

II

(Rechtsakte ohne Gesetzescharakter)

RECHTSAKTE VON GREMIEN, DIE IM RAHMEN INTERNATIONALER ÜBEREINKÜNFTE EINGESETZT WURDEN

Nur die von der UN/ECE verabschiedeten Originalfassungen sind international rechtsverbindlich. Der Status dieser Regelung und das Datum ihres Inkrafttretens ist der neuesten Fassung des UN/ECE-Statusdokuments TRANS/WP.29/343 zu entnehmen, das von folgender Website abgerufen werden kann: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>

Regelung Nr. 13-H der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN/ECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Personenkraftwagen hinsichtlich der Bremsen [2015/2364]

Einschließlich des gesamten gültigen Textes bis:

Ergänzung 16 zur Regelung in ihrer ursprünglichen Fassung — Tag des Inkrafttretens: 15. Juni 2015

INHALT

REGELUNG

1. Anwendungsbereich
2. Begriffsbestimmungen
3. Antrag auf Genehmigung
4. Genehmigung
5. Vorschriften
6. Prüfungen
7. Änderung eines Fahrzeugtyps oder dessen Bremssystems und Erweiterung der Genehmigung
8. Übereinstimmung der Produktion
9. Maßnahmen bei Abweichungen in der Produktion
10. Endgültige Einstellung der Produktion
11. Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, und der Typgenehmigungsbehörden
12. Übergangsvorschriften

ANHÄNGE

1. Mitteilung
 - Anlage — Liste der Fahrzeugdaten für Genehmigungen nach der Regelung Nr. 90
2. Anordnungen der Genehmigungszeichen
3. Bremsprüfungen und Wirkung der Bremssysteme
 - Anlage — Verfahren zur Überwachung des Batterieladezustands
4. Vorschriften bezüglich der Energiequellen und Behälter (Energiespeicher)

5. Verteilung der Bremskraft auf die Fahrzeugachsen
 - Anlage 1 — Verfahren für die Prüfung der Blockierreihenfolge
 - Anlage 2 — Verfahren für die Prüfung des Bremsmoments an den Rädern
6. Prüfvorschriften für Fahrzeuge mit Antiblockiervorrichtungen (ABV)
 - Anlage 1 — Zeichen und Definitionen
 - Anlage 2 — Kraftschlussausnutzung
 - Anlage 3 — Bremswirkung auf Oberflächen mit unterschiedlichen Kraftschlussbeiwerten
 - Anlage 4 — Verfahren zur Auswahl der Oberflächen mit niedrigem Kraftschlussbeiwert
7. Verfahren und Prüfung von Bremsbelägen auf dem Schwungmassenprüfstand
8. Spezielle Vorschriften für die Sicherheitsaspekte komplexer elektronischer Fahrzeugsteuersysteme
9. Elektronische Fahrdynamikregelung (electronic stability control, ESC) und Bremsassistentensysteme
 - Anlage 1 — Verwendung der fahrdynamischen Stabilisierungssimulation
 - Anlage 2 — Instrument für die fahrdynamische Stabilisierungssimulation und seine Validierung
 - Anlage 3 — Prüfbericht über das Simulationsinstrument für die Fahrzeugstabilisierungsfunktion
 - Anlage 4 — Methode zur Bestimmung von F_{ABS} und a_{ABS}
 - Anlage 5 — Datenverarbeitung für das BAS

1. ANWENDUNGSBEREICH

1.1. Diese Regelung gilt für die Bremsen von Fahrzeugen der Klassen M₁ und N₁ ⁽¹⁾.

1.2. Diese Regelung gilt nicht für

1.2.1. Fahrzeuge mit einer durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von bis zu 25 km/h

1.2.2. Fahrzeuge mit Einrichtungen für körperbehinderte Fahrer

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Im Sinne dieser Regelung bezeichnet der Begriff

2.1. „Genehmigung eines Fahrzeugs“ die Genehmigung eines Fahrzeugtyps hinsichtlich der Bremsen

2.2. „Fahrzeugtyp“ Fahrzeuge, die sich in folgenden wesentlichen Punkten nicht voneinander unterscheiden:

2.2.1. Höchstmasse nach Absatz 2.11

2.2.2. Achslastverteilung

⁽¹⁾ In dieser Regelung sind als Alternative zu den Vorschriften der Regelung Nr. 13 Vorschriften für Fahrzeuge der Klasse N₁ enthalten. Vertragsparteien, die sowohl die Regelung Nr. 13 als auch diese Regelung anwenden, erkennen Genehmigungen nach beiden Regelungen als gleichermaßen gültig an. Die Fahrzeugklassen M₁ und N₁ sind in der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3), Dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, Absatz 2 definiert — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 2.2.3. durch die Bauart bestimmte Höchstgeschwindigkeit
 - 2.2.4. eine unterschiedliche Bauart der Bremsausrüstung, insbesondere das Vorhandensein oder Fehlen der Ausrüstung für das Bremsen eines Anhängers oder eines elektrischen Bremsystems
 - 2.2.5. Motortyp
 - 2.2.6. Anzahl und Übersetzung der Getriebegänge
 - 2.2.7. Achsantriebsübersetzung
 - 2.2.8. Reifenabmessungen
- 2.3. „Bremsausrüstung“ die Gesamtheit der Teile, deren Aufgabe es ist, die Geschwindigkeit eines fahrenden Fahrzeugs zu verringern oder es zum Stillstand zu bringen oder es im Stillstand zu halten, wenn es bereits steht; diese Funktionen sind in Absatz 5.1.2 näher bezeichnet. Die Ausrüstung besteht aus der Betätigungsseinrichtung, der Übertragungseinrichtung und der eigentlichen Bremse;
- 2.4. „Betätigungsseinrichtung“ den Teil, den der Fahrer unmittelbar betätigt, um der Übertragungseinrichtung die zur Bremsung oder ihrer Steuerung erforderliche Energie zuzuführen. Diese Energie kann die Muskelarbeit des Fahrers oder vom Fahrer gesteuerte Energie aus einer anderen Quelle oder eine Kombination dieser verschiedenen Energiearten sein;
- 2.5. „Übertragungseinrichtung“ die Gesamtheit der Bauteile, die zwischen der Betätigungsseinrichtung und der Bremse angeordnet sind und diese in funktioneller Weise miteinander verbinden. Die Übertragungseinrichtung kann mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, elektrisch oder kombiniert sein. Wird die Bremskraft von einer Energiequelle erzeugt oder unterstützt, die unabhängig vom Fahrer ist, so ist der Energievorratsbehälter des Systems ebenfalls ein Teil der Übertragungseinrichtung.

Die Übertragungseinrichtung ist in zwei voneinander unabhängige Funktionsbereiche unterteilt: die Steuer-Übertragungseinrichtung und die Energie-Übertragungseinrichtung. Wird der Ausdruck „Übertragungseinrichtung“ in dieser Regelung allein verwendet, so beinhaltet er sowohl die „Steuer-Übertragungseinrichtung“ als auch die „Energie-Übertragungseinrichtung“:

- 2.5.1. „Steuer-Übertragungseinrichtung“ die Gesamtheit der Bauteile der Übertragungseinrichtung, die die Betätigung der Bremsen steuern, einschließlich der Steuerfunktion und des erforderlichen Energievorrats;
- 2.5.2. „Energie-Übertragungseinrichtung“ die Gesamtheit der Bauteile, die den Bremsen die für ihre Funktion erforderliche Energie zuführt, einschließlich des für die Betätigung der Bremsen erforderlichen Energievorrats;
- 2.6. „Bremse“ den Teil, in dem die der Bewegung des Fahrzeugs entgegenwirkenden Kräfte erzeugt werden. Sie kann eine Reibungsbremse sein (wenn die Kräfte durch Reibung zwischen zwei zum Fahrzeug gehörenden Teilen, die sich relativ zueinander bewegen, erzeugt werden), eine elektrische Bremse (bei der die Kräfte aus der elektromagnetischen Wirkung zwischen zwei sich relativ zueinander bewegenden, sich aber nicht berührenden, zum Fahrzeug gehörenden Teilen entstehen), eine Flüssigkeitsbremse (bei der die Kräfte durch die Wirkung einer Flüssigkeit entstehen, die sich zwischen zwei sich relativ zueinander bewegenden, zum Fahrzeug gehörenden Teilen befindet) oder eine Motorbremse (bei der die Kräfte aus der künstlichen Erhöhung der auf die Räder übertragenen Bremswirkung des Motors entstehen);
- 2.7. „verschiedenartige Bremsausrüstungen“ Ausrüstungen, die untereinander grundlegende Unterschiede aufweisen, wie:
 - 2.7.1. Bauteile mit unterschiedlichen Eigenschaften;
 - 2.7.2. Bauteile, die aus Werkstoffen mit unterschiedlichen Eigenschaften bestehen, oder Bauteile mit unterschiedlicher Form oder Größe;

