

HU-Bremsenrichtlinie

Richtlinie für die Prüfung der Bremsanlagen von Fahrzeugen bei Hauptuntersuchungen (HU) nach § 29 StVZO (HU-Bremsenrichtlinie)¹

(VkBl. 2012 S. 432)

¹ Auszug aus der 47. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften vom 10. Mai 2012.

Inhalt

1	Anwendungsbereich	5
2	Formelzeichen¹⁾ und Definitionen	5
3	Umfang der Prüfung von Bremsanlagen	6
4	Prüfung auf Zustand und Ausführung	6
4.1	Allgemeine Forderungen.....	6
4.2	Besondere Forderungen.....	6
5	Funktionsprüfungen	7
5.1	Betriebsbremsanlage.....	7
5.1.1	Allgemeines.....	7
5.1.2	Besondere Prüfungen.....	7
5.2	Feststellbremsanlage.....	10
5.3	Dauerbremsanlage.....	10
6	Messung der Bremswirkung	10
6.1	Ziel der Messung.....	10
6.2	Messbedingungen.....	11
6.2.1	Messung auf dem Bremsprüfstand.....	11
6.2.2	Messung im Fahrversuch.....	12
6.3	Beurteilung der Bremswirkung.....	13
6.3.1	Mindestabbremung.....	13
6.3.2	Bremskraftverteilung auf die Achsen.....	13
6.3.3	Gleichmäßigkeit der Bremswirkung.....	13
7	Nutzung elektronischer Kontroll-, Diagnose- oder Informationssysteme	14
8	Übergangsbestimmungen zu 6.1, 6.2.1.1, 6.2.2.1 und 6.3.2	14

Die Weiterentwicklung der Fahrzeugtechnik und die Fortentwicklung der Prüftechniken machten eine Überarbeitung der bisherigen Richtlinie notwendig. Dabei gilt nach wie vor, dass der Prüfaufwand bei § 29 StVZO-Reihenuntersuchungen in Grenzen zu halten ist, da bei Untersuchungen der im Verkehr befindlichen Fahrzeuge andere Gegebenheiten als bei Typprüfungen vorliegen.

Die in der Richtlinie vorgegebenen Mindestwerte für Verzögerungen bzw. Abbremsungen entsprechen denen der Richtlinie 2009/40/EG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2010/48/EG (EU-weite technische Überwachung).

Werden die Mindestwerte bei der HU erreicht, kann unterstellt werden, dass die geprüften Fahrzeuge unter idealen Prüfbedingungen höhere Werte erreichen können. Insoweit wird auf § 41 Abs. 12 StVZO verwiesen.

Wesentliche Änderungen der überarbeiteten Richtlinie gegenüber dem bisherigen Stand sind:

- die Prüfung nach Vorgaben der Anlage VIIIa in Verbindung mit Anlage VIIIe StVZO,
- der grundsätzliche Entfall der bisherigen Hochrechnung für die Ermittlung der Abbremswirkung bei der Durchführung der HU auf Bremsprüfständen bei Fahrzeugen mit einer Erstzulassung ab dem 28. Juli 2010,
- die Überprüfung der Achsanteile an der Gesamtbremskraft bei Fahrzeugen mit einer Erstzulassung ab dem 28. Juli 2010,
- Einpunkt-Hochrechnung für Fahrzeuge mit Druckluft- und Drucklufthydraulikbremsanlage mit einer Erstzulassung vor dem 28. Juli 2010, sofern für diese Fahrzeuge keine Bezugsbremskräfte vorliegen,
- die Aufnahme der Verpflichtung, bestimmte Fahrzeuge, insbesondere solche mit hohem „Last-/Leer-Verhältnis“, nur mit Beladung oder Beladungssimulation (z. B. Niederspannvorrichtungen) einer Wirkungsprüfung der Bremsen zu unterziehen,
- die Möglichkeit, sogenannte Alternativverfahren, die auf den in den Fahrzeugen eingebauten elektronischen Kontroll-, Diagnose- oder Informationssystemen aufbauen, anzuwenden und die von den Fahrzeugherstellern oder -importeuren freigegeben wurden,
- die Aufnahme weiterer Fahrzeugklassen in Anlage 1.

Es wird erwartet, dass nach Umsetzung der Richtlinie eine Effizienzsteigerung bei der Prüfung von Fahrzeugbremsanlagen eintreten wird.

Bezug nehmend auf Nummer 1.2.1 der Anlage VIII und Nummer 3 der Anlage VIIIa StVZO wird im Benehmen mit den zuständigen obersten Landesbehörden die nachstehende Richtlinie bekannt gegeben. Die Richtlinie ist ab dem 1. Juli 2012 anzuwenden; sofern ab diesem Datum Einrichtungen für die Prüfung über die elektronische Fahrzeugschnittstelle (Nr. 25 der Tabelle zu Nr. 3 der Anlage VIII d i. V. m. § 72 Abs. 2 StVZO) noch nicht zur Verfügung stehen, kann davon abweichend bis zum 31. 12. 2012 die Ermittlung der Mindestabbremsung nach Maßgabe von Nr. 8 i. V. m. Anlage 2 der vorliegenden Richtlinie durchgeführt werden. Die bisherige HU-Bremsenrichtlinie vom 29. 4. 1993, VkB1. S. 422, zuletzt geändert am 29. 10. 2003, VkB1. S. 751, wird zum 1. Juli 2012 aufgehoben.

Richtlinie für die Prüfung der Bremsanlagen von Fahrzeugen bei HU nach § 29 StVZO (HU-Bremsenrichtlinie).

Übersicht:

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Formelzeichen und Definitionen
- 3 Umfang der Prüfung von Bremsanlagen
- 4 Prüfung auf Zustand und Ausführung
 - 4.1 Allgemeine Forderungen
 - 4.2 Besondere Forderungen
- 5 Funktionsprüfungen
 - 5.1 Betriebsbremsanlage
 - 5.1.1 Allgemeines
 - 5.1.2 Besondere Prüfungen
 - 5.1.2.1 Druckluftbremsanlagen
 - 5.1.2.2 Hydraulikbremsanlagen
 - 5.1.2.3 Kombinierte Druckluft-Hydraulikbremsanlagen
 - 5.1.2.4 Auflaufbremsanlagen
 - 5.1.2.5 Sonstige Bremsanlagen
 - 5.2 Feststellbremsanlage
 - 5.3 Dauerbremsanlage
 - 6 Messung der Bremswirkung
 - 6.1 Ziel der Messung
 - 6.2 Messbedingungen
 - 6.2.1 Messung auf dem Bremsprüfstand
 - 6.2.1.1 Druckluft- und Hydraulikbremsanlagen
 - 6.2.1.2 Auflaufbremsanlagen
 - 6.2.1.3 Feststellbremsanlagen
 - 6.2.2 Messung im Fahrversuch
 - 6.2.2.1 Ermittlung der Abbremsung von Kraftfahrzeugen
 - 6.2.2.2 Ermittlung der Abbremsung von Anhängfahrzeugen
 - 6.3 Beurteilung der Bremswirkung
 - 6.3.1 Mindestabbremung
 - 6.3.2 Bremskraftverteilung auf die Achsen
 - 6.3.3 Gleichmäßigkeit der Bremswirkung
 - 7 Nutzung elektronischer Kontroll-, Diagnose- oder Informationssysteme
 - 8 Übergangsbestimmungen zu 6.1, 6.2.1.1, 6.2.2.1 und 6.3.2

Anlage 1 Mindestabbremung und zulässige Betätigungskräfte

Anlage 2 1-Punkt-Hochrechnung

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Prüfung von Bremsanlagen an Fahrzeugen, für die nach § 29 i. V. m. Anlage VIII StVZO HU vorgeschrieben sind.

