

A large, white, stylized silhouette of a tractor is centered in the background of the title area. The tractor is shown from a side profile, facing right. The background is a light green gradient.

Bremsen für land- oder forstwirtschaftliche Fahrzeuge

1. Einleitung

Jeder Landwirt muss zur Durchführung seiner Arbeiten zwangsläufig Straßen und Wege befahren. Dabei werden nicht nur landwirtschaftliche Güter, wie Saat- und Erntegut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel oder ähnliches befördert, sondern auch Maschinen und Geräte, die z. B. für die Feldarbeiten benötigt werden. Es liegt im Interesse jedes Verkehrsteilnehmers, also

auch des Landwirtes, alle Transporte möglichst ohne Risiko und ohne Schaden durchzuführen. Diese Forderung kann aber nur erfüllt werden, wenn bestimmte Grundvoraussetzungen gegeben sind. Zu diesen gehört, dass die Fahrzeuge genügend schnell und sicher abgebremst werden und dass abgestellte Fahrzeuge sich nicht ungewollt in Bewegung setzen

können. Die Gewichte von Transportanhängern, aber auch die von angehängten Maschinen sind in den letzten Jahren so gestiegen, dass bei ebenfalls angestiegenen und weiter ansteigenden Fahrgeschwindigkeiten nur noch selten auf eine Bremsanlage am Anhängfahrzeug verzichtet werden kann. In diesem Merkblatt wird dargestellt, welche Forderungen sowohl im Rahmen des Straßenverkehrsrechtes als auch beim Arbeitsschutz auf dem Felde (VSG; früher UVV) für die Bremsanlagen von land- oder forstwirtschaftlichen (lof) Fahrzeugen bestehen und welche Folgerungen daraus zu ziehen sind.

2. Vorschriften für Bremsen

2.1 Grundsatz

Nach den geltenden Vorschriften muss die Bremsanlage bei allen Geschwindigkeiten und Beladungszuständen sowie bei beliebiger Steigung und beliebigem Gefälle die Kontrolle der Fahrzeugbewegung sowie ein sicheres, schnelles und wirksames Anhalten des Fahrzeuges ermöglichen. Die Wirkung muss abstufbar sein. Eine Feststellbremsanlage muss es ermöglichen, das Fahrzeug auch bei Abwesenheit des Fahrers in der Steigung und im Gefälle im Stillstand zu halten.

Diese grundsätzlichen Aussagen werden durch Bau- und Ausrüstungsvorschriften, Betriebsvorschriften sowie Anforderungen (Bremswirkung, Fehlerfall) konkretisiert.

2.2 Traktoren und selbstfahrende Arbeitsmaschinen

Traktoren (lof-Zugmaschinen) und selbstfahrende Arbeitsmaschinen müssen mit zwei unabhängigen Bremsanlagen

Aufgrund der Fortschreibung der Vorschriften für Bremsen sowohl national als auch international (EG), wurde eine Überarbeitung des letztmals 1984 aufgelegten Merkblattes erforderlich. Dabei erschien es zweckmäßig, einen Abschnitt über die Physik des Bremsens einzufügen und hier insbesondere die Fachbegriffe zu erläutern. Weiterhin wurde unter dem Abschnitt „Ausblick“ versucht, die künftige Entwicklung der Vorschriften für Bremsanlagen in lof-Fahrzeugen im Rahmen der EG-weiten Harmonisierung einzuschätzen. Ferner wurde die Liste mit vertiefender Literatur zu straßenverkehrsrechtlichen Fragen erweitert.

(Betriebsbremsanlage, Hilfsbremsanlage) sowie einer Feststellbremsanlage ausgerüstet sein. Die Wirkung von Betriebs- und Hilfsbremse müssen abstufbar sein.

Betriebsbremsanlagen in Fahrzeugen mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von nicht mehr als 25 km/h müssen eine mittlere Vollverzögerung von 3,5 m/s² erreichen. Liegt die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeuges über 25 km/h, muss mit der Betriebsbremse eine mittlere Vollverzögerung von 5,0 m/s² erreicht werden.

