

9. Schlußfolgerung

Die Testmethoden A und B sind grundsätzlich beide für die Beurteilung von Defrostersystemen geeignet, haben aber jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Insbesondere die für eine konstante Außenlufttemperatur von $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ unter Umständen erforderliche ausreichend bemessene Klimaeinrichtung erschwert die Durchführung beider Tests.

Erleichterungen sind in dieser Hinsicht von einer geänderten Fassung der Testmethode B zu erwarten. Versuche bei Außenlufttemperaturen im Bereich von $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis etwa $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ haben nämlich gezeigt, daß die Außenlufttemperatur keinen maßgebenden Einfluß auf das Testergebnis hat, wenn für die Darstellung der Ergebnisse nicht die Temperatur der Scheibenoberfläche, sondern die Differenz (Temperatur der Scheibenoberfläche minus Außenlufttemperatur) als Meßgröße herangezogen wird. Trägt man den Verlauf dieser Differenzen für verschiedene Außentemperaturen über der Versuchszeit auf, so ergibt sich für eine Meßstelle ein Kurvenbündel mit geringen Abweichungen der einzelnen Kurven. Eine Bindung der Testmethode an eine bestimmte Außenlufttemperatur ist daher nicht nötig.

Aus dem Vergleich der Begrenzungslinien der abgetauten Fläche nach Testmethode A mit Linien gleicher Temperatur oder gleicher Temperaturdifferenz, die zur gleichen Zeit nach der Testmethode B ermittelt werden, ist abzuleiten, daß die abgetaute Fläche nach Testmethode A mit der Fläche übereinstimmt, die von der Linie $\Delta\vartheta = 7\text{ K}$ begrenzt wird. Diese Temperaturdifferenz wird als äquivalente Temperaturdifferenz bezeichnet. Demnach ist beispielsweise für die Ermittlung einer der Testmethode A entsprechenden Abtauzzeit bei einer Außenlufttemperatur von $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ die Zeit bis zum Erreichen einer Oberflächentemperatur von $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ festzuhalten, während bei einer Außenlufttemperatur von $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ die Zeit bis zum Erreichen einer Temperatur von $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu messen ist.

Auch wenn die Versuche ergeben haben (Bild 8), daß noch bei $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ Außenlufttemperatur der zeitliche Verlauf der Differenz (Oberflächentemperatur minus Außenlufttemperatur) gut mit den entsprechenden Kurven bei höheren Außenlufttemperaturen übereinstimmt, sollte das abgeänderte Verfahren der Testmethode B nur bis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ angewendet werden, zumal die Testmethode A diese Temperatur vorsieht und für tiefere Temperaturen die Vergleichbarkeit bisher nicht geprüft wurde.

Die Änderung der Testmethode B in der genannten Art für Außenlufttemperaturen zwischen $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ bedeutet, daß sich für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland der Zeitraum über die Durchführung derartiger Tests im Freien auf etwa 5 Monate im Jahr verlängert und dadurch auf eine ausreichend große, teure Klimaeinrichtung verzichtet werden kann.

Schrifttum

- [1] ISO/TC 23/SC 3 N 208E: Agricultural tractors and selfpropelled machines — Test procedure for the performance of defroster and demisting systems for windscreen in cabs. Test method A.
- [2] ISO/TC 23/SC 3 N 208E: Agricultural tractors and selfpropelled machines — Test procedure for the performance of defroster and demisting systems for windscreen in cabs. Test method B.
- [3] Janssen, J. u. H. Speckmann: Testmethode für Defrostersysteme in Fahrerkabinen — Zwischenbericht (1981).
- [4] Janssen, J. u. H. Speckmann: Testmethode für Defrostersysteme in Fahrerkabinen — 2. Bericht (1982).
- [5] Strahlungsthermometer KT24 — Unterlagen der Firma Heimann GmbH, Wiesbaden.
- [6] Janssen, J. u. F. Schoedder: Ableitung von Luftzustandsgrößen aus meteorologischen Daten. Grndl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 3, S. 81/90.

Das Bremsverhalten schneller Ackerschlepper

Von Arnold Simuttis und Bert Breuer, Darmstadt*)

DK 631.372:62-592

Bei einer Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von Ackerschleppern auf etwa 40 km/h muß deren Bremsicherheit, insbesondere der Bremsweg, der anderer am Straßenverkehr teilnehmender Fahrzeuge adäquat sein. Untersuchungen am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TH Darmstadt haben gezeigt, daß Ackerschlepper bei entsprechender Schwerpunktage auch mit vereinfachten Bremsanlagen Bremswege erreichen können, die im gleichen Bereich wie die schnellaufender Nutzfahrzeuge liegen. Voraussetzung ist dabei eine konstruktive Einschränkung schleppertypischer Bremsnickschwingungen.

Diese Veröffentlichung enthält die Ergebnisse einer Forschungsarbeit, die von der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV) im VDMA über das Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. (FKM) gestellt und vom Bundesministerium für Wirtschaft über die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e.V. gefördert wurde (AIF-Nr. 4902).

