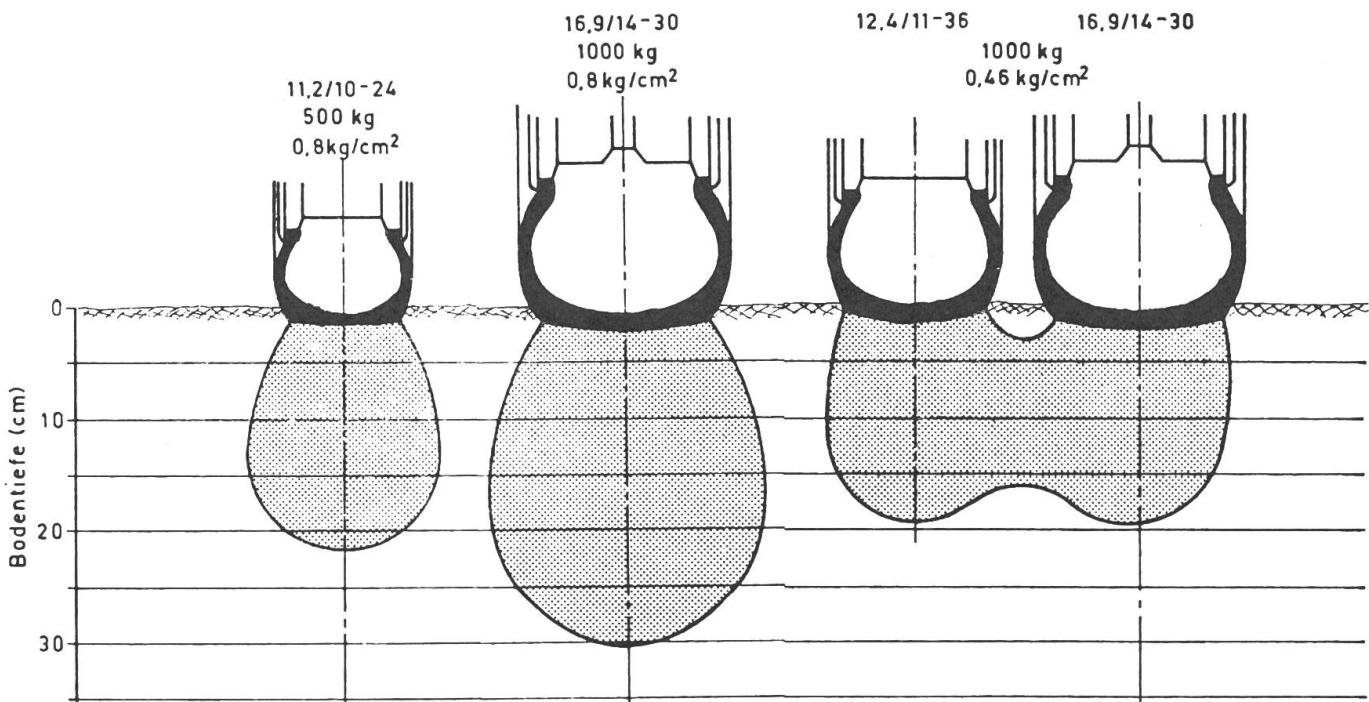
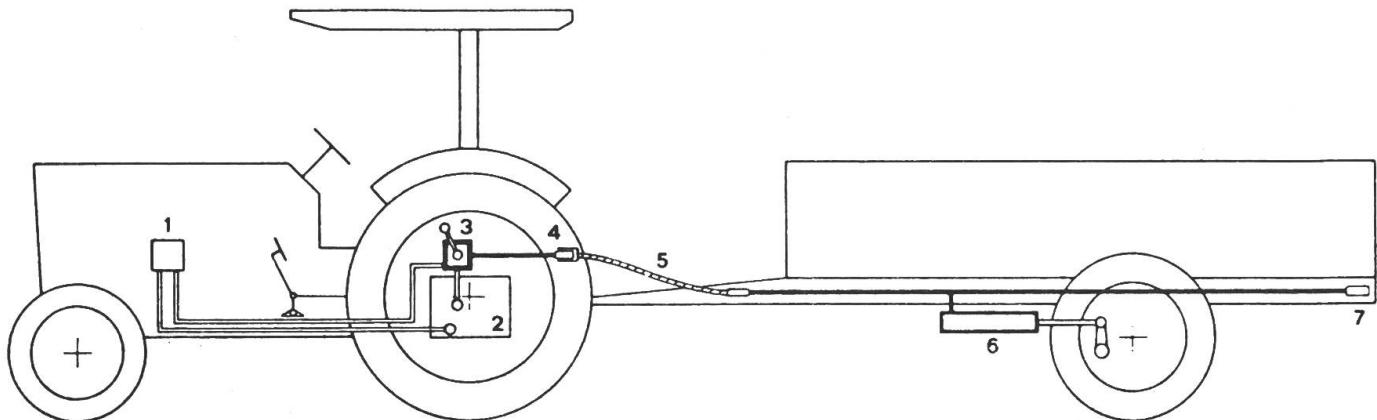


Abb. 3: Das verdichtete Bodenvolumen ist abhängig vom Fahrzeuggewicht.