2 Formelzeichen² und Definitionen

BBA	Betriebsbremsanlage
FBA	Feststellbremsanlage
HBA	Hilfsbremsanlage
bel	Index für den Zustand „beladen“
F	Bremskraft zwischen Reifen und Fahrbahn bzw. zwischen Reifen und Bremsprüfstand in daN
G	zulässige Gesamtgewichtskraft in daN
p_z	auf das beladene Fahrzeug bezogener eingesteuerter Bremszylinderdruck in bar – siehe ggf. ALB-Schild
$p_{z'}$	auf das unbeladene Fahrzeug bezogener eingesteuerter Bremszylinderdruck in bar – siehe ggf. ALB-Schild
P_M	statische Normalkraft zwischen den Rädern des ziehenden Fahrzeugs und der Aufstandsfläche durch die Fahrzeugmasse in daN
$P_{M'}$	statische Normalkraft zwischen den Rädern des leeren oder teilbeladenen ziehenden Fahrzeugs in daN
P_{Mmax}	PM-Wert bei zulässiger Gesamtmasse in daN
P_R	gesamte statische Normalkraft zwischen den Rädern des Anhängers und der Aufstandsfläche in daN
P_{Rmax}	PR-Wert (ohne Aufliege­last) bei Gesamtmasse des Anhängers in daN
R	Rollwiderstand in %
Z	Abbremsung in %
Z'	Abbremsung bei mittlerer Vollverzögerung ³ des leeren oder teilbeladenen Fahrzeugs in %
Z_M	Abbremsung des Kfz in %
Z_{Mbel}	Abbremsung des beladenen Kfz in %
Z_R	Abbremsung des Anhängers in %
Z_{Rbel}	Abbremsung des beladenen Anhängers in %
Z_{R+M}	Abbremsung der Fahrzeugkombination nur mit der Bremsanlage des Anhängers in %
zGM	zulässige Gesamtmasse des Fahrzeugs; bei Star­deichsel- und Sattelanhängern ist zur Bestimmung der Abbremsung die Summe der zulässigen Achslasten einzusetzen.

² Aus praktischen Gründen werden die Kräfte in daN angegeben.

³ Definition „Mittlere Vollverzögerung“ siehe Richtlinie 71/320/EWG, Anhang II, Punkt 1.1.2 bzw. ECE-R 13 Anhang 4 Punkt 1.1.2. Der Wert der mittleren Vollverzögerung in m/s² multipliziert mit 10 entspricht näherungsweise dem Wert der Abbremsung in %.

Definition der Abbremsung

Die Abbremsung Z ist definiert als:

$$Z = \frac{\text{Summe der Bremskräfte am Radumfang in daN}}{\text{statische Normalkraft zwischen den Rädern des Fahrzeugs und der Aufstandsfläche in daN}} \times 100\%$$

Definition Bezugsbremskraft

Bezugsbremskräfte sind Vorgaben der Zentralen Stelle nach Anlage VIIIe StVZO. Jede Bezugsbremskraft setzt sich aus einer Bezugsgröße/ einem Eingabewert (den im Radbremszylinder einer Druckluftbremsanlage eingesteuerten Druck oder einer vergleichbaren Kenngröße) und der zugehörigen Bremskraft der Achse zusammen.

3 Umfang der Prüfung von Bremsanlagen

Die Prüfung der Bremsanlagen hat zu umfassen:

- Zustand und Ausführung
- Funktion
- Wirkung

Hierbei sind Vorgaben (z. B. System- und Prüfdaten sowie Prüfhinweise) nach Anlage VIIIe StVZO zu beachten (Nr. 1, Ziffer 3 der Anlage VIIIa StVZO).

4 Prüfung auf Zustand und Ausführung

4.1 Allgemeine Forderungen

Die Überprüfung auf Zustand und Ausführung umfasst die sicherheitsrelevanten Teile von Bremsanlagen, die ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen und ohne wesentliche Demontagen zugänglich sind. Alle Teile (einschließlich Warneinrichtungen) müssen sich in einem funktionssicheren Zustand befinden und dürfen keine Schäden oder unzulässige Reparaturen/Veränderungen/Verschleißerscheinungen aufweisen.

4.2 Besondere Forderungen

- Vorgaben (System- und Prüfdaten sowie Prüfhinweise) eingehalten
- Rohr- und Schlauchleitungen äußerlich nicht beschädigt, nicht übermäßig korrodiert oder gealtert, korrekt verlegt und befestigt
- Seile und Seilzüge einwandfrei geführt und leichtgängig, nicht übermäßig korrodiert oder aufgespleißt, fester Sitz und ausreichende Anzahl der Seilklemmen, Umlenkungen stabil und leichtgängig
- Elektrische Leitungen, Sensoren und Aktuatoren äußerlich nicht beschädigt und korrekt verlegt/befestigt
- Vorgeschriebene Warn- und Kontrolleinrichtungen (z. B. ABV-Kontrollleuchten, Fehlermeldungen) vorhanden und funktionsfähig
- Bremsgeräte äußerlich ohne Schäden und nicht übermäßig korrodiert

- Betätigungseinrichtungen leichtgängig und nicht ausgeschlagen
- Gestänge nicht reparaturgeschweißt, nicht beschädigt, leichtgängig
- Gelenke sachgemäß gesichert, leichtgängig, nicht ausgeschlagen
- Kupplungsköpfe nicht beschädigt, richtig montiert und gekennzeichnet
- Staubmanschetten richtig befestigt, nicht beschädigt, Geräte sachgemäß eingebaut und befestigt
- Vorratsbehälter für Bremsflüssigkeit ausreichend gefüllt, äußerlich nicht beschädigt
- Energiespeicher (Druckluftbehälter, Hydraulikspeicher) nicht übermäßig korrodiert, ordnungsgemäße Befestigung, Kennzeichnung vorhanden, Möglichkeit der Entwässerung gegeben
- Zustand der Radbremsen in Ordnung (z. B. Lüftspiel, Pedalweg, Bremszylinderhub, Bremsbeläge, -scheiben, -trommeln)
- ALB-Schild, EBS-Systemschild vorhanden und vollständig ausgefüllt (sofern vorgeschrieben); ALB-Regler nicht beschädigt, richtig montiert
- Prüfanschlüsse vorhanden und funktionsfähig
- besondere Einrichtungen, wie Rückfahrsperr, Abreißeil, Gestängesteller usw. funktionssicher
- Spannschlösser und Nachstelleinrichtungen funktionssicher.