Die Forschungsarbeit wurde von einer Projektgruppe der LAV unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. F.W. Römer, IHC Neuß, begleitet.

*) Dipl.-Ing. A. Simuttis ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr.-Ing. B. Breuer ist Leiter des Fachgebietes Fahrzeugtechnik der Technischen Hochschule Darmstadt.

1. Einleitung

In der Landwirtschaft ist eine Tendenz zur Verminderung der Arbeitszeiten für Transportarbeiten zu erkennen, und zwar durch Erhöhung der jeweils transportierten Massen (größere Anhänger, leistungsfähigere und damit größere Arbeitsmaschinen) und durch Anhebung der Höchstgeschwindigkeit der Ackerschlepper auf etwa 40 km/h [1, 2].

Um eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf 40 km/h oder mehr zuzulassen, muß sichergestellt sein, daß landwirtschaftliche Fahrzeuge eine im Vergleich zu anderen Fahrzeugen gleichwertige Bremsicherheit (Länge des Bremsweges, Kursstabilität) aufweisen.

Die am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TH Darmstadt (FZD) durchgeführten Forschungsarbeiten hatten folgende Ziele:

Ausgehend von Grundüberlegungen zum Bremsvorgang sollte zunächst der bestehende technische Stand bezüglich des Bremsverhaltens landwirtschaftlicher Schlepper ermittelt werden. Davon ausgehend war dann zu erarbeiten, wie Ackerschlepper eine im Vergleich zu anderen Fahrzeugen gleichwertige Bremsicherheit bei ackerschleppergerechtem technischem Aufwand erreichen können. Außerdem sollte das Forschungsergebnis auch als Beratungsgrundlage in nationalen und internationalen Gremien dienen.

2. Grundlagen und Begriffe

Als kritisches Bremsmanöver wird die sog. Not- oder Panikbremsung angesehen [3], d.h. in einem entsprechenden Versuch hat der Fahrer die Aufgabe, in möglichst kurzer Zeit möglichst heftig zu bremsen. Panikbremsungen bedeuten bei Schleppern in der Regel blockierte Hinterräder, die ein eindeutiger und gut reproduzierbarer Fahrzustand sind.

Ein solcher Bremsvorgang läuft in idealisierter Form zeitlich wie folgt ab, Bild 1 [4]:

Nach freier Fahrt benötigt der Schlepperfahrer die Wahrnehmungs-, Schreck- und Reaktionszeit, um ein Hindernis zu erkennen und den Fuß auf das Bremspedal zu setzen. Beginnend mit dem Anstieg der Betätigungskraft, entsteht das Zusammenspiel Fahrer – Fahrzeug, das näher untersucht wurde:

Während der Betätigungszeit t_F steigt die Betätigungskraft F_F zum Endwert an. Die Verzögerung setzt nach der Ansprechzeit t_a ein, nimmt während der Schwellzeit t_S zu, um während der Zeit t_V als Vollverzögerung b_V bis zum Stillstand des Fahrzeuges zu wirken. Das so zwischen der Abszisse und dem Verzögerungsverlauf entstandene Trapez kann in ein Rechteck idealisiert werden. Damit erhält man aus Ansprech- und halber Schwellzeit die Verlustzeit t_u [5, 6]:

$$t_u = t_a + t_S/2 \quad (1)$$

Diese Idealisierung wirkt sich als Fehler beim Geschwindigkeitsverlauf und dessen Integral, dem Bremsweg, nur gering aus (Bremswegdifferenzen bei Schleppern kleiner 0,5 %).

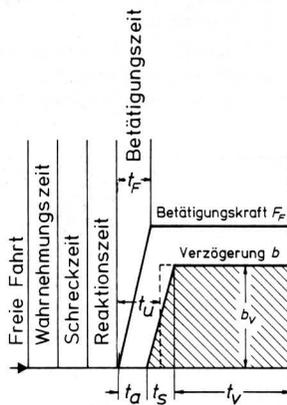


Bild 1. Ablauf eines Bremsvorgangs, schematisiert.

Verzögert man einen Ackerschlepper, wirkt im Schwerpunkt die Massenträgheitskraft in Fahrtrichtung und beeinflusst die Achslastverteilung [7]. Die so entstehenden dynamischen Achslasten sind vorne größer und hinten kleiner als die Achslasten im statischen Zustand des stehenden Fahrzeuges, Bild 2.

Unter Berücksichtigung dieser Achslastveränderungen kann man eine maximal mögliche Verzögerung beim Bremsen der Hinterachse errechnen:

$$b_H = g (f_R + \mu l_V/l) / (1 + \mu h/l) \quad (4)$$

mit
 μ Kraftschlußbeiwert
 g Fallbeschleunigung
 f_R Rollwiderstandsbeiwert.