Traktoren, die eine EG-Betriebserlaubnis haben, dürfen bei einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit bis 40 km/h einen maximal zulässigen Bremsweg in Abhängigkeit der jeweiligen bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit erreichen, der nach folgender Formel berechnet wird.

$$S_{\max} \leq 0,15v + \frac{v^2}{116} \quad (v \text{ in km/h; } s \text{ in m})$$

Dabei entspricht der Wert $v^2/116$ einer mittleren Vollverzögerung von $4,5 \text{ m/s}^2$.

Mit der Hilfsbremsanlage müssen jeweils 50 % der Werte, die für die Betriebsbremse vorgeschrieben sind, erreicht werden.

Bei Personenkraftwagen wird die Forderung nach einer Hilfsbremsanlage durch eine Zweikreisbremsanlage erfüllt. Bei Traktoren und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen ist aufgrund der konstruktiven Ausführungen der Fahrwerke in der Regel keine Zweikreisbremsanlage vorhanden. Die Hilfsbremswirkung darf in diesem Falle über die Feststellbremse sichergestellt werden. Die Feststellbremse muss dann in ihrer Wirkung abstufbar sein.

Bei Fahrzeugen mit einem hydrostatischen Fahrantrieb wird der durch den Fahrantrieb erzeugte Anteil der Bremsverzögerung mit berücksichtigt. Dies hat für den Konstrukteur von Traktoren und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen den Vorteil, dass die Reibungsbremsen hydrostatisch angetriebener Fahrzeuge für eine entsprechend niedrigere Leistung ausgelegt werden müssen und die Bremse einen entsprechend geringeren Bauraum benötigt.

In heutigen Traktoren werden überwiegend sogenannte nasse Bremsen eingebaut, d. h. im Ölbad laufende hydraulisch betätigte Vollscheibenbremsen, die auf die Hinterräder wirken. Die Einbeziehung der Vorderachse in den Bremsvorgang erfolgt entweder durch automatische Zuschaltung des Vorderachsantriebes beim Bremsen, durch eine sogenannte Kardanwellenbremse, die bei Betätigung der Hinterachsbremse automatisch mitbetätigt wird oder durch separate Bremsen an den Vorderädern.

Die Feststellbremse muss in der Lage sein, das bis zu seinem zulässigen Gesamtgewicht beladene Fahrzeug in einer Steigung und einem Gefälle von 18 % halten zu können.

Für Traktoren mit EG-Betriebserlaubnis muss darüber hinaus die Feststellbremse in der Lage sein, den Traktor mit einem ungebremsten Anhänger von bis zu 3 Tonnen in einer Steigung oder einem Gefälle von 12 % zu halten.

Die sogenannten Lenkbremsen bei Traktoren (Einzelradbremsen zur Bremsung des linken bzw. rechten Hinterrades) müssen bei Fahrten auf öffentlichen Straßen so gekoppelt werden, dass eine gleichmäßige Bremsung sichergestellt ist.

Traktoren über 3,5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht und über 60 km/h bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit müssen mit automatischen Blockierverhinderern (ABS) ausgerüstet sein.

2.3 Anhänger und Geräte

2.3.1 Transportanhänger

Transportanhänger sind gezozene Fahrzeuge, die geeignet und bestimmt sind zum Transport landwirtschaftlicher Betriebsmittel und Erzeugnisse.

Anhänger müssen grundsätzlich mit einer Betriebsbremse, einer Feststellbremse und einer Abreißbremse, die beim Lösen des Anhängers vom Zugfahrzeug selbsttätig wirkt, ausgerüstet sein. In Abhängigkeit von der Höchstgeschwindigkeit des Anhängers gelten die gleichen Verzögerungswerte wie für Traktoren und selbstfahrende Arbeitsmaschinen.

Der Gesetzgeber gesteht jedoch folgende Erleichterungen zu:

Einachsanhänger und Tandemachsanhänger mit einem Achsabstand bis 1 m benötigen bei einer Achslast von höchstens 0,75 Tonnen keine eigene Bremse.

