

Thema **Bremsanlagen an selbstfahrenden Land- und Transportmaschinen (Teil II)**

Autoren **Dr.-Ing. D. Bergmann, KDT, VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Betriebsteil Dresden
Dr.-Ing. J. Rothe, KDT, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, Stammbetrieb, Betriebsteil Automatisierungstechnik-Leipzig
Dr.-Ing. H. Schulz, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg**

7. Bremskräfte und Bremsübersetzungen

Als Bremskraft eines Fahrzeugs wird die Summe der Kräfte F_{Br} , aller gebremsten Räder definiert, die an den Reifenkontaktflächen kraftschlüssig auf die Fahrbahn übertragen werden. Sie dient auf ebener Fahrbahn der Überwindung des Bremswiderstands $b_v \cdot m_F$, der von der Trägheit der Fahrzeugmasse verursacht wird (Bild 11). Bei Gefällefahrt ist zusätzlich noch die Hangabtriebskraft von der Bremskraft zu bewältigen. Rollwiderstand- und Luftwiderstand wirken bremsend und werden vor allem bei Vollbremsung (kleiner Fehler) vernachlässigt. Für die Ebene gilt der vereinfachte Ansatz:

$$\sum F'_{Br} = F_{Br} = m_F \cdot b_v \quad (5)$$

Danach ist die mit einer Bremsanlage aufzubringende Bremskraft der zu erzeugenden Vollverzögerung eines Fahrzeugs direkt proportional. Im Bild 11 sind weiterhin die dynamischen vertikalen Achskräfte (Achselbelastungen) dargestellt, die gemäß dem Momentgleichgewicht an Fahrzeugen von der Verzögerung derselben abhängig sind. Infolge des Bremswiderstands $m_F \cdot b_v$ erhöht sich die Vorderachsbelastung F_V und verringert sich die Hinterachsbelastung F_H beim Bremsen.

Die Radbelastung wirkt bei der kraftschlüssigen Übertragung der Bremskraft an der Reifenkontaktfläche als Normalkraft F_N (s. Bild 1). Entsprechend dem vor allem von Art und Zustand der Fahrbahn, von Reifenart und -kennwerten abhängigen Kraftschlußbeiwert μ_k hängt folglich die an der Reifenkontaktfläche übertragbare Bremskraft F'_{Br} von der Normalkraft (dynamische Radbelastung) an dieser Stelle ab:

$$F'_{Br} = \mu_k F_N (F_V, F_H) \quad (6)$$

Dieses bedeutet, daß die Größe der Rad- bzw. Achselbelastung die Größe der erzeugbaren Bremskraft mit bestimmt. Sowohl für das Erzeugen einer hohen Verzögerung als auch für das Gewährleisten der Fahrstabilität (kein Blockieren der gebremsten Räder) können große Bremskräfte nur an Rädern bzw. Achsen mit hoher Vertikalbelastung übertragen werden. Bei allradgebremsten Fahrzeugen können durch entsprechende Baugruppen (s. a. Bild 8) die Bremskräfte an den Rädern den dynamischen Radbelastungen gemäß geregelt oder verteilt werden. Die besondere Problematik bei Traktoren und selbstfahrenden Landmaschinen besteht darin, daß meist nur eine Achse, i. allg. die Antriebsachse, mit Bremsen ausgerüstet wird. Damit ist weder eine Verteilung der Bremskräfte entsprechend der Achselbelastung noch eine weitestgehende Ausnutzung des gesamten Fahrzeuggewichts als Normalkraft möglich.

Bei *gebremster Hinterachse* wird mit zunehmender Verzögerung die dynamische Vertikalbelastung kleiner, so daß mitunter die erforderlichen Bremswerte nicht erreicht werden können, weil die Räder vorher blockieren (Normalkraft fehlt), wobei dann auch die Fahrstabilität verloren geht. Blockierte Räder können nahezu keine Seitenkräfte aufnehmen und demzufolge zum Verlassen der Fahrspur führen (Ausbrechen, Schleudern).

Bei *gebremster Vorderachse* nimmt die dynamische Vertikalbelastung beim Bremsen zu. Da bei solchen Maschinen (z. B. Mährescher) der Schwerpunkt ohnehin weit vorn liegt, kann es vorkommen, daß die Maschine über die Vorderachse kippt und ihre Lenk- und Gesamtstabilität verliert.