Diese kraftschlußbedingte Verzögerung hängt also neben dem Rollwiderstandsbeiwert und dem Kraftschlußbeiwert nur von der Lage des Schwerpunktes ab, und zwar von der Schwerpunkthöhe und dem Abstand zur Vorderachse jeweils bezogen auf den Radstand.

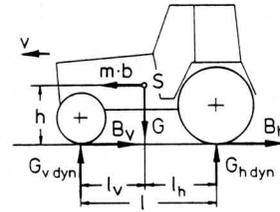


Bild 2. Dynamische Achslasten beim Bremsen.

3. Vorschriften

Der Gesetzgeber läßt für landwirtschaftliche Fahrzeuge bis 25 km/h hinsichtlich des Bremsverhaltens der Betriebsbremsanlagen gewisse Erleichterungen zu [8, 9, 10]: Der Schlepper ohne Anhänger – mit oder ohne Anbaugerät – muß nicht über alle Räder bremsen, weder nach § 41 StVZO noch nach 76/432/EWG. Eine Vollverzögerung von rund 3 m/s² (§ 41 StVZO) bzw. eine mittlere Verzögerung über dem Bremsweg von 2,4 m/s² (71/320/EWG) oder 1,5 m/s² (§ 41 StVZO) sind ausreichend.

Schlepper bis 30 km/h (§ 41) müssen hinsichtlich der Auslegung der Bremsanlage mit einer Vollverzögerung von 4,4 m/s² bremsen können; wenn nur die Hinterachse gebremst wird, dann darf diese schon bei rund 3,6 m/s² zu gleiten beginnen. Schlepper, die schneller als 30 km/h fahren, müssen nach europäischen Richtlinien [10] Anforderungen erfüllen (Bremsen an allen Rädern und automatisch lastabhängige Bremskraftverteilung), die für Fahrzeuge mit vergleichsweise langem Radstand und gefederten Achsen entwickelt wurden. Dies stößt aus Gründen schlepperspezifischer Anforderungen und Betriebsbedingungen auf Probleme.

In der Bremswegformel für Nutzfahrzeuge [10]

$$s = 0,15 v + v^2/115 \quad (5)$$

mit

s in m und
 v in km/h

ist im ersten Term eine Verlustzeit von 0,54 s enthalten. In den Nenner des zweiten Gliedes der Gleichung wurde eine mittlere Vollverzögerung von 4,4 m/s² eingerechnet.

Eine von FZD durchgeführte Analyse dieser Bremswegformel im Vergleich zu anderen nationalen und internationalen Vorschriften für Ackerschlepper ergab, daß die Bremswegvorschrift der EG 71/320/EWG für schnelllaufende Nutzfahrzeuge durchaus auch für Schlepper und landwirtschaftliche Züge geeignet ist [11]. Dabei wurde berücksichtigt, daß Fahrzeughersteller mit einer Bremsanlage möglichst viele unterschiedliche Vorschriften abdecken wollen, um die Produktionskosten gering zu halten.

4. Bremsversuche

4.1 Bremsanlagen in Ackerschleppern

Eine Auswertung der Herstellerunterlagen von 194 Schleppertypen und OECD-Testberichten der DLG ergab eine große Vielfalt unterschiedlicher Bremsanlagen in Ackerschleppern [12]:

- Die meisten Schleppertypen (159) werden nur an der Hinterachse gebremst, wobei die Bremskraft vom Fahrer gebracht (Muskelkraftbremsanlage) und mechanisch oder hydraulisch zur Bremse übertragen wird.
- Bei Allradschleppern, die aufgrund ihrer Schwerpunktlage nicht hinreichende Vollverzögerungswerte erzielen können, wird meist über eine Zusatzbremse auf der Gelenkwelle zur Vorderachse diese mitgebremst (Kardanwellenbremse). Diese vereinfachten Vierradbremssysteme sind Muskelkraftbremsanlagen.

c) Bremsen an allen Rädern werden in der Regel in Verbindung mit Fremdkraftbremsanlagen eingebaut, die wie in schnelllaufenden Nutzfahrzeugen aufgebaut sind.

Auf der letzten DLG-Ausstellung im Frühjahr 1982 wurden erstmals Allradsschlepper vorgestellt, die bei Betätigung der Bremsanlage automatisch auf Allradantrieb umschalten.

Bei der Untersuchung von Schleppern ohne Anhänger standen als Versuchsfahrzeuge 16 Maschinen mit zulässigen Gesamtmassen zwischen 3200 kg und 7500 kg zur Verfügung. Der Zustand der Schlepper reichte von fabriken neu bis zu einem Alter von 7 Jahren und 1500 Betriebsstunden. Diese Schlepper waren mit unterschiedlichen Bremsanlagen ausgerüstet, die etwa den oben beschriebenen Stand der Technik repräsentierten, Bild 3.

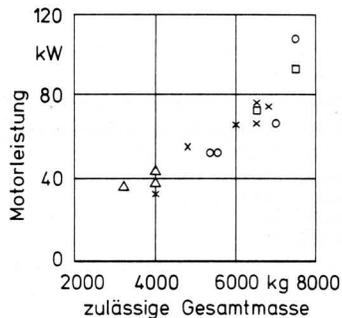


Bild 3. Motorleistung als Funktion der zulässigen Gesamtmasse und Eigenschaften der Bremsanlagen für die untersuchten Acker-schlepper.