Beträgt die Höchstgeschwindigkeit höchstens 30 km/h (Geschwindigkeitsschilder erforderlich), ist bei einer Achslast von höchstens 3 Tonnen keine eigene Bremse notwendig.

Auflaufbremsen sind bis zu einem zulässigen Gesamtgewicht des Anhängers von 3,5 Tonnen zulässig, wenn die Bremse auf alle Räder des Anhängers wirkt.

Bis zu einer Geschwindigkeit von 40 km/h (Geschwindigkeitsschilder erforderlich) darf unter diesen Bedingungen das zulässige Gesamtgewicht des Anhängers 8 Tonnen betragen.

Beträgt die Höchstgeschwindigkeit höchstens 25 km/h (Geschwindigkeitsschilder erforderlich), braucht bis zu einem zulässigen Gesamtgewicht des Anhängers von 8 Tonnen nur eine Achse gebremst zu sein.

Werden bei Anhängern die oben genannten Geschwindigkeits- bzw. Gewichtsgrenzen überschritten, sind Fremdkraftbremsen erforderlich.

Die größte Verbreitung hat die Zweileitungsdruckluftbremse, bei der der Vorratsbehälter des Anhängers auch während des Bremsvorgangs befüllt werden kann. Einleitungsdruckluftbremsen sind auch weiterhin, jedoch nur bis 25 km/h Höchstgeschwindigkeit, zulässig.

Anhänger, die vor dem 31. Dezember 1991 auf dem Gebiet der ehemaligen DDR erstmalig zugelassen wurden, können auf dem Wege der Einzelausnahme, die bis zum 31. Dezember 2003 befristet ist, von der Umrüstung auf Zweileitungsbremse befreit werden, wenn der Einsatz ausschließlich im Ilof-Verkehr und in der Nahzone (75 km) erfolgt, die Ausnahmegenehmigung auf den Fahrzeughalter beschränkt wird und das Fahrzeug im Zug nicht schneller als 35 km/h (Betriebsvorschrift) gefahren wird. Eine Fristverlängerung über den 31. Dezember 2003 hinaus ist denkbar, wird aber voraussichtlich erst kurz vor Ablauf dieser Frist endgültig entschieden.

Anhänger, die mit einer Geschwindigkeit über 60 km/h gefahren werden dürfen und ein zulässiges Gesamtgewicht von mehr als 3,5 Tonnen haben, müssen zusätzlich mit automatischen Blockierverhinderern ausgerüstet sein (ABS).

Hydraulische Fremdkraftbremsen haben aufgrund des komplizierten Zulassungsverfahrens in Deutschland kaum Bedeutung, sind jedoch insbesondere in Frankreich und Italien weit verbreitet.

Umsteckbare Handbremshebel, die bisher bei Anhängern bis 4 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht verwendet werden durften, sind seit 1. Januar 1995 bei neuen Anhängern nicht mehr zulässig. Altfahrzeuge mit diesen Bremsen dürfen jedoch auch weiterhin betrieben werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzbedingungen abseits öffentlicher Straßen ist jedoch das Vorhandensein einer zusätzlichen mit Handhebel betätigten Bremse vorteilhaft. Deshalb hat der Gesetzgeber die Ausrüstung von Anhängern mit diesen

Bremsen als Zusatz- oder Arbeitsbremse ausdrücklich erlaubt. Diese Bremse gilt jedoch im Sinne der straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften nicht als Betriebsbremse. Die Betätigung einer Zusatz- oder Arbeitsbremse über ein Hydraulikventil ist ebenfalls zulässig. Beim nachträglichen Einbau einer Zusatz- oder Arbeitsbremse muss der Anhänger jedoch bei TÜV oder DEKRA vorgeführt werden.