Während sich bei gebremster Hinterachse die Höhe der übertragbaren (erreichbaren) Bremskraft und damit die erreichbare Vollverzögerung selbst begrenzt, muß sie bei gebremster Vorderachse zwangsweise (Druckbegrenzer) vor dem Erreichen der Kippgrenze eingeschränkt werden. Daraus ergibt sich das besondere Problem solcher Fahrzeuge, die geforderten Bremswerte (mittlere Verzögerung bzw.

Bremswege) bei kleinen Werten der Vollverzögerung zu erzielen. Nach den Gl. (3) und (4) bedingt das zwangsläufig auch kleine Verlustzeiten.

Das ist der Grund dafür, daß an selbstfahrenden Landmaschinen – trotz ihrer teilweise recht großen Massen – der Einsatz von Druckluftbremsanlagen (große Verlustzeiten) und i. allg. bei hydraulisch betätigten Betriebsbremsanlagen der Einsatz einer pneumatischen Hilfskraftunterstützung (Verlustzeiten auch noch zu groß) nicht möglich sind (s. Tafel 1).

An die Betriebsbremsanlage von selbstfahrenden Landmaschinen werden sowohl hinsichtlich des Erzielens geringer Verlustzeiten als auch hinsichtlich einer genauen Auslegung, die zum Erreichen geforderter Bremswerte führt, ohne diese wesentlich zu überschreiten (wegen Fahrstabilität), hohe Anforderungen gestellt. Das bedingt eine exakte Ermittlung und Realisierung der Kraftübersetzung in der Bremsanlage.

Die erforderliche Kraftübersetzung $i_{k\text{erf}}$ ist das Verhältnis der erforderlichen Mindestbremskraft $\sum F'_{Br\text{min}}$ zur maximal zulässigen Betätigungskraft $F_{B\text{max}}$. Erstere ergibt sich nach Gl. (5) aus der geforderten Mindestvollverzögerung $b_{v\text{min}}$. Es ist:

$$i_{k\text{erf}} = \frac{m_F \cdot b_{v\text{min}}}{F_{B\text{max}}} \quad (7)$$

Die mögliche wirksame Kraftübersetzung $i_{k\text{mögl}}$ einer hydraulisch betätigten Bremsanlage hängt von folgenden Größen ab (s. a. Bild 8):

- Kraftübersetzung der Betätigungseinrichtung (Pedalwerk) i_{pK}
- Kraftübersetzung der Übertragungseinrichtung $i_{ÜK}$
- Übersetzung eines Endgetriebes zwischen Bremse und Rad i_E
- innere Übersetzung der Bremse C_B
- Bremsstrommelhalbmesser r_T
- wirksamer Radhalbmesser r_W
- Anzahl der Bremsen n
- Anzahl der wirksamen Radbremszylinder z
- Übertragungswirkungsgrad der Bremsanlage η_U

Das Verhältnis r_T/r_W wird als Radübersetzung bezeichnet:

$$i_R = \frac{r_T}{r_W} \quad (8)$$

Von entscheidender Bedeutung für das Bremsverhalten eines Fahr-

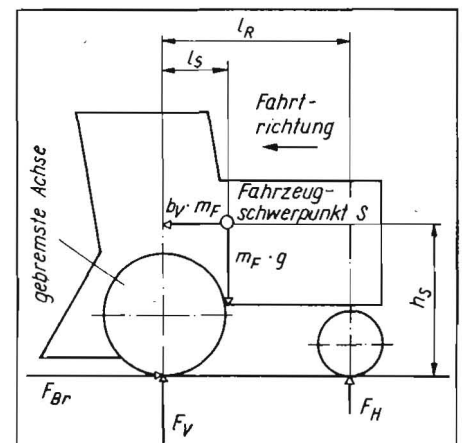


Bild 11 Äußere Kräfte am landwirtschaftlichen Fahrzeug beim Bremsen in der Ebene (vereinfachter Ansatz); Luftwiderstand und Rollwiderstand beim Bremsen auf der Straße mit einer maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h vernachlässigt