- △ Hinterachsmechanisch, mechan. Kraftübertragung
- × Hinterachshydraulisch, hydraul. Kraftübertragung
- Hinterachsendirekt, indirektes Bremsen der Vorderachse
- Bremsen an allen Rädern

4.2 Meßtechnik und Versuchsbedingungen

Die zeitlichen Verläufe der Betätigungskraft, des Druckes im Bremssystem, der Verzögerung, der Raddrehzahlen und der Fahr-geschwindigkeit wurden unmittelbar gemessen und aufgezeichnet, Bild 4.

Alle Meßwerte wurden mit einem an Bord mitgeführten Mikrocomputer erfaßt und mittels Rechenanlagen im Labor ausgewertet.

Die Versuche wurden auf unterschiedlichen Fahrbahnen durchgeführt, wie trockenem und nassem Asphaltbeton, Betonverbund-pflaster und festgefahrener Steinerde. Weitere Versuche erfolgten auf einseitig glatter Fahrbahn und verschneiten Straßen. Für einzelne Bremsversuche mit gleichzeitiger definierter vertikaler Stoß-anregung wurde eine ca. 35 mm hohe Schwelle auf eine ebene Fahrbahn gelegt.

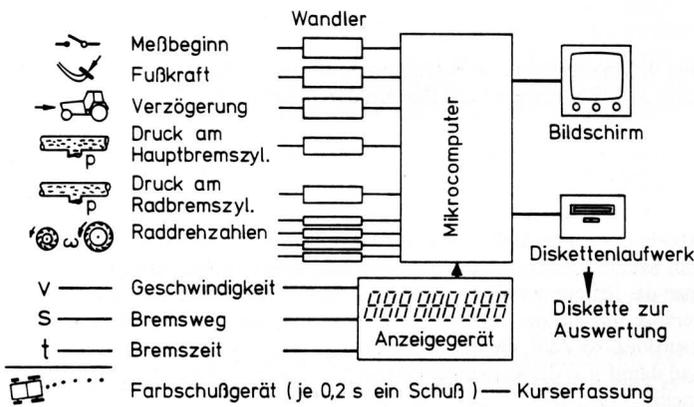


Bild 4. Meßwerterfassung am Schlepper.

Die Schlepper wurden leer sowie bei zulässiger Gesamtmasse und gleichzeitig maximal zulässiger vorderer Achslast gemessen. In speziellen Versuchen wurde bei zulässiger Gesamtmasse das Massen-trägheitsmoment bezüglich der Querachse variiert.

Für jeden Versuchszustand wurden zwischen 3 und 5 Messungen durchgeführt, je nach Reproduzierbarkeit der Versuche. Auf griffigen ebenen Fahrbahnen lag bei 40 km/h Ausgangsgeschwindigkeit die Standardabweichung des Bremsweges über 5 Versuche bei $\pm 0,3$ m. Unebene Fahrbahnen und feuchte oder nasse Oberflächen erhöhen den Streubereich erheblich.

4.3 Bremsungen auf festen, griffigen Fahrbahnen

Die gemessenen Bremswege fielen auf griffigen Fahrbahnen je nach Bremsanlage unterschiedlich lang aus: Die längsten Bremswege benötigen Schlepper, die nur mit Bremsen an der Hinterachse ausgerüstet sind. Als Folge der bezogen auf den Radstand hohen Schwerpunktlage entsteht eine starke Hinterachs-entlastung, so daß an der Rutschgrenze nur geringe Vollverzögerungswerte möglich sind. Dies wird besser bei Verwendung einer Kardanwellenbremse oder durch automatisches Zuschalten des Allradantriebes. Die zuletzt genannte Lösung erreichte die kürzesten Bremswege, Bild 5.

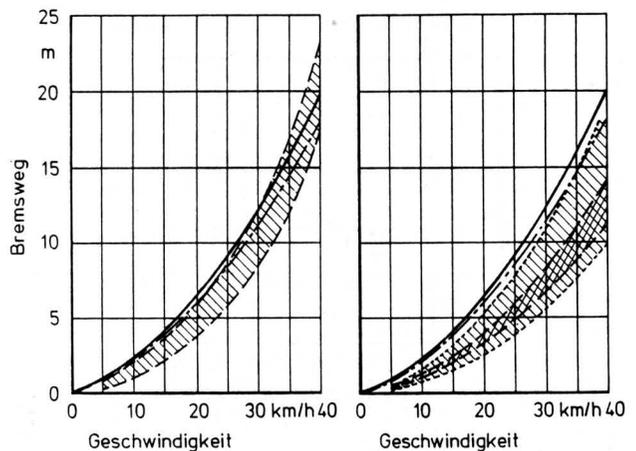


Bild 5. Bremswege von Schleppern bei zulässiger Gesamtmasse.