2.3.2 Angehängte Arbeitsgeräte

Ein angehängtes Arbeitsgerät ist ein gezogenes Fahrzeug, das geeignet und bestimmt ist zur Verrichtung von Arbeit, nicht zum Transport von Gütern. Ein Laderaum zur Zwischenlagerung der bei der Arbeit anfallenden bzw. benötigten Hilfsmittel oder -stoffe, darf vorhanden sein. Wenn die Nutzlast eines gezogenen Fahrzeuges größer als 2 Tonnen und das Verhältnis von zulässigem Gesamtgewicht zu Leergewicht größer als 2 ist, wird das Fahrzeug als Transportanhänger eingestuft. Im Rahmen einer Einzelentscheidung hat das Bundesverkehrsministerium jedoch festgelegt, dass gezogene Pflanzenschutzgeräte unabhängig von ihrem zulässigen Gesamtgewicht und ihrer Nutzlast immer als angehängtes Arbeitsgerät einzustufen sind.

Ungefederte land- oder forstwirtschaftliche Arbeitsgeräte benötigen bis zu einem Leergewicht von 3 Tonnen keine eigene Bremse.

Alle übrigen Vorschriften für Bremsanlagen in Anhängern gelten auch für angehängte Arbeitsgeräte.

2.4 Fahrzeugkombinationen

Grundsätzlich gilt, dass beim Mitführen von Anhängern oder angehängten Arbeitsgeräten hinter Traktoren oder selbstfahrenden Arbeitsmaschinen die für das ziehende Fahrzeug vorgeschriebene Bremsverzögerung erreicht werden muss.

Beim Mitführen angehängter Arbeitsgeräte ohne Bremse muss das Leergewicht des Zugfahrzeuges mindestens so groß sein wie das Leergewicht des angehängten Arbeitsgerätes.

Beim Mitführen von einachsigen Transportanhängern ohne Bremse muss das Leergewicht des Zugfahrzeuges mindestens doppelt so groß sein wie die Achslast des Anhängers.

Hinter Traktoren dürfen zwei Anhänger bzw. Arbeitsgeräte mitgeführt werden.

Zwei auflaufgebremste Anhänger dürfen nur hinter Traktoren mitgeführt werden. Die maximal zulässige Höchstgeschwindigkeit (Betriebsvorschrift, Geschwindigkeitsschilder an den Anhängern erforderlich) darf 25 km/h aus Gründen der Fahrstabilität nicht überschreiten.

Zur Überprüfung, ob die vorgeschriebene Bremsverzögerung des Zugfahrzeuges beim Mitführen ungebremster Anhänger erreicht wird, kann eine Messung des Bremsweges durchgeführt werden. In Abhängigkeit von der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit des Zugfahrzeuges kann angenommen werden, dass die vorgeschriebene Bremsverzögerung erreicht wird, wenn folgende Bremswege nicht überschritten werden:

Höchstgeschwindigkeit	Bremsweg höchstens
20 km/h	6,50 m
25 km/h	9,10 m
30 km/h	12,30 m
40 km/h	19,80 m

Tabelle 1: Bremsweg in Abhängigkeit von der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit des Zugfahrzeuges

Aufgrund der großen Bandbreite der unterschiedlichen Anhänger und Arbeitsgeräte ist beim Betrieb von landwirtschaftlichen Fahrzeugkombinationen neben der notwendigen Übung und Fahrpraxis auch ein entsprechendes Fingerspitzengefühl unabdingbar.

2.5 Ausblick

Die Fortschreibung und weitere Entwicklung der künftigen Vorschriften für Traktoren, selbstfahrende Arbeitsmaschinen und gezogene Fahrzeuge wird nicht mehr auf nationaler Ebene betrieben werden, sondern aufgrund der europäischen Harmonisierung im Rahmen der Erstellung von internationalen Regelwerken, wie EG-Richtlinien, erfolgen.

Traktoren, Transportanhänger und angehängte Arbeitsgeräte werden hinsichtlich der Anforderungen an ihre Bremsanlagen in den Geltungsbereich einer EG-Richtlinie fallen.