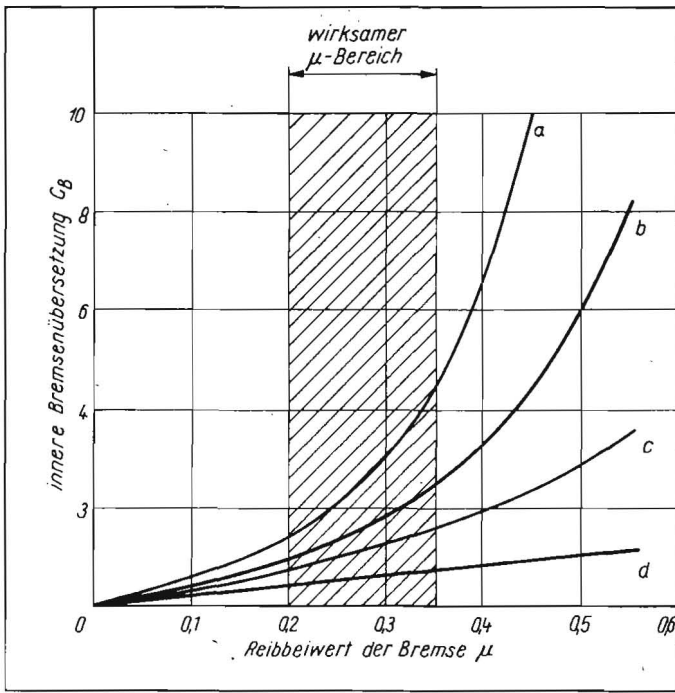


Bild 12. Abhängigkeit der inneren Übersetzung C_B bei verschiedenen Bremsystemen und -bauformen in Abhängigkeit vom Reibbeiwert μ der Bremse; a Servobremse, b Duplexbremse, c Simplexbremse, d Scheibenbremse

zeugs ist die „innere Übersetzung“. Sie ist wie folgt definiert (Bilder 1 und 8):

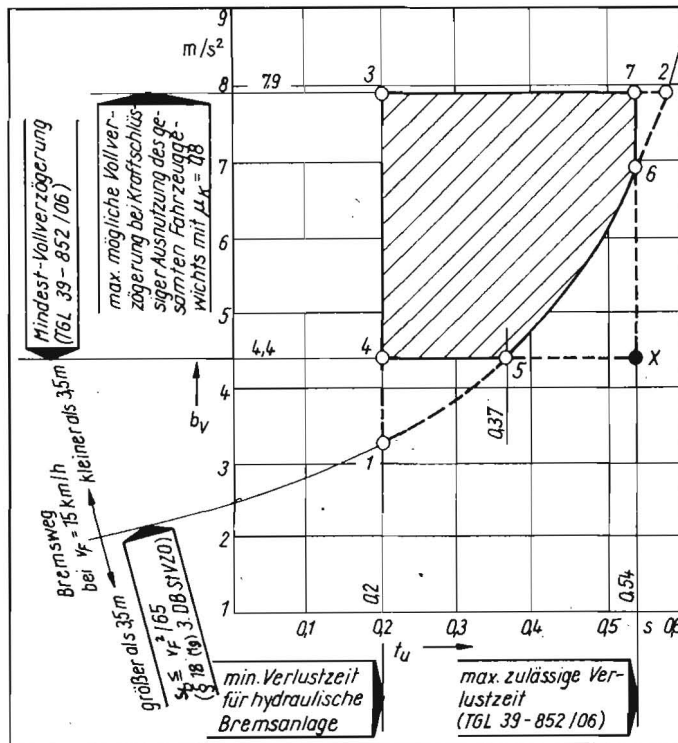
$$C_B = \frac{\sum F_R}{\sum F_S} = \frac{F_{R1} + F_{R2}}{F_{S1} + F_{S2}} = \frac{F_{R1} + F_{R2}}{F_{S_m}} \quad (9)$$

Wegen $F_R = f(\mu)$ wird auch $C_B = f(\mu)$ mit μ als Reibbeiwert der Radbremse. Der wirksame μ -Bereich bei Radbremsen liegt bei $\mu \approx 0,2 \dots 0,35$ (Bild 12). Die Richtwerte für die innere Übersetzung C_B betragen in Abhängigkeit vom Bremssystem 1,9 (Simplexbremse), 2,7 (Duplexbremse) und 4,5 (Servobremse).