5 Funktionsprüfungen

5.1 Betriebsbremsanlage

5.1.1 Allgemeines

Die BBA muss abstufbar zu betätigen und zu lösen sein. Die Kontrolleinrichtungen und Bremsleuchten müssen beim Betätigen funktionsgerecht ansprechen/aufleuchten. Fahrzeuge mit Automatischem Blockierverhinderer (ABV) oder elektronischem Bremssystem (EBS), für die aufgrund des Erstzulassungsdatums keine Systemdaten vorliegen, sind in Anlehnung an Systemdaten für vergleichbare Fahrzeuge und Fahrzeugsysteme zu überprüfen (Sicherheitsschaltung in Verbindung mit der Warneinrichtung – Aufleuchten/Erlöschen der Kontrollleuchte; ggf. Verbauprüfung).

5.1.2 Besondere Prüfungen

Im Folgenden sind der erforderliche Mindestprüfumfang, die allgemeine Vorgehensweise bei der Prüfung sowie gängige Prüfdaten in Abhängigkeit von der Bauweise der Bremsanlage aufgeführt. Sofern Vorgaben der Zentralen Stelle nach Anlage VIII StVZO (System- und Prüfdaten) sowie Prüfhinweise für das zu prüfende Fahrzeug hiervon abweichen, ist entsprechend dieser Vorgaben zu verfahren.

5.1.2.1 Druckluftbremsanlagen

- Kompressor
 - Förderleistung
 - Einschalt-/Abschaltdruck

Bei Fahrzeugen, für die nach Nr. 2 Anlage VIII StVZO keine Sicherheitsprüfung (SP) vorgeschrieben ist, muss der Einschalt-/Abschaltdruck mittels Druckmessung überprüft werden, bei anderen Fahrzeugen ist die Druckmessung ggf. als Ergänzungsuntersuchung durchzuführen.

▪ Dichtheit und Vorratsdruck

Sicht und Hörkontrolle: Bei Fahrzeugen, die nach Nr. 2 Anlage VIII StVZO nicht der Sicherheitsprüfung unterliegen, ist zusätzlich eine Druckverlustmessung durchzuführen; bei anderen Fahrzeugen ist diese ggf. als Ergänzungsuntersuchung durchzuführen (Nr. 6.1 Anlage VIIIa StVZO):

1. Bremskraftregler in Vollast-Stellung (soweit möglich)

2a. Bei Kraftfahrzeugen:

- Gesamtanlage bis Abschaltdruck auffüllen,
- Motor abstellen, Druck in den Druckluftbehältern prüfen,
- Bremsung mit der Betriebsbremsanlage (BBA) bis zu einem Bremszylinderdruck von ca. 3 bar einleiten

2b. Bei Anhängfahrzeugen:

- Gesamtanlage mit mindestens 6,5 bar in der Vorratsleitung auffüllen,
- Vorratsleitung durch eine geeignete Einrichtung ohne Entlüftung absperren, so dass keine automatische Bremsung eintritt,
- Bremsung mit der BBA bis zu einem Bremszylinderdruck von ca. 3 bar einleiten,

3. Eine Minute warten,

- Druck in den Druckluftbehältern messen.
- Nach weiteren 3 Minuten darf dieser Druck um nicht mehr als 0,4 bar abgefallen sein.

▪ Ansprechverhalten/Abstufbarkeit

- Bremskraftregler in Vollast-Stellung (soweit möglich), Gesamtanlage bis Abschaltdruck auffüllen, Motor abstellen
- spätestens bei einem Bremsdruck von 1,0 bar muss über den Rollwiderstand hinaus an allen Rädern die Bremswirkung einsetzen (Ansprechverhalten)
- Druck am Kupplungskopf der Vorratsleitung prüfen (6,5 – 8,5 bar + 0,2 bar)
- bei zügig durchgetretenem Bremspedal bis zur Vollbremsung muss der Druckaufbau in den Bremszylindern und ggf. am Kupplungskopf der Bremsleitung unmittelbar folgen
- bei Vollbremsung Druck am Kupplungskopf der Bremsleitung prüfen (6,5 – 8,5 bar + 0,2 bar)
- bei druckluftgebremsten Anhängfahrzeugen muss der Druckaufbau in den Bremszylindern dem Druck in der Steuerleitung unmittelbar folgen. Bei redundant ausgelegter Steuerung hat die vorgenannte Prüfung für jede Steuerung einzeln zu erfolgen
- ausreichende Abstufbarkeit (Drucksprünge < 0,5 bar).

- **Selbsttätige Bremsung**

- Am Zugfahrzeug muss bei Abriss der Vorrats- und/oder Bremsleitung die Drucksicherung gewährleistet sein (BBA, keine unzulässige Beeinflussung der Federspeicher-FBA). Bei simuliertem Abriss der druckluftbeaufschlagten Bremsleitung muss der Druck in der Vorratsleitung spätestens innerhalb von 2 Sekunden auf einen Wert von höchstens 1,5 bar abfallen; wird die Bremsleitung entlüftet, muss die Vorratsleitung wieder mit Druck beaufschlagt werden.
- Bei Anhängern muss bei Absenkung des Drucks in der Vorratsleitung die selbsttätige Bremsung des Anhängers ansprechen, bevor der Druck in der Vorratsleitung auf einen Wert von 2 bar abgefallen ist.

- **Funktion Löseventil**

Ein betätigtes Löseventil muss bei Druckbeaufschlagung über die Vorratsleitung selbsttätig wieder in Betriebsstellung gehen.

- **Belüftung der Bremsleitung am Zugfahrzeug beim Betätigen der FBA**

Wird beim Betätigen der FBA des Zugfahrzeugs bei gelöster BBA die Bremsleitung belüftet (6,5 – 8,5 bar + 0,2 bar), muss diese beim Einliegen der „EG-Kontrollstellung“ entlüftet werden.

- **Druckabfall bei Vollbremsung**

Anlage bis zum Abregeldruck auffüllen, Motor abstellen und BBA dreimal voll betätigen. Dabei darf der Druckabfall in den Betriebsbremskreisen nicht größer als 2,1 bar sein.