Voraussichtlich wird die Auflaufbremse künftig nur noch bis maximal 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht zulässig sein. Die Anforderungen an hydraulisch betätigte Fremdkraftbremsen sollen im Rahmen der neuen EG-Richtlinie europaweit einheitlich formuliert werden, so dass auch für die Bundesrepublik Deutschland eine genehmigungsfähige hydraulische Anhängerbremse denkbar ist. Inwieweit sich diese Bremse am Markt durchsetzen wird, bleibt abzuwarten.

3. Unterlegkeile

Traktoren, selbstfahrende Arbeitsmaschinen und gezogene Fahrzeuge müssen gemäß der StVZO mit Unterlegkeilen entsprechend der folgenden Tabelle ausgerüstet sein. Die Unterlegkeile müssen im oder am Fahrzeug

leicht zugänglich mit Halterungen angebracht sein, die ein Verlieren und Klappern ausschließen. Haken oder Ketten dürfen als Halterungen nicht verwendet werden.

Fahrzeug	Anzahl Unterlegkeile
Traktor oder selbstfahrende Arbeitsmaschine bis 4 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht	0
Traktor oder selbstfahrende Arbeitsmaschine über 4 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht	1
Traktor oder selbstfahrende Arbeitsmaschine mit drei und mehr Achsen	2
Anhänger oder Arbeitsgerät unter 0,75 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht	0
Zweiachs-Anhänger oder -Arbeitsgerät über 0,75 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht	1
Einachs- und Tandemachs-Anhänger oder -Arbeitsgerät	2
Anhänger oder Arbeitsgerät mit drei und mehr Achsen	2

Tabelle 2: Anzahl der Unterlegkeile bei lof Fahrzeugen

Anmerkung: Traktoren mit EG-Betriebserlaubnis müssen nicht mit Unterlegkeilen ausgerüstet sein.

4. Wartung/Instandhaltung

Die Funktion der verschiedenen Bremsysteme kann ohne moderne Prüfgeräte nicht einwandfrei kontrolliert werden; festgestellte Mängel sind oft ohne Spezialwerkzeuge nicht zu beseitigen. Wartung, Prüfung und Reparatur der Bremsen sollten daher in entsprechenden Fachwerkstätten erfolgen. Der Landwirt kann jedoch selbst folgende Kontrollarbeiten ausführen:

Mechanische Bremsen

Für Traktoren und selbstfahrende Arbeitsmaschinen

- Bremspedale müssen rutschsicher sein, abgenutzte Trittflächen ggf. erneuern lassen.
- Kontrolle, ob Gestänge beschädigt und ob Gestänge gängig, gesichert und nicht ausgeschlagen sind.

- Sichtkontrolle der Bremsbacken und Bremsbeläge
- Kontrolle der Feststellbremse, Sperre darf nicht abgenutzt sein.
- Funktionskontrolle der Betriebs-, Feststell- und Hilfsbremsanlagen.

Auflaufbremsen

- Auflaufkopf auf Gängigkeit prüfen.
- Feststellen, ob Schaft gerade oder verbogen ist, ob er klemmt.
- Kontrolle, ob Bremsgestänge verbogen oder beschädigt ist. An Bremsgestängen darf nicht geschweißt werden!
- Kontrolle, ob alle Gestänge und Gelenke gängig, gesichert und nicht ausgeschlagen sind; Bremsseile und Bowdenzüge müssen möglichst gerade geführt sein, sie dürfen nicht beschädigt oder verknottet sein und keine Anrisse haben. Wenn erforderlich, Seile und Bowdenzüge

schmieren.

- Funktionskontrolle der Rückfahrsperrung bzw. der Rückfahrautomatik.
- Kontrolle der Bremsbacken und -beläge. Leichtes Nachstellen der Bremse muss möglich sein, wenn keine selbsttätige Nachstellvorrichtung vorhanden ist. (Im Zweifelsfall Fachmann hinzuziehen.)
- Kontrolle der Gängigkeit der Feststellbremse; Sperre darf nicht abgenutzt, Hebellager darf nicht ausgeschlagen sein.
- Kontrolle der Wirksamkeit der Abreibbremse (z. B. darf Gabel nicht aufschlagen, da sonst unwirksam als Fallbremse).