Bei gleichem spezifischem Bodendruck und unterschiedlichem Gewicht verdichtet das schwere Fahrzeug nicht nur ein grösseres Bodenvolumen, sondern bewirkt auch Bodenverdichtungen in zunehmenden Tiefen. Je grösser das Gewicht, um so kleiner sollte der spezifische Bodendruck sein, damit die Bodenverdichtungen nicht in solche Tiefen gehen, wo sie mit normalen Bodenbearbeitungsgeräten nicht mehr gelockert werden können. Für die Praxis bedeutet dies eine möglichst grosse Grundbereifung und/oder eine Doppelbereifung dazu.

Abb. 4: Einfachste Variante einer hydraulischen Anhängerbremse: Bedienung mit einem Handhebel.



Traktor-Grundausrüstung:

1. Hydraulikpumpe
2. Ölreservoir

Zusatzausrüstung für hydraulische Anhängerbremse:

3. Anhängerbremsventil mit Handbedienung
4. Schnellkupplung
5. Bremsleitung
6. Bremszylinder
7. Bremsanschluss für zweiten Anhänger

– ohne Reaktionsweg) nur selten erreicht wird.

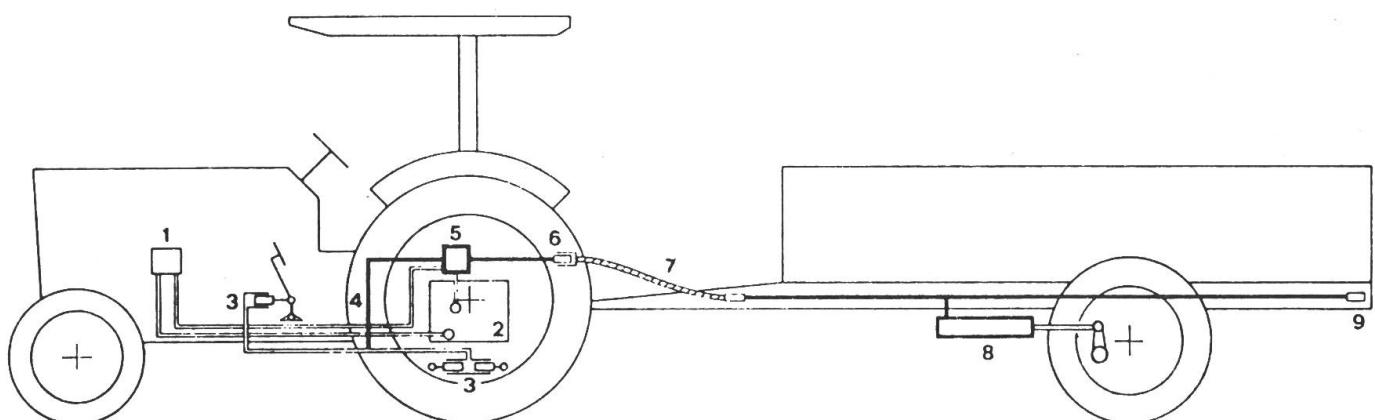
Weil sämtliche Traktoren mit einer Hydraulikanlage ausgerüstet sind, ist es naheliegend, dass wir zum Bremsen der Anhänger hydraulische Systeme einsetzen.

Für eine hydraulische Bremsanlage wird auf der Druckseite der Hydraulikpumpe des Traktors ein zusätzliches Hydraulikventil –

ein Anhängerbremsventil – vorrangig eingebaut und von diesem Ventil eine Bremsleitung auf den Anhänger gezogen. Dort wirkt ein Hydraulikzylinder auf die Bremswaage. Betätigt wird das Bremsventil entweder mit einem Handhebel oder mit dem Bremspedal des Traktors.

Heute ist beinahe jeder Traktor gegen einen Mehrpreis von weniger als Fr. 500.– für ein

Abb. 5: Hydraulische Anhängerbremse, Bedienung mit dem Bremspedal des Traktors und Ansteuerung durch die hydraulische Traktorbremse.