- **Drucksicherung**

Bei Fahrzeugen, die nach Nr. 2 Anlage VIII StVZO nicht der SP unterliegen, ist die Drucksicherung wie folgt zu überprüfen, bei anderen Fahrzeugen ist die Drucksicherungsprüfung ggf. als Ergänzungsuntersuchung durchzuführen:

Bei aufgefüllter Druckluftbremsanlage und abgestelltem Motor ist der Druck in den einzelnen Bremskreisen auf einen Wert unter 1 bar abzusenken, dabei muss der Druck in den verbleibenden Kreisen der Bremsanlage mindestens in Höhe des statischen Sicherungsdruckes (idR 4,5 bar) stabil bleiben. Die Funktion der Warneinrichtung ist dabei zu prüfen. Bei Anhängern muss bei Druckverlust in den Nebenverbrauchern der Druckluftbremsanlage und bei abgesperrter Vorratsleitung der Druck in der BBA mindestens in Höhe des statischen Sicherungsdruckes (idR 4,5 bar) stabil bleiben.

- **Bremskraftregelung**

Bremskraftregler sind auf Funktion sowie auf Übereinstimmung mit vorgegebenen Einstellanweisungen (z. B. ALB-Schild) zu prüfen.

5.1.2.2 Hydraulikbremsanlagen

- **Dichtheit**

Die Anlage muss in Teillast- und Vollbremsstellung beim Festhalten des Bremspedals den Druck halten. Unterdruckleitungen von Bremskraftverstärkern sind durch Sicht- und Hörkontrolle auf Dichtheit zu prüfen

- Hauptbremszylinder, Bremskraftverstärker auf Funktion und Dichtheit prüfen
- Bremskraftregler, -begrenzer
Prüfung der Einstellung, soweit Sollwerte vorliegen (ALB-Schild) und Prüfanschlüsse vorhanden sind.
- Pumpe, Speicher
 - bei stehendem Motor: Betriebsbremse viermal voll betätigen, dabei darf die Warneinrichtung nicht ansprechen
 - Warneinrichtung prüfen.

Im Übrigen ist sinngemäß wie bei Druckluftbremsanlagen nach 5.1.2.1 zu verfahren.

5.1.2.3 Kombinierte Druckluft-Hydraulikbremsanlagen

Bei kombinierten Bremsanlagen sind die für Druckluft- und Hydraulikbremsanlagen unter 5.1.2.1 und 5.1.2.2 beschriebenen Prüfungen sinngemäß durchzuführen.

5.1.2.4 Auflaufbremsanlagen

Es sind die Gängigkeit der Übertragungseinrichtungen und das Rückfahrssystem zu prüfen. Der Hub der Zugstange darf höchstens $\frac{2}{3}$ des gesamten Auflaufwegs betragen; dies gilt nicht für die Prüfung des Rückfahrsystems.

5.1.2.5 Sonstige Bremsanlagen

Sonstige Bremsanlagen anderer Bauart sind in Anlehnung an die Vorgaben für die oben genannten Bremsanlagen zu untersuchen.

5.2 Feststellbremsanlage

Kontrolle der Funktion der Betätigungseinrichtungen, Sperren oder Halteeinrichtungen.

5.3 Dauerbremsanlage

Überprüfung auf Funktion, Zustand und Ausführung, ggf. ist eine Dichtheitsprüfung durchzuführen. Im Zweifelsfall muss die in der Anlage 1 angegebene Bremswirkung im Fahrversuch mit einem schreibenden Bremsmessgerät nachgewiesen werden (Ergänzungsprüfung nach Anlage VIIIa).

6 Messung der Bremswirkung

6.1 Ziel der Messung

Es ist nachzuweisen, dass das Fahrzeug die auf seine zGM bezogene Mindestabbremung nach Anlage 1 erreicht und darüber hinaus die Radbremsen der einzelnen Achsen hinreichend wirksam sind. Die Prüfung kann dabei unter Beachtung der Randbedingungen nach Nr. 6.2.1 und 6.2.2 in beliebigem Beladungszustand erfolgen.

6.2 Messbedingungen

Vor der Messung der Bremswirkung hat eine kurze Fahrt u. a. zur Konditionierung der Bremsanlage zu erfolgen (Nr. 1 Anlage VIIIa StVZO). Die Konditionierung ist eine gezielte thermische Belastung der Bremsanlage, um unerwünschte Einflüsse auf das Messergebnis zu vermeiden. In der Regel ist die Bremswirkung auf einem Bremsprüfstand im Geschwindigkeitsbereich von 2,5 bis $\leq 7,0$ km/h festzustellen; dies gilt nicht für Fahrzeuge, bei denen eine Prüfung auf einem Bremsprüfstand aufgrund von fahrwerksgeometrischen oder anderen fahrzeugtechnischen Gründen grundsätzlich nicht möglich ist,

- Fahrzeuge mit bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit ≤ 40 km/h,
- Ilof-Fahrzeuge einschließlich angehängter Maschinen gemäß Artikel 2, Buchstaben j, k, und l der RL 2003/37/EG (Fahrzeugklassen T, R und S),
- Krafträder mit und ohne Beiwagen, Quads und Trikes je nach Beschaffenheit des Bremsprüfstands.

Die Bremswirkung dieser Fahrzeuge ist im Fahrversuch mit einem Bremsmessgerät auf ebener, griffiger Fahrbahn festzustellen. In begründeten Fällen (z. B. fachgerechte Unterbringung des Bremsmessgerätes ist wegen der Bauart des Fahrzeugs – z. B. bei Krafträdern – nicht möglich oder beim Blockieren aller gebremster Räder auf griffiger, trockener Fahrbahn), darf die Beurteilung der Bremswirkung auch ohne schreibendes Bremsmessgerät erfolgen; dies ist jeweils im Untersuchungsbericht zu dokumentieren.

6.2.1 Messung auf dem Bremsprüfstand

6.2.1.1 Druckluft- und Hydraulikbremsanlagen

Die Wirksamkeit der Bremsanlage ist mittels Bezugsbremskräften nachzuweisen. Hierfür ist pro Achse mindestens eine Bezugsbremskraft bei kontinuierlich ansteigender Bremskraft bis kurz vor Erreichen der Blockiergrenze zu überprüfen. Ist eine standardisierte Schnittstelle nach Anlage 3 der Richtlinie für Bremsprüfstände vorhanden, ist diese zwingend zu verwenden. Bei Fahrzeugen mit einer Druckluft- oder Druckluft-hydraulikbremsanlage darf der Blockierdruck nicht unter 1,7 bar liegen. Andernfalls ist das Fahrzeug mit Beladung oder Beladungssimulation zu prüfen.