- 2.7.3. eine unterschiedliche Anordnung der Bauteile;
- 2.8. „Bauteil der Bremsausrüstung“ eines der Teile, die zusammen die vollständige Bremsausrüstung bilden;
- 2.9. „abstufbare Bremsung“ die Bremsung, bei der innerhalb des normalen Arbeitsbereiches der Bremsanlage und während der Bremsbetätigung (siehe Absatz 2.16);
- 2.9.1. der Fahrer die Bremskraft zu jedem Zeitpunkt durch Einwirkung auf die Betätigungsseinrichtung erhöhen oder verringern kann;
- 2.9.2. die Bremskraft im gleichen Sinne wie die Einwirkung auf die Betätigungsseinrichtung wirkt (gleichförmige Wirkung);
- 2.9.3. eine hinreichende Feinabstimmung der Bremskraft leicht möglich ist;
- 2.10. „beladenes Fahrzeug“, falls nichts anderes angegeben ist, das bis zu seiner „Höchstmasse“ beladene Fahrzeug;
- 2.11. „Höchstmasse“ die vom Fahrzeughersteller angegebene technisch zulässige Masse (diese Masse kann höher sein als die von der nationalen Behörde festgelegte „zulässige Gesamtmasse“);
- 2.12. „Achslastverteilung“ die Verteilung der Wirkung der Schwerkraft auf die Masse des Fahrzeugs und/oder seines Inhalts auf die Achsen;
- 2.13. „Rad-/Achslast“ eine senkrechte statische Reaktionskraft der Straßenoberfläche in der Kontaktfläche auf das Rad/die Räder der Achse;
- 2.14. „höchste statische Rad-/Achslast“ eine statische Rad-/Achslast, die bei beladenem Fahrzeug erreicht wird;
- 2.15. „hydraulische Fremdkraftbremsausrüstung“ eine Bremsausrüstung, bei der die Energie durch eine unter Druck stehende Hydraulikflüssigkeit geliefert wird, die in einem oder mehreren Behältern gespeichert und von einem oder mehreren Druckerzeugern gespeist wird, wobei dieser Druck jeweils auf einen Höchstwert begrenzt wird. Dieser Wert ist vom Hersteller anzugeben;
- 2.16. „Betätigungen“ umfasst sowohl Betätigen als auch Lösen der Betätigungsseinrichtung;
- 2.17. „elektrisches Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung“ ein Bremssystem, bei dem die kinetische Energie des Fahrzeugs während der Verzögerung in elektrische Energie umgewandelt wird;
- 2.17.1. „Betätigungsseinrichtung des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung“ eine Einrichtung, mit der die Wirkung des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung gesteuert wird;
- 2.17.2. „elektrisches Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie A“ ein elektrisches Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung, das nicht Teil des Betriebsbremssystems ist;
- 2.17.3. „elektrisches Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B“ ein elektrisches Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung, das Teil des Betriebsbremssystems ist;
- 2.17.4. „Ladezustand“ das momentane Verhältnis von der in der Antriebsbatterie gespeicherten elektrischen Energie zur maximalen elektrischen Energie, die in dieser Batterie gespeichert werden kann;

- 2.17.5. „Antriebsbatterie“ eine Gruppe von Akkumulatoren, die den Energiespeicher für die Versorgung des Antriebsmotors/der Antriebsmotoren des Fahrzeugs bilden;
- 2.18. „zeitlich abgestimmte Bremsung“ eine Funktion, die verwendet werden kann, wenn aus zwei oder mehr Quellen Bremsenergie mit Hilfe einer gemeinsamen Betätigungsseinrichtung eingeleitet wird, und die bewirken kann, dass eine Energiequelle durch eine Zeitversetzung bei den anderen vorrangig genutzt wird, so dass die Betätigungsbewegung verstärkt werden muss, damit diese Energiequellen aktiviert werden können;
- 2.19. Der „Nennwert“ für die Bezugsbremswirkung muss definiert werden, damit der Übertragungsfunktion des Bremssystems ein Wert zugeordnet werden kann, wobei jeweils die Ausgangsgröße auf die Eingangsgröße bei den Fahrzeugen bezogen wird;
- 2.19.1. Der „Nennwert“ ist als die Kenngröße definiert, die bei der Typgenehmigung nachgewiesen werden kann und bei der die Abbremsung des Kraftfahrzeugs auf den Wert der Eingangsgröße der Bremsung bezogen wird;
- 2.20. „automatisch gesteuerte Bremsung“ eine Funktion in einem komplexen elektronischen Steuersystem, bei der die Betätigung der Bremssysteme oder der Bremsen an bestimmten Achsen zur Verzögerung des Fahrzeugs mit oder ohne direktes Eingreifen des Fahrers nach automatischer Auswertung der von den bordeigenen Systemen übermittelten Informationen erfolgt;
- 2.21. „selektive Bremsung“ eine Funktion in einem komplexen elektronischen Steuersystem, bei der die Betätigung der einzelnen Bremsen automatisch erfolgt, wobei die Verzögerung gegenüber der Veränderung des Fahrzeugverhaltens sekundär ist;
- 2.22. „Bremssignal“ ein Schaltsignal, das die Bremsenbetätigung nach Absatz 5.2.22 dieser Regelung anzeigt;
- 2.23. „Notbremssignal“ ein Schaltsignal, das die Notbremsung nach Absatz 5.2.23 dieser Regelung anzeigt;
- 2.24. „Ackermannwinkel“ den Winkel, dessen Tangens der Radstand, dividiert durch den Kurvenradius bei sehr niedriger Geschwindigkeit ist;
- 2.25. „elektronisches Fahrdynamikregelsystem“ oder „ESC-System“ (Electronic Stability Control System) ein System, das allen folgenden Anforderungen genügt:
- 2.25.1. Es verbessert die Richtungsstabilität des Fahrzeugs, indem es mindestens in der Lage ist, selbsttätig die einzelnen Bremsmomente des linken und rechten Rades an jeder Achse⁽²⁾ zu kontrollieren, um ein korrigierendes Giermoment zu erzeugen, dem die Einschätzung des tatsächlichen Fahrzeugverhaltens gegenüber dem vom Fahrer gewünschten Fahrzeugverhalten zugrunde liegt.
- 2.25.2. Es ist computergesteuert, wobei das Übersteuern des Fahrzeugs begrenzt wird, indem der Computer einen Algorithmus in einem geschlossenen Regelkreis verwendet und das Untersteuern begrenzt wird, indem das geschätzte tatsächliche Fahrzeugverhalten mit dem vom Fahrer gewünschten Fahrzeugverhalten verglichen wird.
- 2.25.3. Es kann unmittelbar den Wert der Gierrate des Fahrzeugs bestimmen und dessen Schleuderwert oder Schleuderwert-Ableitung nach der Zeit einschätzen.
- 2.25.4. Es kann die Lenkwinkeingabe des Fahrers überwachen und
- 2.25.5. es verfügt über einen Algorithmus, der den Bedarf an Unterstützung für den Fahrer zur Kontrolle über das Fahrzeug ermittelt, und kann das Antriebsdrehmoment im erforderlichen Maße ändern;

⁽²⁾ Eine Achsgruppe gilt als Einzelachse und Doppelräder gelten als Einzelrad.

- 2.26. „Querbeschleunigung“ die Komponente des Beschleunigungsvektors eines Punktes im Fahrzeug senkrecht zur Fahrzeulgängsachse (x-Achse) und parallel zur Fahrbahnfläche;
- 2.27. „Übersteuern“ einen Zustand, in dem die Gierrate des Fahrzeugs größer ist als die Gierrate, die bei der Geschwindigkeit des Fahrzeugs als Ergebnis des Ackermannwinkels auftreten würde;
- 2.28. „Schleudern oder Schleuderwinkel“ den Arkustangens des Verhältnisses von Querbeschleunigung zur Längsgeschwindigkeit des Fahrzeugschwerpunktes;
- 2.29. „Untersteuern“ einen Zustand in dem die Gierrate des Fahrzeugs geringer ist als die Gierrate, die bei der Geschwindigkeit des Fahrzeugs als Ergebnis des Ackermannwinkels auftreten würde;
- 2.30. „Gierrate“ die Geschwindigkeit, mit der sich der Richtungswinkel des Fahrzeugs um die Hochachse durch den Fahrzeugschwerpunkt dreht, gemessen in Grad pro Sekunde;
- 2.31. „Maximaler Bremskoeffizient (PBC)“ das Maß für die Reibung von Reifen und Straßenoberfläche, ausgehend von der größtmöglichen Verzögerung eines rollenden Reifens;
- 2.32. „Mehrzweckfeld“ eine Fläche, auf der mehrere Kontrollleuchten, Identifizierungszeichen oder sonstige Mitteilungen angezeigt werden können, jedoch nicht gleichzeitig;
- 2.33. „statischer Stabilitätsfaktor“ den Quotienten aus der Division der halben Spurweite des Fahrzeugs durch die Höhe des Fahrzeugschwerpunkts; er wird auch durch die Gleichung $SSF = T/2H$ ausgedrückt, wobei T = Spurweite (zur Berechnung von „T“ ist bei Fahrzeugen mit mehr als einer Spurweite der Durchschnitt und sind bei Achsen mit Doppelrädern die äußeren Räder zugrunde zu legen) und H = Höhe des Fahrzeugschwerpunkts;
- 2.34. „Bremsassistsystem (BAS)“ eine Funktion des Bremssystems, die aus den Merkmalen der Bremsauslösung durch den Fahrer auf eine Notbremsung schließt und unter diesen Bedingungen
- den Fahrer dabei unterstützt, die maximal erzielbare Abbremsung zu vollziehen, oder
 - ausreichend ist, um den vollständigen Zyklus des Antiblockier-Bremssystems herbeizuführen;
- 2.34.1. „Bremsassistsystem der Kategorie A“ ein System, das eine Notbremsung vorwiegend ⁽³⁾ an der Kraft erkennt, mit der der Fahrer das Bremspedal niederdrückt;
- 2.34.2. „Bremsassistsystem der Kategorie B“ ein System, das eine Notbremsung vorwiegend ⁽³⁾ an der Geschwindigkeit erkennt, mit der der Fahrer das Bremspedal niederdrückt;
- 2.35. „Kenncode“ ein Identifizierungsmerkmal der von der Genehmigung des Bremssystems gemäß dieser Regelung erfassten Bremsscheiben oder Bremstrommeln. Er muss mindestens den Herstellernamen oder die Handelsmarke und eine Identifizierungsnummer enthalten.