Druckluftbremsen


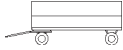
- Bremspedale auf dem Traktor müssen rutschsicher sein, abgenutzte Trittschalen ggf. erneuern lassen.
- Sichtkontrolle der Bremsbacken, -beläge und -gestänge.
- Kontrolle der Dichtigkeit der Druckluftanschlüsse und der Kontrollventile.
- Regelmäßiges leichtes Fetten der Kupplungskopfdichtungen erhöht die Lebensdauer.

- Regelmäßige Prüfung der Spannung des Kompressor-Antriebsriemens. Richtlinien des Fahrzeugherstellers beachten!
- Sichtkontrolle der Schläuche, auch Kontrolle auf Bruchigkeit (ggf. Ersatz); sind Schläuche und Rohre (noch) richtig verlegt? Kunststoffrohre nicht in der Nähe des Motors und der Auspuffanlage verlegen. Bei Fahrzeugen mit Kunststoffrohren: Vorsicht bei Schweißarbeiten!
- Kontrolle auf Kondenswasser (erfolgt bei einigen Fabrikaten automatisch), Kondensat und andere Rückstände aus Abscheidervorrichtungen ablassen (Luftbehälter entwässern).
- Filter in Anhängerbremsanlagen reinigen.
- Ggf. korrekte Funktion des ALB-Reglers (ALB = automatisch lastabhängige Bremskraftregelung) prüfen.
- Funktionskontrolle der Feststell- und Abreibbremse.
- Der Druck in den Luftbehältern darf bei stehendem Motor in 10 Minuten nicht mehr als 20 % unter den vom Fahrzeughersteller angegebenen Abschaltdruck abfallen.
- Bei Nachrüstung: Saugseite des Kompressors mit dem Motorluftfilter verbinden, um sicherzustellen, dass immer saubere Luft angesaugt wird.

Hauptuntersuchung und Sicherheitsprüfung

Folgende Fristen für die Vorführung von landwirtschaftlichen Fahrzeugen zur Hauptuntersuchung und Sicherheitsprüfung

(diese löste ab 1. Dezember 1999 die bisherige Bremsensonderuntersuchung (BSU) ab) gelten seit 1. Dezember 1999:

	Zugmaschine, Traktor, Lkw, Selbstfahrende Arbeitsmaschine					Anhänger				
										
bbH [km/h]	≤40	>40				≤40	>40			
zGM [t]	-	≤3,5	3,5≤7,5	7,5≤12	>12	-	≤0,75	0,75≤3,5	3,5≤10	>10
HU [Monate]	24	24	12	12	12	24	24 ³⁾	24	12	12
SP [Monate]				6 ¹⁾	6 ²⁾					6 ⁴⁾

1) Bei Erstzulassung entfällt in den ersten 3 Jahren die Sicherheitsprüfung
2) Bei Erstzulassung entfällt in den ersten 2 Jahren die Sicherheitsprüfung
3) Nach der Erstzulassung ist die erste Hauptuntersuchung nach 36 Monaten fällig
4) Bei Erstzulassung entfällt in den ersten 2 Jahren die Sicherheitsprüfung

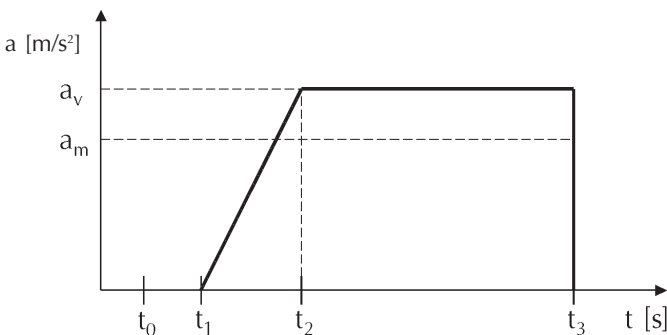
Tabelle 3: Untersuchungsfristen für Traktoren, Selbstfahrende Arbeitsmaschinen und Anhänger