Sollte eine Prüfung mittels Bezugsbremskräften aufgrund der technischen Ausführung der Bremsanlage oder des Fahrzeugs oder der Ausführung des Bremsprüfstandes entsprechend der hierfür geltenden Inkrafttretungstermine nicht möglich sein oder stehen Bezugsbremskräfte nicht zur Verfügung, sind im Rahmen der Bremsprüfung mindestens die Bremskräfte nachzuweisen, die für das Erreichen der auf die zGM bezogenen Mindestabbremmung nach Anlage 1 benötigt werden. Hierzu ist das Fahrzeug ggf. mit Beladung oder Beladungssimulation zu prüfen. Abweichend hiervon kann ein Verfahren nach Anlage 2 zur Anwendung kommen. Dabei muss bei Fahrzeugen mit Druckluft- oder Druckluft-hydraulikbremsanlage der Blockierdruck mindestens 30 % des Berechnungsdrucks betragen (ISO 21069-1).

Druckluft-hydraulische Bremsanlagen sowie Bremsanlagen mit neuen Technologien sind sinngemäß entsprechend dem Verfahren für Druckluft- und Hydraulikbremsanlagen oder nach Vorgaben/Prüfdaten der Fahrzeughersteller/-importeure zu prüfen.

6.2.1.2 Auflaufbremsanlagen

Prüfung über die Betätigungseinrichtung der Feststellbremsanlage. Es muss die nach Anlage 1 für Feststellbremsanlagen angegebene Mindestabbremung oder die Blockiergrenze erreicht werden.

Führt die Bremsprüfung auf einem Bremsprüfstand nicht zu verwertbaren Messergebnissen, muss eine Prüfung im Fahrversuch erfolgen. Die Nutzung eines schreibenden Bremsmessgeräts ist hierbei nicht erforderlich. Die Bremsprüfung mittels Fahrversuchs ist im Untersuchungsbericht zu dokumentieren und begründen, unabhängig davon, ob der Fahrversuch aufgrund nicht verwertbarer Messergebnisse auf einem Bremsprüfstand oder aus fahrwerksgeometrischen oder anderen fahrzeugtechnischen Gründen zur Anwendung kommen musste. Die Bedingungen nach Nr. 5.1.2.4 sind zu beachten.

6.2.1.3 Feststellbremsanlagen

Es muss die nach Anlage 1 für Feststellbremsanlagen angegebene Mindestabbremung oder die Blockiergrenze erreicht werden.

Die Festhaltungswirkung kann auch auf einer entsprechenden Gefällestrecke oder durch Messung der Zugkraft bei einem Zugversuch geprüft werden (gilt nicht für Feststellbremsanlagen, die als HBA ausgeführt sind); dies muss im HU-Untersuchungsbericht entsprechend dokumentiert und begründet werden.

6.2.2 Messung im Fahrversuch

6.2.2.1 Ermittlung der Abbremsung von Kraftfahrzeugen

Wenn Messungen mit leerem oder teilbeladenem Fahrzeug durchgeführt werden, muss die vorgeschriebene Abbremsung nach Anlage 1 bei einem eingesteuerten Bremsdruck bzw. einer Betätigungskraft erreicht werden, der/die zum maximalen Wert im gleichen Verhältnis steht wie die Fahrzeugmasse in dem bei der Messung vorhandenen Beladungszustand zur zGM des Fahrzeugs. Die Abbremsung für das Fahrzeug bei der zGM kann dann nach der Formel

$$Z_{Mbel} = Z \cdot \frac{p_z}{p_z'} \cdot \frac{P_{M'}}{P_{Mmax}} \text{ in } \%$$

berechnet werden, wenn die Bremsdrücke an Vorder- und Hinterachse in den verschiedenen Beladungszuständen jeweils im gleichen Verhältnis zueinander stehen (ggf. ALB-Regler in Stellung „beladen“ bringen oder Anweisungen des Fahrzeugherstellers beachten).

Alternativ kann bei Fahrzeugen mit Druckluftbremsanschluss der Nachweis der Mindestabbremung durch Erfüllung eines der Zuordnungsbänder (leer oder beladen) erbracht werden.

6.2.2.2 Ermittlung der Abbremsung von Anhängfahrzeugen

Zur Feststellung der Wirkung der Anhänger-Bremsanlage sind Fahrversuche mit dem Zug durchzuführen, wobei nur der Anhänger gebremst wird. Die Abbremsung des Anhängers errechnet sich aus:

$$Z_R = (Z_{R+M} - R) \cdot \frac{P_M + P_R}{P_R} + R^4 \text{ in } \%$$

⁴ Für R (Rollwiderstand) kann näherungsweise 1,5 % eingesetzt werden.

Die Einhaltung der Mindestabbremung bezogen auf die zGM des Fahrzeugs ist analog zu der Verfahrensweise bei Kraftfahrzeugen nach- zuweisen.

6.3 Beurteilung der Bremswirkung

Beim Ablesen/Feststellen der Messwerte darf kein Rad blockieren.

6.3.1 Mindestabbremung

Die in Anlage 1 angegebene Mindestabbremung muss von den Fahrzeugen erreicht werden.

Die Mindestabbremung gilt als nachgewiesen, wenn die auf Basis der Bremskräfte der Achsen ermittelte Gesamtabbremung gleich oder größer als der angegebene Wert ist.

6.3.2 Bremskraftverteilung auf die Achsen

Die korrekte Bremskraftverteilung gilt als nachgewiesen, wenn die auf Basis der Bremskräfte der Achsen ermittelte Verteilung der Bremskräfte gleich oder größer als der angegebene Wert ist. Sofern es für den Anteil einer Achsbremskraft an der Gesamtbremskraft weitere Vorgaben gibt, sind diese einzuhalten.

6.3.3 Gleichmäßigkeit der Bremswirkung

▪ Betriebsbremsanlage

In den oberen 2/3 des Prüfbereichs darf der Unterschied der Bremskräfte an den Rädern einer Achse nicht mehr als 25 % bezogen auf den jeweils höheren Messwert betragen. Dies gilt auch für Anhänger mit Auflaufbremse, deren BBA über die Betätigungseinrichtung der Feststellbremsanlage geprüft wird.

Bei automatischer Auswertung muss sichergestellt sein, dass der Messwert zum Zeitpunkt des Blockierens eines Rads nicht in die Bewertung eingeht.

Bei Messungen im Fahrversuch ist die Gleichmäßigkeit der Bremswirkung (Spurhaltung, Eigenlenkbewegungen, Blockierverhalten) einzuschätzen; ein übermäßiges Abweichen von der Fahrspur ist unzulässig.