3. ANTRAG AUF GENEHMIGUNG

- 3.1. Der Antrag auf Erteilung einer Genehmigung für einen Fahrzeugtyp hinsichtlich der Bremsen ist vom Fahrzeughersteller oder seinem ordentlich bevollmächtigten Vertreter einzureichen.

⁽³⁾ Nach Angabe des Fahrzeugherstellers.

- 3.2. Dem Antrag sind folgende Unterlagen in dreifacher Ausfertigung und folgende Angaben beizufügen:
- 3.2.1. eine Beschreibung des Fahrzeugtyps nach Absatz 2.2. Anzugeben sind die Nummern und/oder Symbole, die den Fahrzeugtyp kennzeichnen, und die Art des Motors;
- 3.2.2. eine Liste der eindeutig bezeichneten Bauteile der Bremsausrüstung;
- 3.2.3. ein Schema der montierten Bremsausrüstung mit Angabe der Lage ihrer Bauteile am Fahrzeug;
- 3.2.4. genaue Zeichnungen jedes einzelnen Bauteils, anhand deren dieses leicht lokalisiert und bestimmt werden kann.
- 3.3. Ein Fahrzeug, das dem zu genehmigenden Typ entspricht, ist dem technischen Dienst zur Verfügung zu stellen, der die Prüfungen für die Genehmigung durchführt.
4. GENEHMIGUNG
- 4.1. Entspricht der zur Genehmigung nach dieser Regelung vorgeführte Fahrzeugtyp den Vorschriften in den Absätzen 5 und 6, so ist die Genehmigung für diesen Fahrzeugtyp zu erteilen.
- 4.2. Jede Genehmigung umfasst die Zuteilung einer Genehmigungsnummer, wobei ihre ersten beiden Ziffern die Änderungsserie mit den neuesten, wichtigsten technischen Änderungen, die zum Zeitpunkt der Erteilung der Genehmigung in die Regelung aufgenommen sind, bezeichnen. Dieselbe Vertragspartei darf diese Nummer nicht demselben Fahrzeugtyp mit einer Bremsausrüstung anderen Typs oder einem anderen Fahrzeugtyp zuteilen.
- 4.3. Über die Genehmigung oder die Versagung einer Genehmigung für einen Fahrzeugtyp nach dieser Regelung sind die Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, mit einem Mitteilungsblatt, das dem Muster in Anhang 1 dieser Regelung entspricht, und einer Übersicht der in den Absätzen 3.2.1 bis 3.2.4 genannten Unterlagen zu unterrichten; diesem Mitteilungsblatt sind Zeichnungen in geeignetem Maßstab beizufügen, die vom Antragsteller zur Verfügung zu stellen sind und deren Format nicht größer als A4 (210 mm × 297 mm) ist oder die auf dieses Format gefaltet sind.
- 4.4. An jedem Fahrzeug, das einem nach dieser Regelung genehmigten Fahrzeugtyp entspricht, ist sichtbar und an gut zugänglicher Stelle, die auf dem Mitteilungsblatt anzugeben ist, ein internationales Genehmigungszeichen anzubringen, bestehend aus:
- 4.4.1. einem Kreis, in dem sich der Buchstabe „E“ und die Kennzahl des Landes befinden, das die Genehmigung ⁽⁴⁾ erteilt hat, und
- 4.4.2. der Nummer dieser Regelung, mit dem nachgestellten Buchstaben „R“, einem Bindestrich und der Genehmigungsnummer rechts neben dem Kreis nach Absatz 4.4.1.
- 4.4.3. Entspricht das Fahrzeug den Anforderungen an elektronische Fahrdynamikregelsysteme und Bremsassistenzsysteme gemäß Anhang 9 dieser Regelung, so sind die zusätzlichen Buchstaben „ESC“ unmittelbar rechts neben den in Absatz 4.4.2 genannten Buchstaben „R“ zu setzen.
- 4.4.4. Entspricht das Fahrzeug den Vorschriften für die Fahrzeugstabilisierungsfunktion gemäß Anhang 21 der Regelung Nr. 13 und den Anforderungen an Bremsassistenzsysteme gemäß Anhang 9 dieser Regelung, so sind die zusätzlichen Buchstaben „VSF“ unmittelbar rechts neben den in Absatz 4.4.2 genannten Buchstaben „R“ zu setzen.

⁽⁴⁾ Die Kennzahlen der Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958 finden sich in Anhang 3 der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3), Dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, Anhang 3 — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 4.5. Entspricht das Fahrzeug einem Fahrzeugtyp, der auch nach einer oder mehreren anderen Regelungen zum Übereinkommen in dem Land genehmigt wurde, das die Genehmigung nach dieser Regelung erteilt hat, so braucht das Zeichen nach Absatz 4.4.1 nicht wiederholt zu werden; in diesem Fall sind die Regelungs- und Genehmigungsnummern und die zusätzlichen Zeichen aller Regelungen, aufgrund deren die Genehmigung in dem Land erteilt wurde, das die Genehmigung nach dieser Regelung erteilt hat, untereinander rechts neben dem Zeichen nach Absatz 4.4.1 anzuordnen.
- 4.6. Das Genehmigungszeichen muss deutlich lesbar und dauerhaft sein.
- 4.7. Das Genehmigungszeichen ist in der Nähe des Typenschildes des Fahrzeugs oder auf diesem anzugeben.
- 4.8. Anhang 2 dieser Regelung zeigt Beispiele der Anordnungen der Genehmigungszeichen.

5. VORSCHRIFTEN

5.1. Allgemeines

5.1.1. Bremsausrüstung

- 5.1.1.1. Die Bremsausrüstung muss so konstruiert, gebaut und eingebaut sein, dass das Fahrzeug bei betriebsüblicher Beanspruchung trotz der auftretenden Erschütterungen den Vorschriften dieser Regelung entspricht.
- 5.1.1.2. Insbesondere muss die Bremsausrüstung so konstruiert, gebaut und eingebaut sein, dass sie den im Betrieb auftretenden Einwirkungen durch Korrosion und Alterung standhält.

5.1.1.3. Bremsbeläge dürfen kein Asbest enthalten.

5.1.1.4. Die Wirksamkeit der Bremsausrüstung darf durch magnetische oder elektrische Felder nicht beeinträchtigt werden. (Dies ist anhand der Vorschriften der Regelung Nr. 10 Änderungsserie 02 nachzuweisen.)

5.1.1.5. Durch ein Störmeldungssignal kann das Soll-Wertsignal in der Steuer-Übertragungseinrichtung kurzzeitig (< 10 ms) unterbrochen werden, sofern die Bremswirkung dadurch nicht verringert wird.

5.1.2. Anforderungen an die Bremsausrüstung

Die in Absatz 2.3 dieser Regelung beschriebene Bremsausrüstung muss folgende Anforderungen erfüllen:

5.1.2.1. Betriebsbremssystem

Das Betriebsbremssystem muss es bei allen Geschwindigkeiten und Belastungszuständen und bei beliebiger Steigung und beliebigem Gefälle ermöglichen, die Fahrzeuggbewegung zu kontrollieren, sowie ein sicheres, schnelles und wirksames Anhalten des Fahrzeugs ermöglichen. Seine Wirkung muss abstuflbar sein. Der Fahrer muss die Bremswirkung von seinem Sitz aus erzielen können, ohne die Hände von der Lenkvorrichtung zu nehmen.

5.1.2.2. Hilfsbremssystem

Das Hilfsbremssystem muss mit Hilfe der Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse das Anhalten des Fahrzeugs innerhalb einer angemessenen Distanz ermöglichen, wenn das Betriebsbremssystem versagt. Seine Wirkung muss abstuflbar sein. Der Fahrer muss die Bremswirkung von seinem Sitz aus erzielen können, ohne die Hände von der Lenkvorrichtung zu nehmen. Im Sinne dieser Vorschriften wird angenommen, dass beim Betriebsbremssystem gleichzeitig nicht mehr als eine Störung auftreten kann.

5.1.2.3. Feststellbremssystem

Das Feststellbremssystem muss es ermöglichen, das Fahrzeug auch bei Abwesenheit des Fahrers auf einer Steigung oder in einem Gefälle im Stillstand zu halten, wobei die bremsenden Teile durch eine Einrichtung mit rein mechanischer Wirkung in Bremsstellung festgehalten werden. Der Fahrer muss die Bremswirkung von seinem Sitz aus erzielen können.

- 5.1.3. Die Vorschriften des Anhangs 8 gelten für die Sicherheitsaspekte aller komplexen elektronischen Fahrzeugsteuersysteme, die die Bremsenbetätigung steuern oder Teil der Steuer-Übertragungseinrichtung der Bremsfunktion sind, einschließlich der Steuersysteme, die die Bremssysteme für die automatisch gesteuerte oder die selektive Bremsung nutzen.

Für Systeme oder Funktionen, die das Bremssystem nutzen, um eine übergeordnete Zielgröße zu erreichen, gilt Anhang 8 jedoch nur insoweit, als sie eine direkte Wirkung auf das Bremssystem haben. Sind solche Systeme vorhanden, dann dürfen sie während der Genehmigungsprüfung des Bremssystems nicht deaktiviert sein.