- Bremsweg für Nutzfahrzeuge entspr. Richtlinie 71/320/EWG: $s = 0,15 v + v^2/115$
- - - Vorschlag: $s = 0,15 v + v^2/130$
- ▨ Schlepper mit Bremsen an jedem Rad
- ▩ Schlepper mit vereinfachter Allradbremsanlage

Ein zum Vergleich untersuchter Lkw von 7490 kg zulässiger Gesamtmasse und pneumatisch-hydraulischer Fremdkraftbremsanlage mit Bremskraftregler an der Hinterachse lag im Bremswegbereich der an allen Rädern gebremsten Schlepper.

Zu den Bremswegen auf griffigen Fahrbahnen mit Schleppern ohne Anhänger kann man zusammenfassend sagen, daß mit heute üblichen Bremsanlagen in Schleppern bei Panikbremsungen kürzere Bremswege erzielt werden können, als die Vorschrift 71/320/EWG von schnelllaufenden Nutzfahrzeugen fordert.

Diese relativ kurzen Bremswege entstehen hauptsächlich durch sehr kurze Verlustzeiten, da in Schleppern meistens Muskelkraftbremsanlagen verwendet werden, Bild 6:

Bei einer Betätigungszeit von 0,2 s wurden bei Muskelkraftbremsanlagen Verlustzeiten bis zu 0,33 s gemessen. Dies sind 0,21 s weniger als die Verlustzeit, die man aus der Bremswegformel 71/320/EWG für Nutzfahrzeuge mit 0,54 s errechnet. Besonders kurze Verlustzeiten von maximal 0,27 s bei einer Betätigungszeit von 0,2 s erreichten die Bremsanlagen mit mechanischer Kraftübertragung.

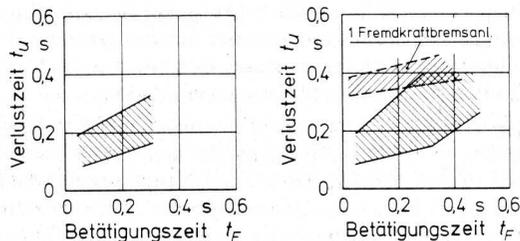


Bild 6. Dynamik von Schlepperbremsanlagen, nach Gl. (1):
 $t_u = t_a + t_S/2$.

Auch eine Bremsanlage mit pneumatisch-hydraulischer Fremdkraft benötigte mit maximal 0,43 s kürzere Verlustzeiten als von Nutzfahrzeugen gefordert wird.

Als mittlere Vollverzögerungen wurden je nach Schlepper und Bremsanlage sehr unterschiedliche Werte gemessen, **Bild 7**.

Die kleinsten Werte lagen bei $3,0 \text{ m/s}^2$ (Hinterradbremssysteme), die größten bei $7,6 \text{ m/s}^2$ (automatische Allradschaltung). Diese Werte hängen u.a. von der Anzahl der Bremsstellen und der Schwerpunktlage des Schleppers ab.

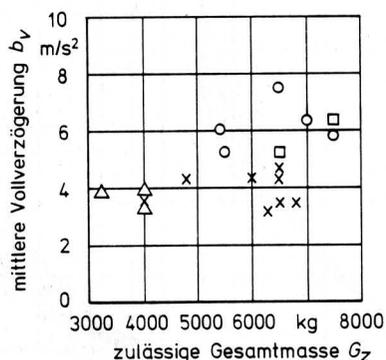


Bild 7. Mittlere Vollverzögerung in Zuordnung zu der zulässigen Gesamtmasse von 18 Ackerschleppern.

- △ Hinterachsbremsanlage, mechan. Kraftübertragung
- × Hinterachsbremsanlage, hydraul. Kraftübertragung
- Hinterachsbremsanlage u. indirektes Bremsen der Vorderachse
- Bremsen an allen Rädern

4.4 Bremsungen auf unterschiedlichen Fahrbahnen

Zwei Schlepper wurden auf unterschiedlichen Fahrbahnen und auch abseits befestigter Fahrbahnen auf Steinerde gebremst. Eine Maschine war mit Bremsen an der Hinterachse ausgerüstet, die andere hatte zusätzlich eine Kardanwellenbremse. Die Streubereiche des Bremsweges überdecken sich stark, so daß hier in **Bild 8** nur die arithmetischen Mittelwerte angegeben werden.

Bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h wurden mit dem Schlepper mit Hinterradbremssysteme auf nassem Asphalt im Mittel 6 m längere Bremswege gemessen als auf griffigem trockenem Beton-Verbundpflaster. Bei dem Schlepper mit Kardanwellenbremse wurden auf ähnlichen Fahrbahnen bis zu 3 m unterschiedliche Bremswege ermittelt. Auf trockener und feuchter festgefahrener Steinerde wurden Bremswegunterschiede bis zu $2,5 \text{ m}$ zwischen Maximal- und Minimalwert bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h festgestellt.