Traktor-Grundausrüstung:

1. Hydraulikpumpe
2. Ölreservoir
3. hydraulische Traktorbremse (Traktoren höheren Leistungsklassen, mit integrierten Kabinen oder mit nassen Bremsen)

Zusatzausrüstung für hydraulische Anhängerbremse:

4. Ansteuerleitung
5. Anhängerbremsventil
6. Schnellkupplung
7. Bremsleitung
8. Bremszylinder
9. Bremsanschluss für zweiten Anhänger

Ventil mit Handbedienung bzw. von rund Fr. 1000.– für ein Ventil mit Fussbedienung lieferbar. Ein nachträglicher Einbau kostet bis gegen Fr. 1500.–. Es gibt sowohl traktorspezifische Anhängerbremsventile – Renault, Fiat, Ford, John Deere – als auch Ventile von Zulieferfirmen; Ventile, die mit wenigen Ausnahmen auf alle Traktormarken und -typen aufgebaut werden können – Bosch, Euromat, Fritzmeier, Westinghouse.

Damit bei Lastwechsel auf dem Anhänger die Bremsung angepasst werden kann, sind auch Lastanpassungsventile auf dem Markt. Wegen der häufigen Lastwechsel (Gülfefass, Ladewagen) in der Landwirtschaft glauben wir, dass das Lastanpassungsventil auf dem Traktor, wo es jederzeit erreicht und umgestellt werden kann, besser plaziert ist als auf dem Anhänger. Hinzu kommt der Vorteil, dass wir nicht für jeden Anhänger ein Ventil für rund Fr. 350.– anzuschaffen brauchen.

Die Normung ist bei den hydraulischen Anhängerbremsanlagen heute so weit gediehen, dass Traktoren und Anhänger untereinander ausgetauscht werden können, was vor allem auch für den überbetrieblichen Maschineneinsatz von Bedeutung ist. Der maximale Bremsdruck liegt bei 120 bis 150 bar, die Bremskupplung ist genormt mit ISO DP 5616 bzw. NF 16006.

Zur anhängerseitigen Ausrüstung bleibt zu erwähnen, dass wegen der relativ hohen Maximaldrücke die Bremszylinder relativ klein zu bemessen sind. Erfahrungswerte liegen bei 18 bis 25 mm Kolbendurchmesser, je nach Anhängerchassis und Achse. Auch kann durch verschiedene Löcher am Bremsschlüssel, das heisst durch unterschiedliche Hebellängen, die Bremskraft noch angepasst werden. Der Hub des Zylinders soll relativ gross, mindestens 150 mm sein, damit die Bremse auch noch funktioniert, wenn sie nicht allzu oft nachgestellt wird. Um ein einwandfreies Lösen der Bremse zu gewährleisten, empfiehlt sich eine Rückzugfeder am Bremszylinder. Eine entsprechende Ausrüstung kostet Fr. 500.– bis Fr. 700.–.

Landwirtschaftliche Anhänger, die oft auch auf Feldwegen und im Gelände eingesetzt werden, sollten nebst einer wirksamen Bremse auch eine gute und griffige Bereifung haben; denn für eine gute Bremswirkung wird auch eine gute Haftreibung zwischen Reifen und Boden vorausgesetzt. Dazu eignet sich beispielsweise ein AS-Profil. Zur besseren Selbstreinigung beim Bremsen empfiehlt sich die Montage in umgekehrter Laufrichtung.

5. Zusammenfassung

Der Zugkraftbedarf rollender Lasten auf fester Fahrbahn und im Gelände wird nebst dem Gewicht vor allem durch die Reifengrösse und den Reifendruck beeinflusst.

Das Zugvermögen eines Traktors wird in erster Linie durch die Betriebsachslast bestimmt. Es gilt also, durch Gewichtsverlagerung und Zusatzgewichte (auch Wasserfüllung) diese Betriebsachslast zu optimieren. Zusätzlich spielt aber auch die Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden für das Zugvermögen eine entscheidende Rolle. Sie kann beeinflusst werden durch die Reifung, den Reifendruck und die Anzahl angetriebener Räder (auch Doppelbereifung). Zur Betriebsachslast bleibt zu erwähnen, dass proportional zum Fahrzeuggewicht auch das verdichtete Bodenvolumen zunimmt.

Zur Bremsung landwirtschaftlicher Anhänger sind heute sowohl pneumatische als auch hydraulische Bremsanlagen auf dem Markt. Da sämtliche Traktoren bereits mit einer Hydraulikanlage ausgerüstet sind, ist es naheliegend, hydraulische Bremssysteme einzusetzen.

Sehr günstig zu verkaufen

Neue Förderbänder und Zubringer
in diversen Grössen mit kleinen Farbschäden
(Spezial-Rabatt).

W. HUBER AG, Kunststoffwerk, 5426 LENGAU
Telefon 056 - 51 17 31