- 5.1.4. Vorschriften für die periodische technische Überwachung von Bremssystemen
- 5.1.4.1. Der Verschleißzustand der verschleißenden Bauteile der Betriebsbremse, wie Bremsbeläge und Trommeln/Scheiben, muss festgestellt werden können (bei Trommeln oder Scheiben braucht die Verschleißfeststellung nicht unbedingt zum Zeitpunkt der periodischen technischen Überwachung zu erfolgen). Das anzuwendende Verfahren ist in Absatz 5.2.11.2 dieser Regelung beschrieben.
- 5.1.4.2. Es muss auf einfache Weise regelmäßig überprüft werden können, ob die komplexen elektronischen Systeme, die die Bremsen steuern, sich in einwandfrei funktionsfähigem Betriebszustand befinden. Wenn spezielle Angaben benötigt werden, sind diese uneingeschränkt zur Verfügung zu stellen.
- 5.1.4.2.1. Wird der Betriebszustand dem Fahrer durch Warnsignale gemäß dieser Regelung angezeigt, so muss es möglich sein, bei einer regelmäßigen technischen Überprüfung den einwandfrei funktionsfähigen Betriebszustand nach Einschalten der Zündung mit einer Sichtkontrolle der Warnsignale festzustellen.
- 5.1.4.2.2. Zum Zeitpunkt der Typgenehmigung müssen die Mittel zum Schutz gegen eine einfache unbefugte Veränderung der Funktionsweise des vom Hersteller gewählten Kontrollmittels (z. B. Warnsignal) vertraulich angegeben werden. Diese Schutzvorschrift ist auch eingehalten, wenn ein zweites Mittel zur Überprüfung des einwandfrei funktionsfähigen Betriebszustands zur Verfügung steht.
- 5.1.4.3. Es muss möglich sein, maximale Bremskräfte unter statischen Bedingungen auf einem Laufband oder einem Rollenprüfstand zu erzeugen.
- 5.2. Eigenschaften der Bremssysteme
- 5.2.1. Die Gesamtheit der Bremssysteme, mit denen ein Fahrzeug ausgestattet ist, muss die Anforderungen, die für die Betriebsbremse, die Hilfsbremse und die Feststellbremse vorgeschrieben sind, erfüllen.
- 5.2.2. Die Systeme für die Betriebsbremse, die Hilfsbremse und die Feststellbremse können gemeinsame Bauteile aufweisen, vorausgesetzt, sie entsprechen den nachstehenden Vorschriften:
- 5.2.2.1. Es müssen mindestens zwei voneinander unabhängige Betätigungsseinrichtungen vorhanden sein, die vom Fahrer in seiner normalen Sitzposition leicht erreichbar sind. Jede Bremsbetätigungsseinrichtung muss so beschaffen sein, dass sie beim Loslassen wieder vollständig in die Ruhestellung zurückkehrt. Diese Anforderung gilt nicht für die Betätigungsseinrichtung eines Feststellbremssystems, wenn sie in einer Betätigungsstellung mechanisch verriegelt wird.
- 5.2.2.2. Die Betätigungsseinrichtung des Betriebsbremssystems muss unabhängig von der des Feststellbremssystems sein.
- 5.2.2.3. Für die Wirksamkeit der Verbindung zwischen der Betätigungsseinrichtung des Betriebsbremssystems und den verschiedenen Teilen der Übertragungseinrichtung darf nach einer bestimmten Betriebsdauer keine Gefahr einer Verringerung bestehen.
- 5.2.2.4. Das Feststellbremssystem muss so beschaffen sein, dass es während der Fahrt betätigt werden kann. Diese Vorschrift gilt als eingehalten, wenn es möglich ist, das Betriebsbremssystem des Fahrzeugs mit einer Hilfsbetätigungsseinrichtung — auch nur teilweise — zu betätigen

- 5.2.2.5. Unbeschadet der Vorschriften des Absatzes 5.1.2.3 dieser Regelung dürfen das Betriebs- und das Feststellbremssystem gemeinsame Bauteile in ihrer Übertragungseinrichtung haben, sofern bei einer Störung in einem Teil der Übertragungseinrichtung die Vorschriften für die Hilfsbremse weiterhin eingehalten sind.
- 5.2.2.6. Bei Bruch irgendeines Bauteils außer den Bremsen (gemäß Absatz 2.6) und den in Absatz 5.2.2.10 genannten Bauteilen oder bei irgendwelchen sonstigen Störungen des Betriebsbremssystems (Funktionsstörung, teilweise oder völlige Erschöpfung des Energievorrats) muss es mit dem nicht von der Störung betroffenen Teil des Betriebsbremssystems möglich sein, das Fahrzeug unter den für die Hilfsbremse vorgeschriebenen Bedingungen anzuhalten.
- 5.2.2.7. Wird die Betriebsbremse durch die Muskelkraft des Fahrers und durch die Hilfskraft aus einem oder mehreren Energievorräten erreicht, so muss die Hilfsbremse bei Ausfall dieser Unterstützung durch die Muskelkraft des Fahrers gegebenenfalls mit der Unterstützung des von der Störung nicht betroffenen Energievorrats erreicht werden können, wobei die auf die Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse ausgeübte Kraft die vorgeschriebenen Höchstwerte nicht überschreiten darf.
- 5.2.2.8. Entsteht die Betriebsbremskraft und erfolgt ihre Übertragung ausschließlich durch einen vom Fahrer gesteuerten Energievorrat, so müssen mindestens zwei voneinander völlig unabhängige Energiespeicher mit je einer eigenen, ebenfalls unabhängigen Übertragungseinrichtung vorhanden sein; jeder Vorrat darf auf die Bremsen von nur zwei oder mehr Rädern wirken, die so gewählt sind, dass sie allein die vorgeschriebene Wirkung der Hilfsbremse gewährleisten, ohne dass die Stabilität des Fahrzeugs während des Bremsens beeinträchtigt wird; jeder Energievorrat muss außerdem mit einer Warneinrichtung nach Absatz 5.2.14 ausgerüstet sein.
- 5.2.2.9. Entsteht die Betriebsbremskraft und erfolgt ihre Übertragung ausschließlich durch einen Energievorrat, dann gilt für die Übertragung ein Energievorrat als ausreichend, sofern die vorgeschriebene Hilfsbremse durch die Muskelkraft des Fahrers, die auf die Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse wirkt, erreicht wird und die Vorschriften des Absatzes 5.2.5 eingehalten sind.
- 5.2.2.10. Gewisse Teile wie das Pedal und seine Lagerung, der Hauptzylinder mit seinen Kolben, das Bremsventil, das Gestänge zwischen dem Pedal und dem Hauptzylinder oder dem Bremsventil, die Bremszylinder und ihre Kolben und die Bremswellen und -nocken der Bremsen werden als nicht bruchgefährdet angesehen, wenn sie ausreichend bemessen sowie für die Wartung leicht zugänglich sind und Sicherheitsmerkmale aufweisen, die mindestens den für die übrigen wichtigen Fahrzeugteile (wie beispielsweise für das Lenkgestänge) geforderten gleichwertig sind. Macht das Versagen eines dieser Teile die Bremsung des Fahrzeugs mit mindestens der Wirkung, die für die Hilfsbremse vorgeschrieben ist, unmöglich, so muss dieses Teil aus Metall oder aus einem Werkstoff mit gleichwertigen Eigenschaften bestehen und darf bei normalem Betrieb der Bremssysteme keiner nennenswerten Verformung unterliegen.
- 5.2.3. Der Ausfall eines Teils einer hydraulischen Übertragungseinrichtung ist dem Fahrer durch eine rote Kontrollleuchte anzuzeigen, die aufleuchtet, bevor oder während zwischen der wirksamen und der ausgefallenen Bremsausrüstung ein Differenzdruck von nicht mehr als 15,5 bar, gemessen am Hauptbremszylinderausgang, entsteht, und so lange leuchtet, wie der Ausfall andauert und der Zündschalter eingeschaltet ist. Jedoch ist eine Einrichtung mit einer roten Kontrollleuchte zulässig, die aufleuchtet, wenn der Flüssigkeitsstand in dem Vorratsbehälter unterhalb eines bestimmten, vom Hersteller festgelegten Wertes liegt. Die Kontrollleuchte muss auch bei Tageslicht sichtbar sein, der einwandfreie Zustand der Signalleuchten muss vom Fahrer von seinem Sitzplatz aus leicht überprüft werden können. Versagt ein Teil der Einrichtung, so darf das nicht zum völligen Ausfall der Bremswirkung führen. Die Betätigung der Feststellbremse muss dem Fahrer ebenfalls angezeigt werden. Dafür kann dieselbe Kontrollleuchte verwendet werden.
- 5.2.4. Wird eine andere Energieform als die Muskelarbeit des Fahrers verwendet, so genügt eine einzige Energiequelle (Hydraulikpumpe, Kompressor usw.), doch muss die Art des Antriebs dieser Energiequelle so sicher wie irgend möglich sein.
- 5.2.4.1. Bei Ausfall irgendeines Teils der Übertragungseinrichtung des Bremssystems muss die Versorgung des von der Störung nicht betroffenen Teils weiterhin gesichert sein, wenn dies zum Abbremsen des Fahrzeugs mit der für die Hilfsbremse vorgeschriebenen Wirkung erforderlich ist. Diese Bedingung muss mit Hilfe von Einrichtungen, die bei Stillstand des Fahrzeugs leicht in Gang gesetzt werden können, oder durch automatische Einrichtungen erreicht werden.