Das Verhalten der Schlepper weicht auf unterschiedlichen Fahrbahnen nicht von dem anderer Fahrzeuge (Pkw, Lkw) ab. Die relativ kurzen Bremswege auf Steinerde entstehen infolge des Abscherens der Fahrbahnoberfläche durch das grobstollige Reifenprofil. Das blockierte Rad schiebt dann eine Art Unterlegkeil vor sich her.

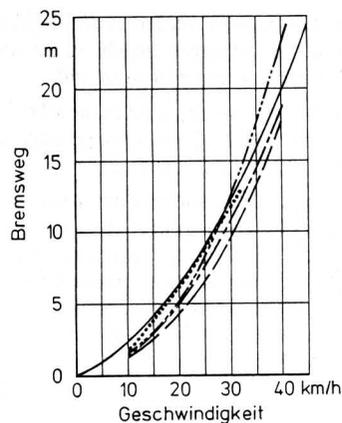


Bild 8. Bremswege auf unterschiedlichen Fahrbahnen.

- Bremsweg für schnelllaufende Nutzfahrzeuge entspr. Richtlinie 71/320/EWG: $s = 0,15 v + v^2/115$
- - - Beton-Verbundpflaster, trocken
- - - Asphaltbeton, trocken
- - - Asphaltbeton, naß
- Steinerde, feucht

4.5 Einfluß von Schlepperschwingungen auf das Bremsverhalten

Als ganz typische Erscheinungen traten bei allen Bremsversuchen von Hubschwingungen überlagerte Nickschwingungen auf. Diese Schwingungen sind um so ausgeprägter, je höher die Fahrgeschwindigkeit ist; sie können durch den Bremsvorgang angeregt, verstärkt oder u.U. auch verringert werden, **Bild 9**.

Der Fahrer ist nur über den Sitz, das Lenkrad und das Bremspedal elastisch mit dem Fahrzeug verbunden und kann Schwingungen ausführen. Die Verzögerungsänderungen und Fahrzeugschwingungen erzeugen daher Rückwirkungen auf den Fahrer und seine Betätigungskraft auf das Bremspedal.

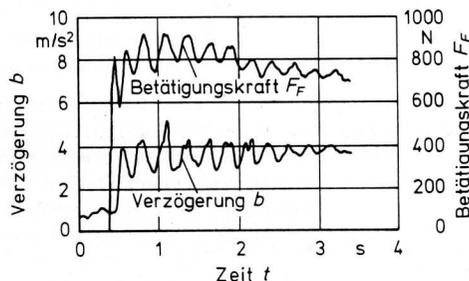


Bild 9. Verzögerung und Betätigungskraft bei der Panikbremsung eines 32 kW -Schleppers mit Hinterradbremssysteme aus $36,8 \text{ km/h}$.

Als ein geeignetes Maß für die Schwingungen beim Bremsvorgang können die Verzögerungsänderungen angesehen werden. Bezieht man die Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert der Vollverzögerung auf die mittlere Vollverzögerung, erhält man eine dimensionslose Zahl, die die Größe der Bremskraftschwankungen und damit u.a. der schwingungsbedingten Radlastschwankungen angibt.

Einige besonders schwingungsempfindliche Schlepper vergrößerten in Extremfällen durch die Nickschwingungen den Bremsweg bis zu 50% , **Tafel 1**.

	Nickschwingungen	
	hoch	niedrig
Relative Verzögerungsänderungen $\Delta b_V/b_V$	2,62	0,8
Bremsweg	25,5 m	17,1 m
Schwellzeit t_S	0,35 s	0,7 s
Geschwindigkeit	46,6 km/h	45,1 km/h

$\Delta b_V/b_V$ ist die auf die mittlere Vollverzögerung bezogene Differenz zwischen maximaler und minimaler Vollverzögerung.

Tafel 1. Einfluß von Verzögerungsänderungen auf den Bremsweg.

Der Grund dafür ist der Bremskraftstoß, der auf der Fahrbahn angreift und daher zur Massenträgheitskraft im Schwerpunkt einen Hebelarm hat. Dadurch federn die Vorderreifen ein und die Hinterreifen aus, so daß eine Schwingung angeregt wird. Verkleinert man den Stoß, etwa durch Verlängerung der Schwellzeit innerhalb bestimmter Grenzen, verkürzt sich der Bremsweg, Bild 10. Dies widerspricht eigentlich den Anforderungen an das Gesamtsystem bei Panikbremsungen. Die Hauptanregungen der Schlepperschwingungen sind in der Regel Fahrbahnunebenheiten, so daß sich im Extremfall Fahrzeugeigenschwingungen, vertikaler Stoß und Bremskraftstoß überlagern können.