5. Physik des Bremsens

Das wirksame Verzögern und Anhalten von Fahrzeugen ist aus physikalischer Sicht nichts anderes als die Wandlung der aus dem Kraftstoff im Motor des Fahrzeuges erzeugten kinetischen Energie (= Bewegungsenergie $W_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$; m = Masse des Fahrzeuges in kg; v = Geschwindigkeit in m/s) in Verschleiß und Wärmeenergie. Da dies in verhältnismäßig kurzer Zeit geschieht, entstehen dabei sehr hohe (Wärme)-Leistungen. Als „Faustwert“ kann

angenommen werden, dass die Bremsleistung bei einer „vorschriftsmäßigen“ Bremsung dem drei- bis vierfachen der installierten Motorleistung entspricht.

Der Verlauf einer „Vollbremsung“ ist im folgenden Bild stark vereinfacht dargestellt, um die entsprechenden Begriffe und Zeiten zu erläutern. Aufgetragen ist die Verzögerung a [m/s²] über der Zeit t [s].



- t_0 = Zeitpunkt der Betätigung des Bremspedals
- t_1 = Beginn der Verzögerung
- t_2 = Beginn der Vollverzögerung
- t_3 = Fahrzeug steht

Bild 1: Schematischer Verlauf einer Vollbremsung bis Fahrzeugstillstand

Begriffe:Ansprechdauer ($t_a = t_1 - t_0$):

Dauer zwischen dem Zeitpunkt der Betätigung des Bremspedals bis zum Beginn der Verzögerung.

Schwelldauer ($t_s = t_2 - t_1$):

Dauer zwischen dem Beginn der Verzögerung bis zum Zeitpunkt der voll ausgebildeten Verzögerung.

Ansprech- und Schwelldauer werden in den Vorschriften zusammengefasst ($t_{a+s} = t_2 - t_0$), und es wird vereinfachend angenommen, dass das Fahrzeug in dieser Zeit ungebremst fährt.Vollbremsdauer ($t_v = t_3 - t_2$):

Bereich der Wirkung der mittleren Vollverzögerung.

Bremsdauer ($t_b = t_3 - t_0$):

Dauer des gesamten Bremsvorganges vom Zeitpunkt der Betätigung des Bremspedals bis zum Stillstand des Fahrzeuges.

mittlere Verzögerung:

$$a_m = \frac{1}{t_b} \int_{t=t_0}^{t_3} a(t) dt$$

Verzögerung, die im Mittel über dem gesamten Bremsweg wirkt.

mittlere Vollverzögerung:

$$a_v = \frac{1}{t_v} \int_{t=t_2}^{t_3} a(t) dt$$

Verzögerung, die in der Vollbremsdauer t_v wirkt.

Der Begriff „Verzögerung“ und insbesondere die Einheit m/s^2 sind recht abstrakt. Daher soll dies anhand eines Beispiels erläutert werden:

Nach den derzeit geltenden Vorschriften (EG) für Traktoren muss ein 40 km/h-Traktor eine mittlere Verzögerung von $3,12 m/s^2$ erreichen. Die entsprechende mittlere Vollverzögerung beträgt dann $4,5 m/s^2$, der Bremsweg (siehe Tabelle 1) beträgt 19,80 m. Dies bedeutet, dass der Traktor innerhalb der gesamten Bremsdauer im Mittel 11,232 km/h pro Sekunde langsamer werden muss.

$$\frac{11,232 km/h}{s} = \frac{11,232 m/3600s}{s} = 3,12 \frac{m}{s^2}$$

Da aber ein gewisser Zeitraum für das Ansprechen der Bremse und das Aufbauen der Vollverzögerung (Ansprech- und Schwelldauer; nach EG höchstens 0,6 Sekunden) vergeht, in der der Traktor wesentlich weniger verzögert, muss er während der Vollbremsdauer durchschnittlich 16,2 km/h pro Sekunde verzögern.