- 5.2.4.2. Außerdem müssen die nach dieser Einrichtung angeordneten Behälter so beschaffen sein, dass es bei Ausfall der Energieversorgung nach viermaliger vollständiger Betätigung der Betriebsbremse entsprechend den Vorschriften nach Absatz 1.2 des Anhangs 4 dieser Regelung noch möglich ist, das Fahrzeug bei der fünften Bremsung mit der für die Hilfsbremsung vorgeschriebenen Wirkung zum Stillstand zu bringen.
- 5.2.4.3. Bei hydraulischen Bremssystemen mit Energiespeichern werden jedoch diese Bestimmungen als eingehalten angesehen, wenn die in Absatz 1.3 des Anhangs 4 dieser Regelung festgelegten Vorschriften erfüllt sind.
- 5.2.5. Die Vorschriften in den Absätzen 5.2.2, 5.2.3 und 5.2.4 müssen erfüllt sein, ohne dass hierfür eine automatische Einrichtung verwendet wird, deren Ausfall dadurch unbemerkt bleiben könnte, dass normalerweise in Ruhestellung befindliche Teile erst bei einer Störung des Bremssystems wirksam werden.
- 5.2.6. Das Betriebsbremssystem muss auf alle Räder des Fahrzeugs wirken und so beschaffen sein, dass seine Wirkung sinnvoll auf die Achsen verteilt ist.
- 5.2.7. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B kann die Bremsenergieeinspeisung aus anderen Quellen zeitlich so abgestimmt werden, dass nur das elektrische Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung arbeitet, sofern die beiden nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:
- 5.2.7.1. Spezifische Schwankungen des Ausgangsmoments des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung (z. B. infolge von Veränderungen beim Ladezustand der Antriebsbatterien) werden durch eine entsprechende Veränderung bei der zeitlichen Versetzung automatisch ausgeglichen, soweit die Vorschriften ⁽⁵⁾ eines der nachstehenden Anhänge dieser Regelung eingehalten sind:

Anhang 3 Absatz 1.3.2 oder

Anhang 6 Absatz 5.3. (auch bei eingeschaltetem Elektromotor) und

- 5.2.7.2. gegebenenfalls müssen alle Räder des Fahrzeugs automatisch gebremst werden, damit die Abbremsung ⁽³⁾ unter Berücksichtigung des Reifen/Fahrbahn-Kraftschlussbeiwerts weiterhin der Bremsanforderung durch den Fahrer entspricht.
- 5.2.8. Die Wirkung des Betriebsbremssystems muss bei jeder Achse symmetrisch zur Längsmittellebene des Fahrzeugs auf die Räder verteilt sein.

Ausgleichsvorrichtungen und Funktionen wie Antiblockiervorrichtungen, die Abweichungen von dieser symmetrischen Verteilung bewirken können, müssen angegeben werden.

- 5.2.8.1. Der Ausgleich für eine Verschlechterung der Wirkung oder einen Defekt im Bremssystem durch die elektrische Steuer-Übertragungseinrichtung ist dem Fahrer durch das gelbe Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.2 anzuzeigen. Diese Vorschrift gilt für alle Beladungszustände, wenn bei dem Ausgleich folgende Grenzwerte überschritten werden:
- 5.2.8.1.1. eine Differenz bei den Bremsdrücken in Querrichtung bei einer beliebigen Achse:

a) von 25 % des höheren Wertes für Fahrzeugverzögerungen $\geq 2 \text{ m/s}^2$,

b) ein Wert, der 25 % des Wertes bei 2 m/s^2 entspricht, bei geringeren Verzögerungen;

⁽⁵⁾ Die Typgenehmigungsbehörde, die die Genehmigung erteilen soll, muss das Betriebsbremssystem durch die Anwendung zusätzlicher Fahrzeugprüfverfahren überprüfen können.

5.2.8.1.2. ein einzelner Ausgleichswert bei einer beliebigen Achse:

- a) $> 50\%$ des Nennwerts für Fahrzeugverzögerungen $\geq 2 \text{ m/s}^2$,
- b) ein Wert, der 50% des Nennwerts bei 2 m/s^2 entspricht, bei geringeren Verzögerungen.

5.2.8.2. Der oben beschriebene Ausgleich ist nur zulässig, wenn die erste Bremsung bei Fahrzeuggeschwindigkeiten von mehr als 10 km/h erfolgt.

5.2.9. Durch Funktionsstörungen der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung dürfen die Bremsen nicht betätigt werden, ohne dass der Fahrer dies beabsichtigt.

5.2.10. Das Betriebsbremssystem, das Hilfsbremssystem und das Feststellbremssystem müssen auf Bremsflächen wirken, die mit den Rädern über Teile mit entsprechender Festigkeit verbunden sind.

Wird das Bremsmoment für bestimmte Achsen sowohl durch eine Reibungsbremse als auch durch ein elektrisches Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B erzeugt, dann ist eine Trennung von dem letztgenannten System zulässig, sofern die Reibungsbremse dauerhaft verbunden bleibt und entsprechend den Vorschriften des Absatzes 5.2.7.1 ausgleichend wirken kann.

Bei kurzen, vorübergehenden Trennungen ist jedoch ein unvollständiger Ausgleich zulässig, allerdings muss dieser Ausgleich innerhalb einer Sekunde mindestens 75% seines Endwerts erreicht haben.

In allen Fällen muss allerdings durch die dauerhaft angeschlossene Reibungsbremse sichergestellt sein, dass sowohl das Betriebsbremssystem als auch das Hilfsbremssystem die vorgeschriebene Bremswirkung beibehalten.

Ein Trennen der Bremsflächen ist beim Feststellbremssystem nur dann zulässig, wenn es ausschließlich durch den Fahrer von seinem Sitz aus über eine Einrichtung erfolgt, die nicht infolge einer Undichtheit wirksam werden kann.

5.2.11. Der Verschleiß der Bremsen muss leicht durch eine handbetätigte oder durch eine selbsttätige Nachstellseinrichtung ausgeglichen werden können. Ferner müssen die Betätigungsseinrichtung und die Teile der Übertragungseinrichtung und der Bremsen eine solche Wegreserve und nötigenfalls eine geeignete Ausgleichsmöglichkeit haben, damit bei Erwärmung der Bremsen oder nach Verschleiß der Beläge bis zu einem gewissen Grad die Bremswirkung ohne sofortige Nachstellen sichergestellt ist.

5.2.11.1. Die durch den Verschleiß erforderliche Nachstellung muss bei den Betriebsbremsen selbsttätig erfolgen. Selbsttätige Nachstelleinrichtungen müssen so beschaffen sein, dass nach Erwärmung der Bremsen und nachfolgender Abkühlung die Bremswirkung noch gewährleistet ist. Insbesondere muss das Fahrzeug nach den Prüfungen gemäß Anhang 3 Absatz 1.5 (Prüfung Typ I) noch normal fahren können.

5.2.11.2. Überprüfung des Verschleißes der Reibungsbauenteile der Betriebsbremse

5.2.11.2.1. Dieser Verschleiß an den Bremsbelägen der Betriebsbremse muss leicht von der Außenseite oder der Unterseite des Fahrzeugs aus durch entsprechende Inspektionsöffnungen oder durch andere Mittel festgestellt werden können, ohne dass dazu die Räder entfernt werden müssen. Dazu können einfache Standard-Werkstattwerkzeuge oder übliche Prüfgeräte für Fahrzeuge verwendet werden.

Als Alternative ist ein Sensor je Rad (Zwillingsräder gelten als Einzelräder) zulässig, der dem Fahrer auf seinem Sitz anzeigt, wenn ein Wechsel der Bremsbeläge erforderlich ist. Das gelbe Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.2 darf als optische Warneinrichtung verwendet werden.

5.2.11.2.2. Der Verschleißzustand der Reibflächen von Bremsscheiben oder -trommeln darf nur durch die direkte Messung an dem tatsächlichen Bauteil oder die Prüfung von Verschleißanzeigern an Bremsscheiben oder -trommeln festgestellt werden, wozu unter Umständen einige Teile abgebaut werden müssen. Daher muss der Fahrzeughersteller zum Zeitpunkt der Typgenehmigung Folgendes angeben:

- a) das Verfahren, mit dem der Verschleiß der Reibungsoberflächen von Trommeln oder Scheiben festgestellt werden kann, sowie die Angabe, in welchem Umfang Teile abgebaut werden müssen und mit welchen Werkzeugen und auf welche Art dies erreicht werden kann;
- b) die Information, die die größte zulässige Verschleißgrenze angibt, bei deren Erreichen die Bremsbeläge ausgetauscht werden müssen.

Diese Angaben müssen frei zugänglich sein, z. B. im Fahrzeughandbuch oder auf einem elektronischen Datenträger.

5.2.12. Bei hydraulischen Bremssystemen müssen die Einfüllöffnungen der Flüssigkeitsbehälter leicht zugänglich sein; ferner müssen die Flüssigkeitsbehälter so beschaffen sein, dass eine Feststellung des Flüssigkeitsstands in den Behältern leicht möglich ist, ohne dass diese geöffnet zu werden brauchen, und das kleinste Behälter-Gesamt-fassungsvermögen der Flüssigkeitsverdrängung entspricht, die sich ergibt, wenn alle mit den Behältern verbundenen Radbremszylinder oder Bremssättel sich aus einer Ruhestellung mit neuen Bremsbelägen in eine Stellung bei voller Bremsbetätigung mit verschlissenen Bremsbelägen bewegen. Sind diese letzteren Bedingungen nicht erfüllt, so muss der Fahrer durch das rote Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 auf ein Absinken des Flüssigkeitsstandes aufmerksam gemacht werden, das ein Versagen des Bremssystems zur Folge haben könnte.