Die mögliche Kraftübersetzung bei Radbremsen beträgt

$$i_{K \text{ mögl.}} = (i_{PK} i_{ÜK}) C_B i_E i_R n \eta_{Ü} \quad (10)$$

Bild 13. Forderungen bezüglich Vollverzögerung und Verlustzeit von Kraftfahrzeugen mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 30 km/h



Tafel 2. Mögliche Kraftübersetzungen von Bremsanlagen für landwirtschaftliche Fahrzeuge

Bremse	Richtwerte ($i_{PK} i_{ÜK}$)	CB	z	r_T mm	r_w mm	$\eta_{Ü}$	$i_{K \text{ max}}$ bei $i_E = 0$	$i_E = 6$
Simplex	50	1,9	4	115			8,8	52,8
Duplex		2,7			498	0,8	12,5	75
Servo	25	4,5	2	200			36	216

und bei Anordnung der Bremse vor dem Endgetriebe

$$i_{K \text{ mögl.}} = (i_{PK} i_{ÜK}) C_B i_E i_R n \eta_{Ü} \quad (11)$$

Das Produkt der Kraftübersetzungen von Betätigungs- und Übertragungseinrichtung ist bei einer hydraulisch betätigten Bremsanlage ohne Hilfskraftunterstützung der „Weg“übersetzung zwischen Bremspedal und Bremse reziprok:

$$(i_{PK} i_{ÜK}) = \frac{1}{(i_{PW} i_{ÜW})} \quad (12)$$

Wenn die Bremsbetätigung ohne „Pumpen“ erfolgen soll, ist die Wegübersetzung durch den möglichen bzw. vorgeschriebenen maximalen Betätigungsweg $s_{B \text{ max}}$ am Pedal und den Mindest-Zuspannweg $s_{S \text{ min}}$ (s. Bild 8) in der Bremse nach unten begrenzt mit

$$(i_{PW} i_{ÜW})_{\text{min}} = \frac{s_{S \text{ min}}}{s_{B \text{ max}}} \quad (12a)$$

Bei einem Richtwert des Mindest-Zuspannwegs $s_{S \text{ min}} = 3$ mm für Bremstrommeldurchmesser von Simplex- oder Duplexbremsen, die bei selbstfahrenden Landmaschinen eingesetzt werden [2], und bei einem maximal zulässigen Betätigungsweg $s_{B \text{ max}} = 150$ mm (s. Abschn. 8) ergibt sich nach den Gln. (11) und (12) eine maximale Kraftübersetzung für die Betätigungs- und Übertragungseinrichtung von

$$(i_{PK} i_{ÜK})_{\text{max}} = 50. \quad (13)$$

Bei Zweipedalanlagen (Lenkbremse) ist die Kraftübersetzung halb so groß. In Tafel 2 sind die in Abhängigkeit vom Bremssystem maximal erreichbaren Kraftübersetzungen $i_{K \text{ max}}$ für hydraulisch betätigte Bremsanlagen ohne Hilfskraft für selbstfahrende Landmaschinen angegeben. Der Vergleich mit der je nach Fahrzeugmasse m_F nach Gl. (7) geforderten Kraftübersetzung $i_{K \text{ erf}}$ führt zu folgender Aussage: Bei einer Mindest-Vollverzögerung von $b_{v \text{ min}} = 4,4$ m/s², wie sie nach [4] gefordert wird, kann für selbstfahrende Landmaschinen mit einer hydraulisch betätigten Bremsanlage ohne Hilfskraft und ohne Endgetriebe zwischen Bremse und Rad die erforderliche Kraftübersetzung für Fahrzeugmassen über $m_F = 5000$ kg ($i_{K \text{ erf}} = 37$) nicht erreicht werden, wenn die Pedalkraft $F_B = 600$ N nicht überschritten werden darf [5]. Mit einer maximalen Übersetzung des Endgetriebes von $i_E \text{ max} = 6$ kann beim Einsatz von Duplexbremsen maximal eine Fahrzeugmasse von $m_F = 10000$ kg abgebremst werden, wenn der Radhalbmesser $r_w = 500$ mm nicht überschritten wird. Die für selbstfahrende Landmaschinen maximal zulässige Fahrzeugmasse von $m_F = 16000$ kg [6] kann bei sonst gleichen Parametern lediglich mit einer Servobremse nach den geforderten Werten abgebremst wer-