▪ Feststellbremsanlage

Die Feststellbremsanlage muss auf beiden Seiten einer Achse wirken. Bei Kraftfahrzeugen, bei denen die Feststellbremsanlage während der Fahrt betätigt werden kann und bei Anhängern darf dabei die Differenz der Bremskräfte im oberen Bereich unmittelbar vor der Blockiergrenze nicht mehr als 50 %, bezogen auf den jeweils höheren Wert, bei anderen Kraftfahrzeugen nicht mehr als 95 % betragen.

Die Einhaltung dieser Bedingungen ist bei Prüfung auf dem Bremsprüfstand achsweise wie folgt zu überprüfen:

$$\Delta_{\text{zul.}} \geq \frac{\text{Differenz der Bremskräfte}}{\text{größte Bremskraft}} \cdot 100 \text{ in } \%$$

7 Nutzung elektronischer Kontroll-, Diagnose- oder Informationssysteme

Zur Prüfung der Bremsanlagen bei HU können die über ein elektronisches Kontroll-, Diagnose- oder Informationssystem des Fahrzeugs verfügbaren Daten und Informationen, z. B. Druckwerte, verwendet werden, wenn diese durch die Zentrale Stelle nach Anlage VIIIe StVZO zur Verfügung gestellt wurden.⁵

8 Übergangsbestimmungen zu 6.1, 6.2.1.1, 6.2.2.1 und 6.3.2

Die Bestimmungen 6.1, 6.2.1.1, 6.2.2.1 und 6.3 gelten für Fahrzeuge mit einer Erstzulassung ab dem 28. Juli 2010. Sie sind ebenfalls für Fahrzeuge anzuwenden, die vor diesem Stichtag in Verkehr gekommen sind, sofern die hierfür erforderlichen Bezugsbremskräfte vorliegen. Andernfalls ist die nach Anlage 1 geforderte – auf die zGM des Fahrzeugs bezogene – Mindestabbremung mittels der Summe der gemessenen Bremskräfte nachzuweisen. Können die hierfür erforderlichen Bremskräfte aufgrund der Konstruktion des Fahrzeugs, der Ausführung der Bremsanlage, eines ungünstigen „Last-Leerverhältnisses“ oder des Beladungszustands und ein dadurch bedingtes vorzeitiges Blockieren der Räder nicht erreicht werden, ist wie folgt zu verfahren:

1. Hydraulikbremsanlagen

Die erforderliche Mindestabbremung nach Anlage 1 gilt ebenfalls als nachgewiesen, wenn:

- sich die Bremsanlage augenscheinlich in einem einwandfreien Zustand befindet,
- die Räder mindestens einer Achse bei der Bremsprüfung auf dem Bremsprüfstand vorzeitig blockieren und
- aufgrund der Betätigungskraft, mit der die Bremskraft erzeugt wird, die zum Blockieren einer Achse führt, sicher darauf geschlossen werden kann, dass die nach Anlage 1 vorgegebene Abbremung im beladenen Zustand erreicht werden würde.

Im Zweifelsfall muss der Nachweis der in Anlage 1 angegebenen Bremswirkung im beladenen/teilbeladenen Zustand nachgewiesen werden.

2. Druckluft- und Druckluft-hydraulikbremsanlagen

Die nach Anlage 1 geforderte Mindestabbremung ist mittels der Summe der gemessenen Bremskräfte nachzuweisen. Kann die auf die zGM des Fahrzeugs bezogene Mindestabbremung infolge des Beladungszustandes und damit einhergehender vorzeitig blockierender Räder nicht nachgewiesen werden, darf der Nachweis auch über das Hochrechnungsverfahren (Einpunkt-Hochrechnung) nach Anlage 2 erfolgen. Dabei muss der Blockierdruck an allen Achsen mindestens 1,7 bar betragen.

⁵ Hinweis: Sofern die Untersuchung der Wirkung von hydraulischen Betriebsbremsanlagen, die auf einem solchen Verfahren aufbaut, zu einer Mangelfeststellung führt, liegt es im Ermessen des aaSoP/PI, eine zusätzliche Untersuchung der Bremswirkung auf der Grundlage der Vorgaben nach dem in Anlage 2 beschriebenen Verfahren (Bezugsgröße Pedalkraft) durchzuführen.

Die Beurteilung der Bremskraftverteilung bei Fahrzeugen mit einer Erstzulassung vor dem 28. Juli 2010, für die keine Bezugsbremskräfte vorliegen, ist bei Auffälligkeiten als Ergänzungsprüfung im sachverständigen Ermessen durchzuführen und zu bewerten.

Kann die auf die zGM des Fahrzeugs bezogene mittlere Vollverzögerung gemäß Anlage 1 bei Fahrzeugen, die nach den Verfahren gemäß 6.2.2 geprüft werden müssen und die vor dem 28. Juli 2010 erstmals zugelassen wurden, aufgrund eines ungünstigen „Last-Leerverhältnis“ oder des Beladungszustands und ein dadurch bedingtes vorzeitiges Blockieren der Räder nicht nachgewiesen werden, darf ausnahmsweise im sachverständigen Ermessen und unter Zugrundelegung einer zulässigen Betätigungskraft, mit der die gemessene mittlere Vollverzögerung erreicht wurde, die zum Blockieren einer Achse geführt hat, darauf geschlossen werden, dass die nach Anlage 1 vorgegebene Mindestabbremung im beladenen Zustand erreicht werden würde. Voraussetzung ist, dass sich die Bremsanlage in einem einwandfreien Zustand befindet.

Anlage1: Mindestabbremung und zulässige Betätigungskräfte

Fz.-Klasse	Fahrzeugart	Erstzulassung	Betriebsbremsanlage			Feststellbremsanlage		
			Z ≥	FH ≤	FF ≤	Z ≥	FH ≤	FF ≤
			[%]	[daN]	[daN]	[%]	[daN]	[daN]
M1	PKW, Wohnmobile ≤ 3,5 t ¹	vor 1. 1. 91	50	–	50	15	40	50
		ab 1. 1. 91 und vor 28. 7. 2010						
		ab 28. 7. 2010	58	16				
M2, M3	Kraftomnibus	vor 1. 1. 91	48	–	70	15	60	70
		ab 1. 1. 91	50	16				
N1	LKW/Zugmaschinen	vor 1. 1. 91	45 ^{*3}	–	70	15	60	70
		ab 1. 1. 91	50	16				
N2, N3	LKW/Zugm./Wohnmob. > 3,5 t	vor 1. 1. 91	43 ^{*3}	–	70	15	60	70
		ab 1. 1. 91 und vor 28. 7. 2010	45	16				
		ab 28. 7. 2010	50	16				
O	Anhängefahrzeuge ≤ 25 km/h	alle	25	–	–	15	60	–
	Anhängefahrzeuge > 25 km/h	vor 1. 1. 91	40	pm = 6,5 bar (Berechnungsdruck)	15	60	–	
		ab 1. 1. 91 und vor 28. 7. 2010	43		16		–	
	O3 und O4, Drehschemel > 25 km/h	ab 28. 7. 2010	50 ^{*6}		16		–	
O3 und O4, Sattel > 25 km/h	45 ^{*6}							
T	lof – Zugmaschinen ≤ 40 km/h	alle	35	40	60	15	40	60
	lof – Zugmaschinen > 40 km/h		40	–	70	16	60	70
–	übrige Kraftfahrzeuge ≤ 25 km/h	vor 1. 1. 91	25	–	80	15	60	80
		ab 1. 1. 91						70
	übrige Kraftfahrzeuge > 25 km/h ^{*2}	vor 1. 1. 91	40	–	80	15	60	80
		ab 1. 1. 91						70