5.2.13. Zur Kennzeichnung der Art der in Bremssystemen mit hydraulischer Übertragungseinrichtung zu verwendenden Flüssigkeit sind das Symbol nach Abbildung 1 oder 2 der ISO-Norm 9128:2006 und das entsprechende DOT-Kennzeichen (z. B. DOT 3) anzugeben. Das Symbol und die Kennzeichnung müssen an sichtbarer Stelle, in dauerhafter Form, höchstens 100 mm von den Einfüllöffnungen der Flüssigkeitsbehälter entfernt, angebracht sein; der Hersteller kann zusätzliche Informationen angeben.

5.2.14. Warneinrichtung

5.2.14.1. Jedes Fahrzeug, das eine Betriebsbremse hat, die von einem Energiespeicher versorgt wird, muss — wenn die vorgeschriebene Hilfsbremswirkung mit dieser Bremse nicht ohne Mitwirkung der Speicherenergie zu erzielen ist — mit einer Warneinrichtung versehen sein; diese Warneinrichtung muss optisch oder akustisch anzeigen, dass die Speicherenergie in irgendeinem Teil des Systems auf einen Wert abgefallen ist, bei dem es, unabhängig vom Beladungszustand des Fahrzeugs, ohne Nachspeisung des Energiespeichers noch möglich ist, nach vier vollständigen Betätigungen der Betriebsbremse bei der fünften Betätigung die für die Hilfsbremse vorgeschriebene Wirkung zu erzielen (ohne Ausfall der Übertragungseinrichtung der Betriebsbremse und mit möglichst eng eingestellten Bremsen). Die Warneinrichtung muss unmittelbar und dauernd an den Bremskreis angeschlossen sein. Mit Ausnahme der zum Auffüllen der Energiespeicher erforderlichen Zeit nach dem Anlassen des Motors darf bei unter normalen Bedingungen laufendem Motor und ohne Störung im Bremssystem, wie es bei Typprüfungen der Fall ist, die Warneinrichtung kein Signal geben. Das rote Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 ist als optische Warneinrichtung zu verwenden.

5.2.14.2. Bei Fahrzeugen, die nur deshalb als mit den Vorschriften in Absatz 5.2.4.1 dieser Regelung übereinstimmend angesehen werden, weil sie die Vorschriften in Absatz 1.3 des Anhangs 4 dieser Regelung erfüllen, muss jedoch zusätzlich zur optischen noch eine akustische Warneinrichtung vorhanden sein. Diese Einrichtungen müssen nicht gleichzeitig funktionieren, wenn jede von ihnen die vorstehenden Vorschriften erfüllt und das akustische Warnsignal nicht vor dem optischen anspricht. Das rote Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 ist als optische Warneinrichtung zu verwenden.

5.2.14.3. Diese akustische Warneinrichtung kann bei Betätigung der Feststellbremse und/oder nach Wahl des Fahrzeugherstellers bei automatischem Getriebe in der Gangwahlhebelstellung „Parken“ außer Betrieb gesetzt sein.

5.2.15. Unbeschadet der Vorschriften in Absatz 5.1.2.3 muss der Energievorrat, wenn für das Arbeiten eines Bremssystems eine Hilfskraft erforderlich ist, so bemessen sein, dass bei Stillstand des Motors oder bei einem Ausfall des Antriebs der Energiequelle die Bremswirkung ausreichend bleibt, um das Fahrzeug unter den vorgeschriebenen Bedingungen anzuhalten. Ist ferner die Muskelkraft des Fahrers bei der Betätigung des Feststellbremsystems durch eine Hilfskraft verstärkt, so muss die Betätigung des Feststellbremssystems bei Ausfall der Hilfskraft nötigenfalls dadurch sichergestellt sein, dass ein vom Energievorrat der normalerweise verwendeten Hilfskraft unabhängiger Vorrat in Anspruch genommen wird. Dieser Energievorrat kann der für das Betriebsbremssystem bestimmte sein.

- 5.2.16. Die pneumatisch/hydraulische Hilfseinrichtung muss so mit Energie versorgt werden, dass während ihres Betriebes die vorgeschriebenen Verzögerungswerte erreicht werden können und selbst bei einem Schaden an der Energiequelle der Energievorrat für die Bremssysteme durch den Betrieb der Hilfseinrichtung nicht unter den in Absatz 5.2.14 festgelegten Wert absinken kann.
- 5.2.17. Bei einem Kraftfahrzeug, das zum Ziehen eines Anhängers mit elektrischen Betriebsbremsen ausgerüstet ist, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:
- 5.2.17.1. Die Stromversorgungsanlage (Lichtmaschine und Batterie) des Kraftfahrzeugs muss eine ausreichende Kapazität haben, um den Strom für ein elektrisches Bremssystem zu liefern. Läuft der Motor mit der vom Hersteller empfohlenen Leerlaufdrehzahl und sind alle vom Hersteller als Serienausstattung eingebauten elektrischen Anlagen des Fahrzeugs eingeschaltet, so darf die Spannung in den elektrischen Leitungen bei maximalem Stromverbrauch des elektrischen Bremssystems (15 A) nicht unter 9,6 V fallen, gemessen an der Anschlussstelle. In den elektrischen Leitungen darf auch bei Überlastung kein Kurzschluss entstehen.
- 5.2.17.2. Bei einer Störung im Betriebsbremssystem des Kraftfahrzeugs, sofern diese Anlage aus mindestens zwei voneinander unabhängigen Bremskreisen besteht, müssen mit den nicht von der Störung betroffenen Bremskreisen die Bremsen des Anhängers teilweise oder voll betätigt werden können.
- 5.2.17.3. Die Verwendung des Bremslichtschalters und des -stromkreises für die Betätigung des elektrischen Bremssystems ist nur zulässig, wenn die Steuerleitung mit dem Bremslicht parallel geschaltet ist und der vorhandene Bremslichtschalter und Bremslichtstromkreis für die zusätzliche Belastung ausgelegt sind.
- 5.2.18. Zusätzliche Vorschriften für Fahrzeuge mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung:
- 5.2.18.1. Fahrzeuge mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie A
- 5.2.18.1.1. Die elektrische Bremsanlage mit Energie-Rückgewinnungseinrichtung darf nur durch die Beschleunigungseinrichtung und/oder in der Neutralstellung des Getriebes eingeschaltet werden.
- 5.2.18.2. Fahrzeuge mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B
- 5.2.18.2.1. Teile des Betriebsbremssystems dürfen nur durch eine automatische Einrichtung teilweise oder vollständig ausgeschaltet werden können. Diese Vorschrift darf nicht als Abweichung von den Vorschriften des Absatzes 5.2.10 ausgelegt werden.
- 5.2.18.2.2. Das Betriebsbremssystem darf nur eine Betätigungsseinrichtung haben.
- 5.2.18.2.3. Das Betriebsbremssystem darf weder durch das Auskuppeln des Motors/der Motoren noch durch das verwendete Gangübersetzungsverhältnis beeinträchtigt werden.
- 5.2.18.2.4. Erfolgt die Funktion des elektrischen Teils der Bremse durch eine Verknüpfung zwischen der Information, die von der Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse kommt, und der Bremskraft an den jeweiligen Rädern, so muss eine Störung dieser Verknüpfung, die eine Veränderung der vorgeschriebenen Bremskraftverteilung auf die Achsen (Anhang 5 beziehungsweise 6) bewirkt, dem Fahrer durch ein optisches Warnsignal spätestens dann angezeigt werden, wenn die Betätigungsseinrichtung aktiviert wird; diese Signalleuchte muss so lange aufleuchten, wie diese Störung andauert und der Betätigungsenschalter sich in der Einschaltstellung befindet.
- 5.2.18.3. Für Fahrzeuge mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung beider Kategorien gelten alle entsprechenden Vorschriften außer der Vorschrift in Absatz 5.2.18.1.1. In diesem Fall kann das elektrische Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung durch die Beschleunigungsvorrichtung und/oder in der Neutralstellung des Getriebes eingeschaltet werden. Außerdem darf durch die Betätigung der Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse die oben genannte Bremswirkung, die durch das Loslassen der Beschleunigungsvorrichtung erzeugt wird, nicht verringert werden.

5.2.18.4. Die Funktion der elektrischen Bremse darf durch magnetische oder elektrische Felder nicht beeinträchtigt werden.

5.2.18.5. Bei Fahrzeugen mit ABV muss das elektrische Bremssystem durch die ABV geregelt werden.

5.2.18.6. Der Ladezustand der Antriebsbatterien wird nach dem in der Anlage zu Anhang 3 dieser Regelung beschriebenen Verfahren bestimmt ⁽⁶⁾.

5.2.19. Spezielle zusätzliche Vorschriften für die elektrische Übertragungseinrichtung des Feststellbremssystems:

5.2.19.1. Bei einer Störung in der elektrischen Übertragungseinrichtung darf eine ungewollte Betätigung des Feststellbremssystems nicht möglich sein.

5.2.19.2. Bei einer elektrischen Störung in der Betätigungsseinrichtung oder einer Unterbrechung der Leitungen in der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung zwischen der Betätigungsseinrichtung und dem damit direkt verbundenen elektronischen Steuergerät, von der die Energieversorgung nicht betroffen ist, muss es auch weiterhin möglich sein, das Feststellbremssystem vom Fahrersitz aus zu betätigen und dadurch das beladene Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit einer Steigung oder einem Gefälle von 8 % so abzustellen, dass es nicht wegrollt. Alternativ dazu ist in diesem Fall eine automatische Betätigung der Feststellbremse bei stehendem Fahrzeug zulässig, sofern die oben genannte Bremswirkung erreicht wird und die Feststellbremse nach der Betätigung unabhängig vom Zustand des Zündschalters (Anlassschalters) angezogen bleibt. In diesem Fall muss die Feststellbremse automatisch gelöst werden, sobald der Fahrer das Fahrzeug erneut in Bewegung setzt. Der Motor/das manuelle Schaltgetriebe oder das Automatikgetriebe (Parkstellung) kann dazu genutzt werden, diese Bremswirkung zu erreichen oder dazu beizutragen.