Tafel 3. Nationale Vorschriften und Festlegungen zum Hilfsvermögen landwirtschaftlicher Fahrzeuge

gesetzliche Forderungen nach StVZO [§ 18 (1) 3. DB]	Bremsweg für Kraftfahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 25 km/h $s_b \leq \frac{v_f^2}{65}$ Das bedeutet bei $v_f = 15$ km/h: maximaler Bremsweg 3,5 m mittlere Verzögerung 2,5 m/s ² . Die Bremswerte müssen bei vollbeladenem Fahrzeug auch mit Anhänger erreicht werden, wenn das Fahrzeug auf ebener und normal griffiger Fahrbahn abgebremst wird.
Vorschriften des nach KTA anzuwendenden Standards TGL 39-852/06	Mindest-Vollverzögerung 4,4 m/s ² max. Verlustzeit 0,54 s max. Betätigungskraft 700 N anzustrebende Betätigungskraft 400 N

Tafel 4. Internationale Empfehlungen zum Bremsvermögen landwirtschaftlicher Fahrzeuge

Quelle	F_B N	S_b mm	$v_f \text{ max}$ km/h	b_v m/s ²	b_{ms} m/s ²	S_b m
[7]	250	150	—	—	3,0 ¹⁾	6,0...11,5 ²⁾
[5]	600	150	—	—	2,5 ¹⁾	—
[8]	600	—	6...25	—	2,5 bei $v_0 = v_f \text{ max}$	—
[9]	600	—	bis 25	2,5	—	—

- 1) Es ist nicht angegeben, ob es sich um die mittlere Verzögerung oder die Vollverzögerung handelt.
- 2) bei verschiedenen Fahrzeugmassen und Ausgangsgeschwindigkeiten

den. Bei Zweipedalanlagen verringern sich die aufgeführten abbremsbaren Fahrzeugmassen auf die Hälfte.

8. Forderungen und Vorschriften zum Bremsvermögen

Wie im Abschn. 7 angegeben wurde, benötigt der Konstrukteur zum Auslegen einer Bremsanlage quantifizierte verbindliche Angaben über die maximale Pedalkraft, den maximalen Betätigungsweg und die erforderliche Mindest-Vollverzögerung.

Im § 17 der 3. DB der StVZO werden allgemeingültige Hinweise über Bremsen gegeben. Die zum Bemessen von Betriebsbremsanlagen dienenden Größen sind im § 18 gesetzlich vorgeschrieben. Spezifische landwirtschaftliche Fahrzeuge fallen i. allg. unter die Kategorie der Kraftfahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 40 km/h (Tafel 3). Der in der StVZO vorgeschriebene Bremsweg in Abhängigkeit von der Ausgangsgeschwindigkeit ist keine ausreichende Grundlage zur Auslegung einer Betriebsbremsanlage. Daher hat die Kraftfahrzeugtechnische Anstalt (KTA) zusätzliche Festlegungen für selbstfahrende Landmaschinen getroffen. Danach sind die Empfehlungen des Standards TGL 39-852/06 [4] anzuwenden, obwohl dieser eigentlich nicht für landwirtschaftliche Maschinen gilt. Wegen des Fehlens diesbezüglicher Vorschriften für landwirtschaftliche Fahrzeuge und weil in der StVZO keine Angaben über die Vollverzögerung und Verlustzeit vorhanden sind, wird auf die Grenzwerte für GWK nach Standard TGL 39-852/06 orientiert (Tafel 3).

Aus dem vereinfachten Ansatz für die Darstellung des Bremsvorgangs gemäß Gl. (3) ergibt sich die Vollverzögerung zu

$$b_v = \frac{v_f^2}{2(s_b - v_f t_u)} \quad (14)$$

Im Bild 13 ist dieser Zusammenhang für den nach § 18 (1g) der 3. DB der StVZO vorgeschriebenen Bremsweg (selbstfahrende Landmaschinen) dargestellt. Für Fahrzeuge bis 25 km/h gilt:

$$s_b \leq \frac{v_f^2}{65} \quad (15)$$

Der Bremsweg s_b ergibt sich nach dieser Zahlenwertgleichung in Meter, wenn die Ausgangsgeschwindigkeit v_f in km/h eingesetzt wird. In der 3. DB der StVZO wird für Kraftfahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 25 km/h nicht angegeben, bei welcher Ausgangsgeschwindigkeit die Bremsprobe durchgeführt werden soll. Da aber die von der Bremsanlage zu erzeugende Verzögerung des Fahrzeugs nach Gl. (14) von der Ausgangsgeschwindigkeit abhängt, wird für landwirtschaftliche Fahrzeuge wie bisher eine Ausgangsgeschwindigkeit von 15 km/h für die Bremsprobe unterstellt. Eine Reihe selbstfahrender Landmaschinen hat eine Höchstgeschwindigkeit, die unter 20 km/h liegt. Das Fehlen einer vorgeschriebenen Ausgangsgeschwindigkeit für die Bremsprobe stellt einen Mangel der 3. DB der StVZO dar.

Für die vorgegebenen Bremswerte v_f und s_b ergibt sich die Vollverzögerung nach Gl. (14) in Abhängigkeit von der Verlustzeit t_u , wie die Kurve im Bild 13 zeigt. In Tafel 1 sind für verschiedene Betätigungsarten von Betriebsbremsanlagen Richtwerte für die Verlustzeit angegeben. Mit einem erreichbaren Mindestwert für die Verlustzeit von $t_u = 0,2$ s ergibt sich für hydraulisch betätigte Bremsanlagen eine erforderliche Vollverzögerung von $b_v = 3,3$ m/s², wenn der unmittelbar nach der StVZO geforderte Bremsweg von $s_b = 3,5$ m eingehalten werden soll.

Entsprechend der Höhe der realen Verlustzeit an einer Bremsanlage und damit ihrer Bauform, vor allem der Übertragungseinrichtungen, sind bestimmte Vollverzögerungen erforderlich. Die maximale Vollverzögerung wird durch den Kraftschluß zwischen den gebremsten Rädern und der Fahrbahn bestimmt. Der Kraftschlußbeiwert ist dabei mit $\mu_k = 0,8$ anzusetzen (s. Bild 13) [2]. Die dargelegten Bedingungen

umgrenzen im Bild 13 einen Bereich mit den Eckpunkten 1 – 2 – 3. In dieses Bild sind zusätzlich zu den gesetzlichen Vorschriften nach der StVZO die Grenzwerte für die Verlustzeit und die Vollverzögerung gemäß TGL 39-852/06 eingetragen. Der zulässige Bereich wird damit weiter eingeschränkt auf 3 – 4 – 5 – 6 – 7 (schraffiert). Nach der erforderlichen Mindest-Vollverzögerung lassen sich zwei Gruppen von Bremsanlagen unterscheiden:

- Bis zu einer Verlustzeit von 0,37 s bestimmt der o. g. Standard die Höhe der Mindest-Vollverzögerung. Die Forderungen sind hier noch höher als nach der StVZO. Zu dieser Gruppe gehören hydraulisch betätigte Bremsanlagen ohne Hilfskraftunterstützung (s. Tafel 1).
- Für Verlustzeiten über 0,37 s genügt die Mindest-Vollverzögerung nach Standard nicht der Vorschrift der StVZO. Sie wird in diesem Bereich von dem geforderten Bremsweg unmittelbar vorgeschrieben. Zu dieser Gruppe gehören Bremsanlagen mit Hilfskraftunterstützung und druckluftbetätigte Bremsanlagen, deren maximale Verlustzeit entsprechend dem Standard jedoch 0,54 s nicht überschreiten darf.