Fz.-Klasse	Fahrzeugart	Erstzulassung	Betriebsbremsanlage			Feststellbremsanlage				
			Z ≥		FH ≤	FF ≤	Z ≥	FH ≤	FF ≤	
			[%]		[daN]	[daN]	[%]	[daN]	[daN]	
			v ⁴	h ⁴	vuh					
L3, L3e	Krafträder ohne Beiwagen	vor 1. 10. 98	30	30 ⁵	50	20	50	-	-	-
		ab 1. 10. 98	35		50		35			
L4, L4e	Krafträder mit Beiwagen	vor 1. 10. 98	30	25	40	20	50	-	-	-
		ab 1. 1. 91 und vor 28. 7. 2010	35		45		35			
		ab 28. 7. 2010			46					
L5, L5e	dreirädrige Kfz. (symmetr. Anordnung)	vor 1. 10. 98	-	-	45	20	50	15	40	50
		ab 1. 10. 98			45		16			
L7, L7e	vierrädrige Kfz.	vor 1. 10. 98	-	-	45	20	50	15	40	50
		ab 1. 10. 98					16			
			Dauerbremsanlage							
M	Kraftomnibus > 5,5 t	vor 1. 1. 91	5 % (0,5 m/s ² mittl. Verzögerung) im Fahrversuch bei 30 km/h (gem. Typ II Anh.II RL 71/320/EWG)							
N	LKW/Zugm. > 9 t									
M3, N3	LKW/Zugm./Kraftomnibus	ab 1. 1. 91	6 % (0,6 m/s ² mittl. Verzögerung) im Fahrversuch bei 30 km/h (gem. Typ II Anh. II RL 71/320/EWG)							
M3	Kraftomnibus Kl. II/III									

*1 Wohnmobile > 3,5 t siehe Fahrzeugklassen N2, N3

*2 Jedoch für Kraftfahrzeuge, die ab dem 1. 1. 2001 erstmals in Verkehr gekommen sind und deren Baumerkmale den unter die EG-Richtlinien über Bremsanlagen fallenden Fahrzeugen gleichzusetzen sind, gelten die Vorgaben dieser jeweiligen Fahrzeugklasse

*3 40, wenn radstandsbezogene Schwerpunkthöhe h/E ≥ 0,5

*4 anzuwenden, wenn unabhängige Betriebsbremsen vorhanden, die nur auf eine Achse wirken

*5 25, wenn Übertragung der Bremskraft aufgrund blockierender Räder nicht möglich

*6 Jedoch ≥ 43 % für Drehschemel- und ≥ 40 % für Sattel-/Zentralachsanhänger, wenn trotz einwandfreiem Zustand der Bremsanlage aufgrund des Messverfahrens die Mindestwerte von 50 % bzw. 45 % nicht erreicht werden

Hinweise zu den verwendeten Abkürzungen: FF = Fußkraft
 FH = Handkraft
 z = Abbremsung

Anlage 2:

Hochrechnungsverfahren

a) Druckluft- und Drucklufthydraulikbremsanlagen

Kann die gemäß Anlage 1 nachzuweisende Mindestabbremung bei Fahrzeugen mit Druckluft- oder Drucklufthydraulikbremsanlage durch aufgrund fehlender Beladung vorzeitig auf dem Bremsprüfstand blockierende Räder nicht erreicht werden, darf die Abbremung mittels einer Einpunkt-Hochrechnung nach folgender Formel bestimmt werden, wenn die Bremsanlage bezüglich des Anlegedrucks keine Auffälligkeiten zeigt:

$$Z = \frac{F_1 \cdot i_1 + F_2 \cdot i_2 + F_n \cdot i_n}{P_{\max}} \cdot 100 \text{ in } \%$$

Formelzeichen und Definitionen:

Z	Abbremsung in %
P_{\max}	statische Normalkraft zwischen den Rädern des Fahrzeugs und der Aufstandsfläche bei zulässiger Gesamtmasse des Fahrzeugs in daN
F_1	Bremskraft der ersten Achse, die bei dem Druck p_1 ermittelt wurde in daN
F_2	Bremskraft der zweiten Achse, die bei dem Druck p_2 ermittelt wurde in daN
F_n	Bremskraft der n-ten Achse, die bei dem Druck p_n ermittelt wurde in daN
i_1	$\frac{p_{N1} - 0,4}{p_1 - 0,4}$
i_2	$\frac{p_{N2} - 0,4}{p_2 - 0,4}$
i_n	$\frac{p_{Nn} - 0,4}{p_n - 0,4}$
$p_{N1 \dots n}$	Vom Hersteller oder der Zentralen Stelle für die Achse angegebener maximaler Bremsdruck in bar. Falls $p_{N1 \dots n}$ nicht angegeben sind, ist der Berechnungsdruck einzusetzen (ALB-Schild).
$p_{1 \dots n}$	Bremsdruck, der bei der Bremsprüfung in den (die) Bremszylinder der jeweiligen Achse eingesteuert wird [bar] Bei Achsen, deren Bremsdruck durch Regelventile begrenzt wird, ist maximal dieser Druck einzusetzen.

b) Hydraulische Bremsanlagen

Definitionen

Die Abbremsung (Z) definiert sich allgemein zu:

$$Z = \frac{\sum F_{U(i)}}{G} \cdot 100\%$$

Der jeweilige Bremskraftanteil der Vorder- und der Hinterachse während der Prüfung definiert sich zu:⁶

⁶ Hinweis: Zur Steigerung der Übersichtlichkeit werden die Pedalkräfte in [N] angegeben, die Steigerungen bzw. Übersetzungen reduzieren sich damit um den Faktor 10.

$$(1 - \Phi) = \frac{iF_{U(VA)}}{\sum iF_{U(i)}} \cdot 100\% \quad \Phi = \frac{iF_{U(HA)}}{\sum iF_{U(i)}} \cdot 100\%$$