Da zwischen dem Wahrnehmen des Hindernisses und der Reaktion des Fahrers die sogenannte „Schrecksekunde“ liegt, in der das Fahrzeug ungebremst, d. h. mit der Ausgangsgeschwindigkeit weiterfährt, muss der in dieser Zeit zurückgelegte Weg zum Bremsweg addiert werden, um den sogenannten „Anhalteweg“ zu erhalten. Der Reaktionsweg beträgt:

Geschwindigkeit [km/h]	Reaktionsweg [m]
20	5,55
25	6,95
30	8,35
40	11,10
50	13,90
80	22,25
100	27,80

Tabelle 4: Reaktionsweg in Abhängigkeit von der Ausgangsfahrgeschwindigkeit

In der Grafik ist der Anhalteweg für ein gut verzögerndes Fahrzeug ($5,0 \text{ m/s}^2$) dargestellt.

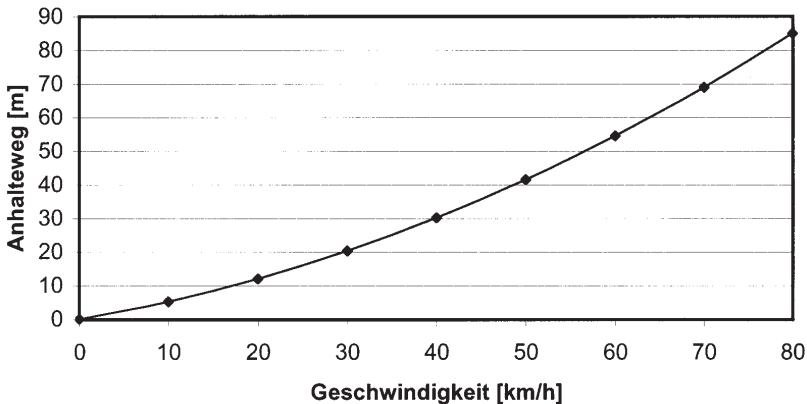


Bild 2: Anhalteweg in Abhängigkeit von der Ausgangsfahrgeschwindigkeit
Der Anhalteweg nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu.

6. Literatur

Braun, H., H. Konitzer, H. Löffelholz: StVZO Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung, Grundwerk mit 30. Ergänzungslieferung, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2002

N. N.: Straßenverkehrsrecht – Textsammlung, Verlag C. H. Beck, München, 2002

Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft (Hrsg.): Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz (VSG), Gesamtausgabe der Unfallverhütungsvorschriften, Stand 1. Januar 2000

Renius, K.-Th.: Traktoren, BLV-Verlagsgesellschaft München, 1985

Bosch (Hrsg.): Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 21. Auflage, VDI-Verlag Düsseldorf, 1991

WABCO (Hrsg.): Gesetzliche Vorschriften 2000, 21. Auflage, 2000

Heitmann, G.: Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr, 10. Auflage, aid-Heft Nr. 1035/1999, Bonn, 1999

Schauer, A.: Technische Harmonisierung in Europa – Änderung der EG-Richtlinie über Bremsanlagen in Traktoren, Landtechnik 52 (1997) H. 5, S. 284

Herausgegeben von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft,
Fachbereich Landtechnik, Ausschuss für Normen
und Vorschriften in der Landtechnik

Bearbeitet von: Dipl.-Ing. Andreas Schauer, VDMA Referat Verkehr, Frankfurt am Main



Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt a.M.
Telefon: 069/24788-0, Fax: 069/24788-110
E-mail: Info@DLG-Frankfurt.de, Internet: www.DLG.org

Herausgegeben von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft,
Fachbereich Landtechnik, Ausschuß für Normen
und Vorschriften in der Landtechnik
Bearbeitet von: Dipl.-Ing. Andreas Schauer, VDMA Referat Verkehr, Frankfurt am Main



*Impulse für
den Fortschritt*

Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
Eschborner Landstraße 122, D-60489 Frankfurt a. M.
Telefon: 0 69 / 2 47 88 - 0, Fax: 0 69 / 2 47 88 - 110
E-mail: Info@DLG-Frankfurt.de, Internet: www.DLG.org