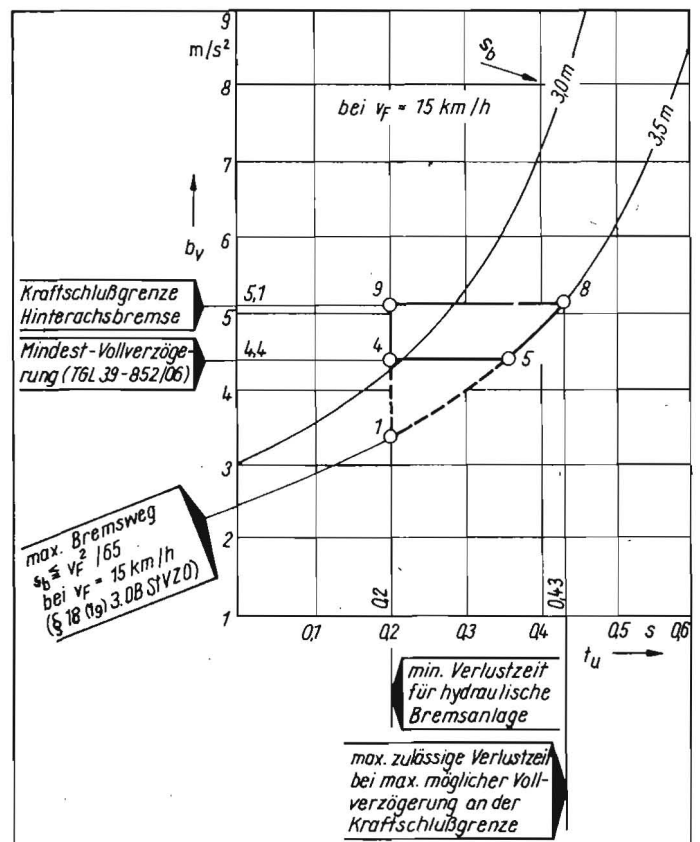
Die nach Standard zulässigen Grenzwerte der Vollverzögerung und der Verlustzeit (Punkt X im Bild 13) ergeben bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 15 km/h einen Bremsweg von 4,2 m, der nach der StVZO nicht zulässig ist.

In Tafel 4 sind zum Vergleich Auszüge internationaler Empfehlungen von Bremsenkennwerten zusammengestellt. Sie verdeutlichen das Bestreben, auch die Bremsanlagen landwirtschaftlicher Fahrzeuge nach einheitlichen Parametern auszulegen. Die internationalen Empfehlungen sind aber teilweise nicht eindeutig formuliert und weichen zum Teil auch erheblich voneinander ab.

Die Betrachtung der bestehenden Vorschriften zeigt, daß in keiner die zur Auslegung von Bremsanlagen erforderlichen Größen Vollverzögerung und Verlustzeit, Betätigungskraft und Betätigungsweg umfassend angegeben sind. Teilweise werden nur Prüfwerte genannt, ohne das Prüfverfahren anzugeben (StVZO). Das Bedürfnis, fehlende Angaben der StVZO durch Orientierung auf andere Vorschriften zu ergänzen, kann Verstöße gegen die StVZO zur Folge haben. Bestehende Sachverhalte und Beziehungen hierzu wurden von Bergmann [2] klargestellt.

Bild 13 enthält einen grafischen Überblick über die unter Berücksichtigung der bestehenden Vorschriften und Empfehlungen vorhandenen Grenzen für die Vollverzögerung von landwirtschaftlichen Fahrzeugen in Abhängigkeit von der Verlustzeit realisierbarer Betriebs-

Bild 14. Vollverzögerung und Verlustzeit bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit einer gebremsten Achse



Tafel 5. Zusammenfassung der gegenwärtigen Forderungen zum Bremsvermögen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 25 km/h

zulässiger Bremsweg bei 15 km/h	sich daraus ergebende mittlere Verzögerung über den Weg	erforderliche Vollverzögerung	maximale Betätigungskraft	maximaler Betätigungsweg
$s_{b, 15}$ m	b_{ms} m/s ²	b_v m/s ²	F_B N	s_B mm
3,5	2,5	$b_v = f(t_v)$ (Bild 14)	600	150

bremsanlagen. Nachgewiesen ist, daß die Angabe eines Mindestwertes der Vollverzögerung und eines Maximalwertes der Verlustzeit unzweckmäßig ist [2]. Neben den vorgeschriebenen Grenzwerten ergibt sich die fahrmechanische Grenze für die Vollverzögerung infolge des möglichen Kraftschlusses zwischen gebremstem Rad und Fahrbahn (s. Bild 1). Aus ökonomischen Gründen hat sich die Bauform von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit nur einer gebremsten Achse durchgesetzt, und zwar als gebremste Vorder- oder Hinterachse. Mit einem auf „normal griffiger Fahrbahn“ [§ 18 (2), 3. DB, StVZO] vorhandenen Kraftschlußbeiwert $\mu_k = 0,8$ [12] ergibt sich die maximal mögliche Vollverzögerung bei gebremsten Hinterrädern von $b_{v, max} = 5,1 \text{ m/s}^2$ bei einer an selbstfahrenden Landmaschinen optimal erreichbaren Grenzlage des Fahrzeugschwerpunkts [2]. Damit reduziert sich der Bereich der für landwirtschaftliche Fahrzeuge und Aggregate mit einer gebremsten Achse möglichen und zulässigen Werte für Vollverzögerung und Verlustzeit auf den im Bild 14 dargestellten Bereich 4 – 5 – 8 – 9. Bei der Auslegung von Betriebsbremsanlagen