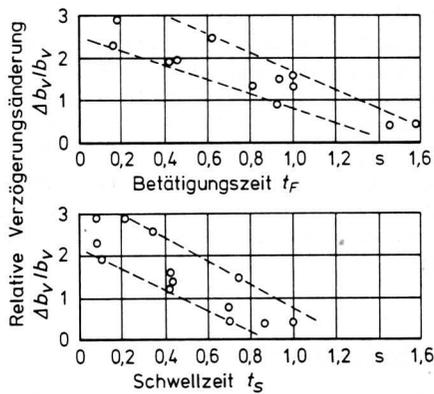


Bild 10. Relative Verzögerungsänderung als Funktion der Betätigungszeit (oben) und als Funktion der Schwellzeit (unten).

Eine Variation des Beladungszustandes und des Massenträgheitsmomentes bezüglich der Querachse des Schleppers ergab, daß der unbeladene Schlepper auf unebener Fahrbahn als besonders kritischer Fall mit den höchsten relativen Verzögerungsänderungen und den längsten Bremswegen anzusehen ist, Bild 11. Bei großem Massenträgheitsmoment und geringer vorderer Achslast (hinten angebaute Arbeitsmaschine) verschlechterte sich mit steigender Geschwindigkeit, beginnend um 40 km/h, die Zielgenauigkeit der Lenkung stark.

4.6 Kursstabilität

Die Kursstabilität auf allen ebenen Fahrbahnen war aufgrund des großen Massenträgheitsmomentes um die Schlepperhochachse sehr gut.

Auf einseitig glatter Fahrbahn wurde außerdem untersucht, wie sich die Kardanwellenbremse auf die Kursstabilität und die Kräfte am Lenkrad auswirkt, wenn an der Vorderachse des Schleppers ein normales Ausgleichsgetriebe oder ein Selbstsperrdifferential eingebaut ist. Das Ausgleichsgetriebe bewirkt bei stark unterschiedlichen Kraftschlußbeiwerten rechts/links an der Vorderachse ein Rück-



Bild 11. Bremsversuche mit einer Versuchseinrichtung zur Änderung des Massenträgheitsmoments des Schleppers.

wärtsdrehen des Rades mit dem niedrigen Kraftschlußbeiwert, wenn die Kardanwellenbremse zugespant wird. Gerät dann das Rad wieder auf ein Fahrbahnstück mit hohem Kraftschlußbeiwert, darf durch Stöße in der Lenkung nicht die Kontrolle des Fahrers über das Fahrzeug beeinträchtigt werden.

Die Versuche, Bild 12, wurden bei festgehaltenem Lenkrad mit und ohne Lenkkorrekturen durchgeführt. Stöße am Lenkrad bei einseitiger Änderung des Kraftschlußbeiwertes Reifen/Fahrbahn wurden nicht festgestellt. Die Kursstabilität war mit Selbstsperrdifferential (kraftschlüssiges Sperren durch Lamellenkupplungen, Sperrwert 40%) ungünstiger: Der Schwerpunkt des Schleppers wurde durchschnittlich 0,5 m mehr seitlich abgelenkt, die Schrägstellung des Schleppers war mindestens 3 Grad größer. Durch Kurskorrekturen konnten die Fahrer die Fahrtrichtung einhalten. Nach den subjektiven Eindrücken der Fahrer war dies ohne Selbstsperrdifferential an der Vorderachse einfacher zu erreichen.



Bild 12. Allradschlepper mit Kardanwellenbremse nach Bremsversuch auf einseitig glatter Fahrbahn.

5. Zusammenfassung

Das Bremsverhalten landwirtschaftlicher Schlepper ohne Anhänger wurde an 16 Fahrzeugen, die das aktuelle Serienangebot repräsentieren, untersucht. Hierbei wurden alle relevanten Betriebsparameter (Beladung, Fahrbahn-, Bremsen- und Bereifungszustand, Fahrer, Fahrgeschwindigkeit) einbezogen und variiert.

Im wichtigsten Kriterium "Bremsweg bei Panikbremsungen" können heutige Ackerschlepper die nach RREG 71/320 für Nutzfahrzeuge zulässigen Bremswege im Geschwindigkeitsbereich bis 40 km/h bei bemerkenswert guter Kursstabilität einhalten.

Voraussetzung für diese adäquate Bremssicherheit der Ackerschlepper im Geschwindigkeitsbereich bis 40 km/h sind eine entsprechende Anpassung der dynamischen Achslasten durch die Schwerpunkt-lage und eine Begrenzung des Einflusses der Bremsnickschwingungen durch geeignete konstruktive Maßnahmen.

Eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der Bremsanlagen und das allgemeine Fahrverhalten über 40 km/h bedarf weiterer Untersuchungen insbesondere hinsichtlich der Auswirkungen der schlepper-typischen Bremsnickschwingungen, der Kursstabilität und der Lenkeigenschaften.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Auernhammer, H.*: Transporte in der Landwirtschaft – größer oder schneller? Landtechnik Bd. 36 (1981) H. 4, S. 171/74.
- [2] *Söhne, W.*: Ackerschlepper 1982. Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ) Bd. 85 (1983) H. 1, S. 37/48.
- [3] *Zomotor, A.*: Verhalten eines Fahrerkollektives in Not-situationen. Der Verkehrsunfall Bd. 17 (1979) H. 12.
- [4] ● *Bussien, R.*: Automobiltechnisches Handbuch. Band II, 18. Auflage, S. 65 ff. Berlin: Technischer Verlag Herbert Cram, 1965.
- [5] *Bode, O. u. H. Meyer*: Versuche zur Ermittlung von Kennwerten für die unmittelbare Bremsprüfung. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik Heft 96, Düsseldorf: VDI-Verlag 1956.
- [6] *Bode, O., H. Merz u. M. Dreier*: Bremsverhalten und Bremsprüfung von Fahrzeugen mit nicht mehr als 20 km/h Höchstgeschwindigkeit. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik Heft 98, Düsseldorf: VDI-Verlag 1956.
- [7] *Burckhardt, M. u. E.-Chr. Glasner von Ostenwall*: Beitrag zur Beurteilung des Beschleunigungs- und Bremsverhaltens eines Kraftfahrzeuges. Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ) Bd. 76 (1974) H. 4, S. 103/107.
- [8] Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung; § 41. Straßenverkehrsrecht, Loseblatt-Textsammlung, München: Ch. Beck'sche Verlagsbuchhandlung.
- [9] Richtlinie des Rates vom 6. April 1976 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bremsanlagen von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern, 76/432/EWG FEE, Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Loseblatt-Textsammlung, Bonn-Bad Godesberg: Verlag Kirschbaum 1976.
- [10] Richtlinie des Rates vom 26. Juli 1971 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bremsanlagen bestimmter Klassen von Kraftfahrzeugen und deren Anhänger 71/320/EWG FEE, Fahrzeugtechnik EWG/ECE, Loseblatt-Textsammlung, Bonn-Bad Godesberg: Verlag Kirschbaum 1971.
- [11] *Grammes, G.*: Anforderungen an die Bremsanlage von landwirtschaftlichen Zugmaschinen über 25 km/h bis maximal 40 km/h. Diplomarbeit 5/78 am Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Hochschule Darmstadt, 1978, unveröffentlicht.
- [12] *Lenhardt, Th.*: Bauarten von Bremsanlagen in lof Zugmaschinen. Theoretische Studienarbeit Nr. 79/80 am Fachgebiet Fahrzeugtechnik, Technische Hochschule Darmstadt, 1981, unveröffentlicht.

Strömungsverhältnisse und Strömungsformen bei Gebläsen für Sprüheräte in Raumkulturen

Von Eberhard Moser und Ulrich Roßwag, Stuttgart-Hohenheim*)

DK 632.9:621.6:533.011

Wegen der besonderen Anforderungen beim Pflanzenschutz in Raumkulturen – räumliche Anordnung der zu behandelnden Pflanzenteile und z.T. große Wege der Brüheteilchen vom Gerät bis zur Zielfläche – wird hier im allgemeinen mit einem Trägerluftstrom gearbeitet.

Der Beitrag stellt die Grundeigenschaften verschiedener Gebläsebauarten und der zugehörigen Luftströme dar und gibt eine empirische Gleichung an, mit der die Geschwindigkeit in der Mitte des Luftstrahls in Abhängigkeit von den Abmessungen des Luftaustritts, der Anfangsgeschwindigkeit der Luft und der Fahrgeschwindigkeit berechnet werden kann.

*) Prof. Dr.-Ing. E. Moser ist Leiter des Fachgebietes Verfahrenstechnik für Intensivkulturen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Dipl.-Ing. agr. U. Roßwag ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am gleichen Institut.

1. Einleitung

In Intensivkulturen wird auch in Zukunft dem chemischen Pflanzenschutz eine große Bedeutung zukommen. Besonders Dauerkulturen, wie Obst, Reben und Hopfen, werden durch eine Vielzahl von Schadorganismen gefährdet, so daß in enger zeitlicher Abfolge – bis zu 20mal im Jahr – Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden müssen.

Aus ökonomischer und ökologischer Sicht ist eine Applikationstechnik notwendig, die den Wirkstoff gezielt anlagert, ohne die Umwelt zu belasten. Gegenüber Flächenkulturen ergeben sich für Raumkulturen höhere Anforderungen an die Geräte, da die Tröpfchen auf ihrer längeren Flugbahn durch Thermik, Wind und Gravitation stärker abgelenkt werden. Sie verlieren rasch kinetische Energie, wodurch ihr Anlagerungsvermögen herabgesetzt wird.

Die räumliche Ausdehnung der Pflanzen und die Notwendigkeit einer gleichmäßigen Wirkstoffanlagerung auf allen Pflanzenteilen erfordert ein Durchdringen vorgelagerter Teile. Insbesondere ist der Belag auf Blattunterseite und Neuaustrieben von Bedeutung, da hier die Schädlinge und Pilzkrankheiten zu Beginn des Befalles bzw. der Infektion zuerst auftreten und bekämpft werden müssen [1].