Die Steigungen der installierten Bremskräfte während der Prüfung definieren sich zu:

$$i_{(VA)} = \frac{F_{U(v)}}{F_{Pedal}}$$

$$i_{(HA)} = \frac{F_{U(h)}}{F_{Pedal}}$$

$$i_{(Gesamt)} = i_{(VA)} + i_{(HA)}$$

VA – Vorderachse; HA – Hinterachse

$\Phi - F_{Pedal}$ entspr. F_{Bezug}

Prüfvorgaben der Fahrzeughersteller

- maximal zulässiger Bezugswert (Bezug-max) für $Z = 0,58\%$ (M1-Fz) Gesamtfahrzeugabbremung bei zGG für eine Fahrzeugbaureihe.
- minimal zulässige Hinterachs- (Φ -min) und Vorderachsbremskraftanteil ($(1 - \Phi)$ -min)
- Messbereich des Bezugswertes (F_{min}/F_{max}) für die Messungen am Rollenprüfstand

Beschreibung des Verfahrens

Auf dem Bremsprüfstand wird für die Vorder- und die Hinterachse jeweils ein Wertepaar Bremskraft zum Bezugswert ermittelt. Die Messungen haben in dem herstellerseitig vorgegebenen Prüfbereich zu erfolgen.

Mit diesen Messwerten werden die achsweisen Bremskraftsteigungen der im Fahrzeug durch die Bremskraftverteilung installierten Brems-/zu Pedalkräfte ermittelt: Auf dieser Basis wird die Summenbremskraft (VA +HA) errechnet. Mit dieser wird direkt auf den für die geforderte Gesamt-Abbremung notwendigen Bezugswert bei zul. Fahrzeuggesamtgewicht hochgerechnet. Der ermittelte Bezugswert für 58 % (M1-Fz) Gesamtabbremung bei zul. Fahrzeuggesamtgewicht muss unter dem herstellerseitigen Vorgabewert liegen.

Die Mindest-Bremskraftanteile für die Vorder- und die Hinterachse sind jeweils separat zur Gesamtabbremung zu ermitteln und in Bezug zu den herstellerseitigen Vorgabewerten zu bringen.

Bewertung

- Der durch die Messung ermittelte Bezugswert zum Erreichen der 58 % (M1-Fz) Gesamtfahrzeugabbremung darf nicht über der vertikalen Linie für den max. zul. Bezugswert liegen.
- Die Steigung der ermittelten VA- und HA-Achsbremskraft darf nicht unterhalb der Linie (Φ -min) bez. ($(1 - \Phi)$ -min) für den min. zul. Achsbremskraftanteil liegen.

Eine grafische Darstellung der Prüfvorgaben der Fahrzeughersteller, des Auswertalgorithmus mit der entsprechenden Bewertung sind in der nachfolgenden Abbildung zusammenfassend dargestellt.

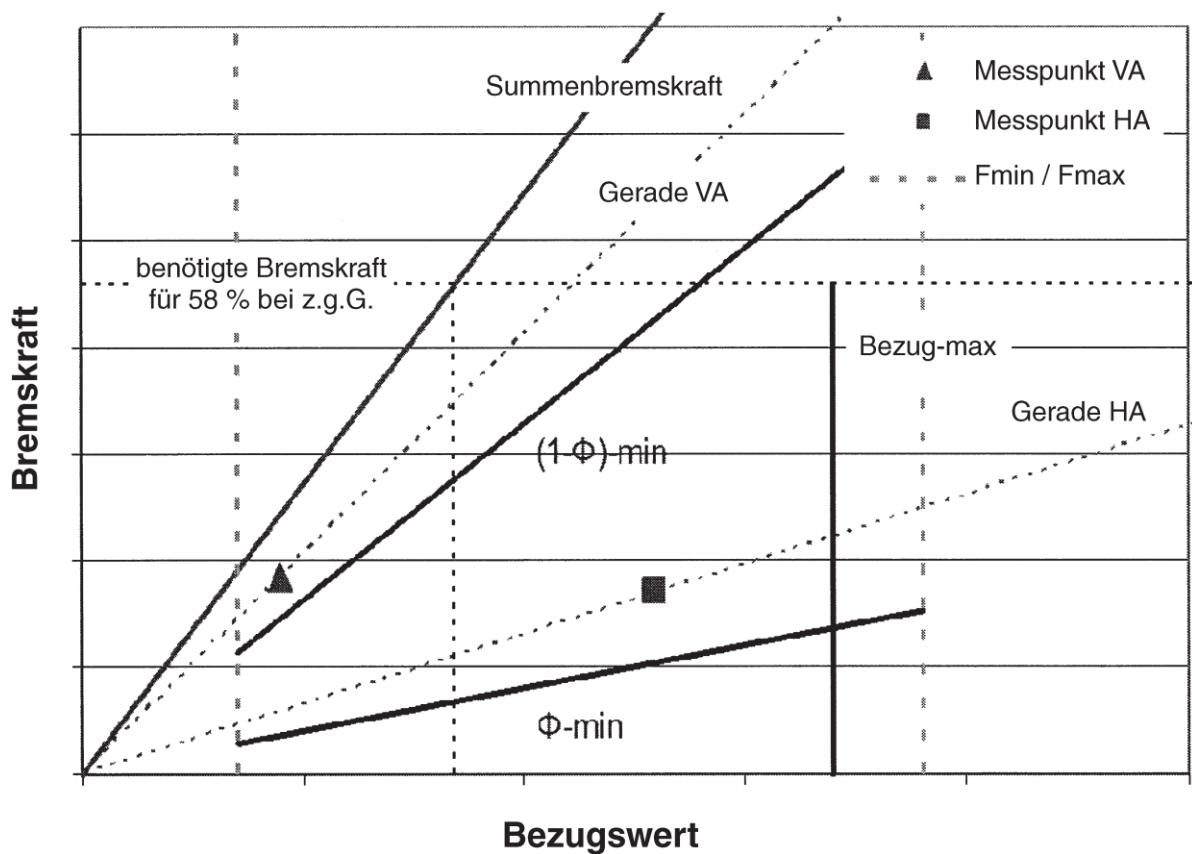


Abbildung: Grafische Darstellung Bezugswertverfahren für hydraulische Bremsanlagen

Randbedingungen

- Die herstellerseitig vorgegebenen Randbedingungen in Bezug auf die Konditionierung der Bremsanlage und den Zustand des Unterdrucksystems sind zu berücksichtigen.
- Bei Verwendung eines Pedalkraftaufnehmers sind für diesen folgende Toleranzen vorgegeben
 - 0 N – 100 N: +/- 2 N absolut
 - 100 N – Messbereichsendwert⁷ +/- 2 % relativ zum Messwert

⁷ Hinweis: Es wird empfohlen, bis zum Jahr 2020 einen Messbereich bis 500N (+20 %) bei den Pedalkraftmessern anzustreben.