5.2.19.2.1. Eine Unterbrechung der Leitungen in der elektrischen Übertragungseinrichtung oder eine elektrische Störung in der Betätigungsseinrichtung des Feststellbremssystems muss dem Fahrer durch das gelbe Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.2 angezeigt werden. Bei einer Unterbrechung der Leitungen in der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung des Feststellbremssystems muss dieses gelbe Warnsignal unverzüglich ausgelöst werden.

Außerdem muss eine solche Störung in der Betätigungsseinrichtung oder Unterbrechung der Leitungen, von der die elektronischen Steuergeräte und die Energieversorgung nicht betroffen sind, dem Fahrer durch das rote Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 angezeigt werden, das blinken muss, solange sich der Zündschalter (Anlassschalter) in der Ein-Stellung und die Betätigungsseinrichtung in angezogener Stellung befindet; außerdem muss es mindestens 10 Sekunden lang blinken, nachdem der Zündschalter (Anlassschalter) in die Aus-Stellung gebracht worden ist.

Wenn das Feststellbremssystem jedoch erkennt, dass die Feststellbremse richtig betätigt ist, kann das Blinken des roten Warnsignals unterdrückt werden, und es muss stattdessen das nicht blinkende rote Warnsignal verwendet werden.

Wenn die Betätigung der Feststellbremse normalerweise durch ein separates rotes Warnsignal angezeigt wird, das allen Vorschriften des Absatzes 5.2.21.2 entspricht, so muss dieses Signal verwendet werden, wobei die vorgenannten Vorschriften für ein rotes Signal eingehalten sein müssen.

5.2.19.3. Die Nebenverbraucher können mit Energie aus der elektrischen Übertragungseinrichtung des Feststellbremssystems versorgt werden, sofern die verfügbare Energie zur Betätigung des Feststellbremssystems sowie zur Versorgung aller Stromverbraucher des Fahrzeugs bei störungsfreiem Betrieb ausreicht. Wird der Energiespeicher auch zur Versorgung des Betriebsbremssystems verwendet, dann gelten die Vorschriften des Absatzes 5.2.20.6.

5.2.19.4. Nachdem der Zünd-/Startschalter, der die elektrische Energie für die Bremsausrüstung steuert, in die Aus-Stellung gebracht und/oder der Schlüssel abgezogen worden ist, muss das Feststellbremssystem weiter betätigt werden können, während das Lösen der Bremsen jedoch nicht möglich sein darf.

5.2.20. Spezielle zusätzliche Vorschriften für Betriebsbremssysteme mit elektrischer Steuer-Übertragungseinrichtung:

5.2.20.1. Bei gelöster Feststellbremse muss das Betriebsbremssystem folgenden Anforderungen genügen können:

⁽⁶⁾ Nach Absprache mit dem technischen Dienst ist bei Fahrzeugen, die eine fahrzeugeigene Energiequelle für das Aufladen der Antriebsbatterien und eine Einrichtung zum Regeln ihres Ladezustands haben, die Bestimmung des Ladezustands nicht erforderlich.

- a) Wenn das Bedienelement für das Antriebssystem in der Stellung „eingeschaltet“ („in Betrieb“) ist, wird eine statische Gesamtbremeskraft erzeugt, die mindestens der für die Prüfung Typ 0 gemäß Absatz 2.1 des Anhangs 3 dieser Regelung vorgeschriebenen Bremskraft entspricht;
- b) während der ersten sechzig Sekunden, nachdem das Bedienelement für das Antriebssystem in die Stellung „ausgeschaltet“ oder „verriegelt“ gebracht und/oder der Zündschlüssel abgezogen wurde, erzeugt dreimaliges Betätigen der Bremse eine statische Gesamtbremeskraft, die mindestens der für die Prüfung Typ 0 gemäß Absatz 2.1 des Anhangs 3 dieser Regelung vorgeschriebenen Bremskraft entspricht;
- c) nach Ablauf von sechzig Sekunden oder ab der vierten Bremsbetätigung innerhalb dieses Zeitraums — je nachdem, was eher eintritt — wird eine statische Gesamtbremeskraft erzeugt, die mindestens der für die Prüfung Typ 0 gemäß Absatz 2.2 des Anhangs 3 dieser Regelung vorgeschriebenen Hilfsbremswirkung entspricht.

Selbstverständlich muss in der Energie-Übertragungseinrichtung des Betriebsbremssystems genügend Energie vorhanden sein.

- 5.2.20.2. Bei einer einzelnen vorübergehenden Störung (< 40 ms) in der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung (zum Beispiel nicht übertragenes Signal oder Datenfehler), von der die Energieversorgung nicht betroffen ist, darf die Betriebsbremswirkung nicht spürbar beeinträchtigt werden.
- 5.2.20.3. Eine Störung in der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung (7), von der die Energieversorgung nicht betroffen ist und die die Funktionsfähigkeit und die Wirksamkeit von Systemen nach dieser Regelung beeinträchtigt, ist dem Fahrer durch das rote oder gelbe Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 beziehungsweise 5.2.21.1.2 anzusegnen. Kann die vorgeschriebene Bremswirkung des Betriebsbremssystems nicht mehr erreicht werden (rotes Warnsignal), so sind dem Fahrer Störungen aufgrund einer Unterbrechung des Stromdurchgangs (zum Beispiel Reißen des Kabels, Trennung) unverzüglich anzusegnen, und die vorgeschriebene Hilfsbremswirkung muss durch die Betätigung der Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse gemäß Absatz 2.2 des Anhangs 3 dieser Regelung erreicht werden.
- 5.2.20.4. Bei einem Ausfall der Energiequelle der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung muss, ausgehend vom Nennwert der Energiemenge, die Funktion des gesamten Steuerbereiches des Betriebsbremssystems sichergestellt sein, nachdem die Betriebsbremse zwanzig Mal hintereinander vollständig betätigt worden ist. Während der Prüfung muss die Bremse bei jedem Betätigungsorgang 20 Sekunden lang voll betätigt und 5 Sekunden lang gelöst sein. Bei dieser Prüfung muss natürlich in der Energie-Übertragungseinrichtung so viel Energie vorhanden sein, dass die volle Betätigung des Betriebsbremssystems möglich ist. Diese Vorschrift darf nicht als Abweichung von den Vorschriften des Anhangs 4 ausgelegt werden.
- 5.2.20.5. Fällt die Batteriespannung unter einen vom Hersteller angegebenen Wert ab, bei dem die vorgeschriebene Bremswirkung des Betriebsbremssystems nicht mehr gewährleistet werden kann und/oder bei dem ausgeschlossen ist, dass bei mindestens zwei unabhängigen Betriebsbremssystemen die vorgeschriebene Hilfsbremswirkung erreicht wird, so muss das rote Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 aufleuchten. Nach dem Aufleuchten des Warnsignals muss es möglich sein, die Betriebsbremse zu betätigen und zumindest die in Anhang 3 Absatz 2.2 dieser Regelung vorgeschriebene Hilfsbremswirkung zu erreichen. Selbstverständlich muss in der Energie-Übertragungseinrichtung des Betriebsbremssystems genügend Energie vorhanden sein.
- 5.2.20.6. Werden die Nebenverbraucher mit Energie aus demselben Speicher wie die elektrische Steuer-Übertragungseinrichtung versorgt, dann muss sichergestellt sein, dass bei einer Motordrehzahl von nicht mehr als 80 % der Drehzahl bei Höchstleistung die Energieversorgung ausreicht, um die vorgeschriebenen Verzögerungswerte zu erfüllen; dies wird dadurch erreicht, dass entweder die zugeführte Energiemenge so bemessen ist, dass dieser Energiespeicher nicht entladen wird, wenn die gesamte Hilfsausrüstung in Funktion ist, oder vorher ausgewählte Teile der Hilfsausrüstung bei einer Spannung über dem kritischen Wert nach Absatz 5.2.20.5 dieser Regelung automatisch abgeschaltet werden, damit eine weitere Entladung dieses Speichers verhindert wird. Die Einhaltung dieser Vorschrift kann rechnerisch oder durch eine praktische Prüfung nachgewiesen werden. Dieser Absatz gilt nicht für Fahrzeuge, bei denen die vorgeschriebenen Verzögerungswerte ohne die Zufuhr elektrischer Energie erreicht werden können.

(7) Bis einheitliche Prüfverfahren vereinbart sind, muss der Hersteller dem technischen Dienst eine Analyse der möglichen Störungen in der Steuer-Übertragungseinrichtung und ihrer Auswirkungen vorlegen. Diese Informationen sind zwischen technischem Dienst und Fahrzeughersteller zu vereinbaren und festzulegen.