– ist eine Kombination der Werte von Vollverzögerung und Verlustzeit nach Bild 14 zu gewährleisten

– wird für die maximale Betätigungskraft ein Richtwert von $F_B = 600 \text{ N}$ genannt [2]

– wird gemäß RS-Empfehlungen auf einen Richtwert von $s_B = 150 \text{ mm}$ (s. Bild 8) orientiert.

In Tafel 5* sind die für eine konstruktive Auslegung von Betriebsbremsanlagen landwirtschaftlicher Fahrzeuge erforderlichen Daten zum Berücksichtigen der bestehenden Vorschriften und Empfehlungen zusammengestellt.

Bei Gewährleisten eines Bremsweges von 3,5 m bei $v_f = 15 \text{ km/h}$ verstößt das Realisieren einer gegenüber der empfohlenen geringeren Vollverzögerung von $b_v = 4,4 \text{ m/s}^2$ (TGL 39-852/06) nicht gegen die StVZO, wenn die zugehörige geringe Verlustzeit eingehalten wird. Deshalb wird die Erweiterung des zulässigen Gesamtbereichs $b_v = f(t_v)$ bei einer gebremsten Achse auf den Bereich 1 – 8 – 9 (Bild 14) von [2] vorgeschlagen.

Auf Fragen der Höhe eines Zuschlags zu den geforderten Bremswerten (s. Abschn. 2) für fabrikneue Fahrzeuge, um das „betriebliche“ Nachlassen der Bremswirkung zu berücksichtigen, wird hier nicht eingegangen, da hierzu noch keine ausreichend abgestimmten Vorstellungen existieren.

Fortsetzung im nächsten Heft

Landtechnische Dissertationen

Am 7. Dezember 1988 verteidigte Dipl.-Ing. Sibylle Kretschmar an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg mit Erfolg ihre Dissertation A zum Thema

„Untersuchungen an Drillscharen zur Einzelkornsaat von Zuckerrübensaatgut“

Gutachter:

Prof. Dr. sc. agr. G. Kühn, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, Humboldt-Universität Berlin

Prof. Dr. agr. habil. K. Fritsch, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Durch die Einbettung des Saatgutes werden die Bedingungen für die Keimung und die Jugendentwicklung der Pflanzen geschaffen. Basis des Verfahrens der Einbettung ist das Öffnen einer Saatrille mit Hilfe eines Säschares. Die konstruktive Gestaltung des Säschares muß in erster Linie der Erfüllung folgender Funktionen dienen:

- Teilen der Krume (Schneiden)
- Ausformen der Rille (Andrücken, Auswerfen).

Maßstab für den Erfüllungsgrad ist die pflanzenspezifische Gestaltung der Saatrillenform.

Aus dieser Sicht auf den Problembereich entstanden theoretische Lösungsansätze, die das Problem in Grenzen beschreiben. Wichtiges Ergebnis der theoretischen Überlegungen ist die Definition eines Schargrundkörpers, dessen experimentelle Untersuchung die Abhängigkeit zwischen Konstruktions-, Betriebs- und Stoffparametern erbrachte. Für die Experimente wurde ein Laborprüfstand mit Bodenrinne gebaut. Mit Hilfe eines Oktogonalringes wurden die horizontale und die vertikale Komponente des Bodenwiderstands gemessen. Für die Messung des nach Durchgang der Schargrundkörper vorliegenden Saatrillenprofils entstand ein spezielles Saatrillenprofilmeßgerät auf der Grundlage eines induktiven Wegaufnehmers.

Wichtigstes Ergebnis hinsichtlich der praktischen Gestaltung von Säscharen ist die Empfehlung von Winkeln, die grundsätzliche Größen zur Konstruktion darstellen. Zudem wurden Erkenntnisse zu den Ausformungsvorgängen (Verdrängen des Bodens, Auswerfen des Bodens) bis zu einer Saatrillentiefe von 4 cm gewonnen.