5.2.20.7. Wird die Hilfsausrüstung mit Energie aus der elektrischen Steuer-Übertragungseinrichtung versorgt, dann müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

5.2.20.7.1. Tritt eine Störung in der Energiequelle auf, während das Fahrzeug fährt, dann muss im Speicher so viel Energie vorhanden sein, dass die Bremsen wirken, wenn sie betätigt werden

5.2.20.7.2. Tritt eine Störung in der Energiequelle auf, während das Fahrzeug steht und das Feststellbremssystem betätigt ist, dann muss im Speicher so viel Energie vorhanden sein, dass die Beleuchtung eingeschaltet werden kann, selbst wenn die Bremsen betätigt werden

5.2.21. Die allgemeinen Vorschriften für optische Warnsignale, die dem Fahrer bestimmte definierte Störungen (oder Defekte) in der Bremsausrüstung des Kraftfahrzeugs anzeigen sollen, sind in den nachstehenden Absätzen dargelegt. Abweichend von den Vorschriften des Absatzes 5.2.21.5 sind diese Signale ausschließlich für die in dieser Regelung vorgeschriebenen Zwecke zu verwenden.

5.2.21.1. In Kraftfahrzeugen müssen bei einem Versagen oder Defekt der Bremsen folgende optischen Warnsignale gegeben werden:

5.2.21.1.1. ein rotes Warnsignal, das die in dieser Regelung an anderer Stelle definierten Störungen in der Bremsanlage des Fahrzeugs anzeigt, die dazu führen, dass die vorgeschriebene Betriebsbremswirkung nicht erreicht wird und/oder mindestens einer von zwei unabhängigen Betriebsbremskreisen nicht funktioniert

5.2.21.1.2. gegebenenfalls ein gelbes Warnsignal, das einen elektrisch erfassten Defekt in der Bremsausrüstung des Fahrzeugs anzeigt, der nicht durch das rote Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.1 angezeigt wird

5.2.21.2. Die Warnsignale müssen auch bei Tageslicht sichtbar sein; der einwandfreie Zustand der Signalleuchten muss vom Fahrer von seinem Sitzplatz aus leicht überprüft werden können; versagt ein Teil der Warnvorrichtungen, so darf dies nicht zu einem Nachlassen der Bremswirkung führen.

5.2.21.3. Falls nichts anderes angegeben ist,

5.2.21.3.1. muss eine definierte Störung oder ein definierter Defekt dem Fahrer spätestens bei Betätigung der entsprechenden Bremse durch die oben genannten Warnsignale angezeigt werden

5.2.21.3.2. müssen die Warnsignale aufleuchten, solange die Störung/der Defekt vorhanden und der Zündschalter (Anlassschalter) eingeschaltet ist, und

5.2.21.3.3. muss das Warnsignal leuchten (es darf nicht blinken).

5.2.21.4. Die oben genannten Warnsignale müssen aufleuchten, wenn der elektrischen Anlage des Fahrzeugs (und des Bremssystems) Strom zugeführt wird. Bei stehendem Fahrzeug muss durch eine Überprüfung im Bremssystem sichergestellt werden, dass keine Störung oder kein Defekt vorhanden ist, bevor die Warnsignale erlöschen. Störungen oder Defekte, die die oben genannten Warnsignale auslösen sollen, aber unter statischen Bedingungen nicht erkannt werden, müssen bei ihrer Erkennung gespeichert und bei der Inbetriebnahme und immer, wenn der Zünd-/Startschalter eingeschaltet ist, angezeigt werden, solange die Störung oder der Defekt vorhanden ist.

5.2.21.5. Nichtdefinierte Störungen (oder Defekte) oder andere Informationen, die die Bremsen und/oder das Fahrwerk des Kraftfahrzeugs betreffen, können durch das gelbe Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.2 angezeigt werden, sofern alle nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

5.2.21.5.1. das Fahrzeug steht;

5.2.21.5.2. nachdem der Bremsausrüstung Strom zugeführt worden ist, wurde durch das Signal nach dem in Absatz 5.2.21.4 beschriebenen Verfahren angezeigt, dass keine definierten Störungen (oder Defekte) festgestellt worden sind, und

5.2.21.5.3. nicht definierte Störungen oder andere Informationen sind nur durch das blinkende Warnsignal anzuzeigen. Das Warnsignal muss allerdings erlöschen, sobald die Fahrzeuggeschwindigkeit zum ersten Mal 10 km/h überschreitet.

5.2.22. Auslösen eines Bremssignals zum Einschalten der Bremsleuchten

5.2.22.1. Die Betätigung des Betriebsbremssystems durch den Fahrer muss ein Signal auslösen, das die Bremsleuchten aufleuchten lässt.

5.2.22.2. Die Betätigung des Betriebsbremssystems durch „automatisch gesteuerte Bremsung“ muss das vorstehend genannte Signal auslösen. Ist jedoch die erzeugte Verzögerung kleiner als $0,7 \text{ m/s}^2$, dann darf das Signal unterdrückt werden ⁽⁸⁾.

5.2.22.3. Die Betätigung eines Teils des Betriebsbremssystems durch „selektive Bremsung“ darf das vorstehend genannte Signal nicht auslösen ⁽⁹⁾.

5.2.22.4. Bei elektrischen Bremssystemen mit Energierückgewinnungseinrichtung im Sinne von Absatz 2.17 dieser Regelung, die beim Loslassen des Gaspedals eine verzögernde Kraft erzeugen, muss die Auslösung des oben genannten Signals folgenden Vorgaben entsprechen:

Fahrzeugverzögerung	Signalauslösung
$\leq 0,7 \text{ m/s}^2$	Das Signal darf nicht ausgelöst werden.
$> 0,7 \text{ m/s}^2$ und $\leq 1,3 \text{ m/s}^2$	Das Signal kann ausgelöst werden.
$> 1,3 \text{ m/s}^2$	Das Signal muss ausgelöst werden.

Das Signal muss in jedem Fall spätestens dann abgeschaltet werden, wenn die Verzögerung $0,7 \text{ m/s}^2$ unterschreitet ⁽⁸⁾.

5.2.23. Ist ein Fahrzeug mit Mitteln zum Anzeigen der Notbremsung ausgerüstet, so darf die Betätigung des Betriebsbremssystems die Auslösung und Abschaltung des Notbremssignals nur unter folgenden Bedingungen bewirken ⁽⁸⁾:

5.2.23.1. Das Signal darf bei einer Verzögerung von weniger als 6 m/s^2 nicht eingeschaltet werden, aber es kann bei einer Verzögerung von 6 m/s^2 oder darüber ausgelöst werden, wobei der tatsächliche Auslösewert vom Fahrzeughersteller festgelegt wird.

Das Signal muss spätestens dann abgeschaltet werden, wenn die Verzögerung $2,5 \text{ m/s}^2$ unterschreitet.

5.2.23.2. Daneben können auch die folgenden Vorschriften angewandt werden:

a) Die Signalauslösung kann unter Einhaltung der in Absatz 5.2.23.1 festgelegten Auslöse- und Abschaltschwellenwerte auf eine aus der Bremsanforderung resultierende Prognose der Fahrzeugverzögerung zurückgehen oder

b) Das Signal darf bei einer Geschwindigkeit über 50 km/h eingeschaltet werden, wenn die Antiblockiervorrichtung (gemäß Anhang 6 Absatz 2) voll regelt.

Das Signal muss ausgeschaltet werden, wenn das Antiblockiersystem nicht mehr voll regelt.

⁽⁸⁾ Bei der Typgenehmigung ist die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen durch den Fahrzeughersteller zu bestätigen.

⁽⁹⁾ Während einer „selektiven Bremsung“ kann sie zur „automatisch gesteuerten Bremsung“ wechseln.

5.2.24. Jedes Fahrzeug, das mit einem elektronischen Fahrdynamikregelsystem gemäß Absatz 2.25 ausgestattet ist, muss die gerätespezifischen Anforderungen, die Leistungsanforderungen und die Prüfungsanforderungen von Anhang 9 Teil A dieser Regelung erfüllen.

5.2.24.1. Alternativ zu der Anforderung von Absatz 5.2.24 können Fahrzeuge der Klassen M₁ und N₁ mit einer Masse in fahrbereitem Zustand von > 1 735 kg mit einer Fahrzeugstabilisierungsfunktion ausgestattet sein, die auch eine Überroll- und Fahrtrichtungskontrolle erlaubt und den technischen Vorschriften von Anhang 21 der Regelung Nr. 13 entspricht.

5.2.25. Kraftfahrzeuge der Klassen M₁ und N₁, die mit Noträder/-reifen ausgerüstet sind, müssen den einschlägigen technischen Vorschriften von Anhang 3 der Regelung Nr. 64 entsprechen.

6. PRÜFUNGEN

Die Bremsprüfungen, denen die zur Genehmigung vorgeführten Fahrzeuge zu unterziehen sind, und die geforderten Bremswirkungen sind in Anhang 3 dieser Regelung beschrieben.

7. ÄNDERUNG EINES FAHRZEUGTYPS ODER DESSEN BREMSSYSTEMS UND ERWEITERUNG DER GENEHMIGUNG

7.1. Jede Änderung des Fahrzeugtyps oder dessen Bremssystems ist der Typgenehmigungsbehörde mitzuteilen, die die Genehmigung für den Fahrzeugtyp erteilt hat. Diese Behörde kann dann

7.1.1. entweder die Auffassung vertreten, dass die vorgenommenen Änderungen keine nennenswerte nachteilige Auswirkung haben und das Fahrzeug in jedem Fall noch den Vorschriften entspricht, oder

7.1.2. bei dem technischen Dienst, der die Prüfungen durchführt, ein weiteres Gutachten anfordern.

7.2. Die Bestätigung, Erweiterung oder Versagung der Genehmigung ist den Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, nach dem in Absatz 4.3 angegebenen Verfahren mitzuteilen.

7.3. Die Typgenehmigungsbehörde, die die Erweiterung der Genehmigung bescheinigt, teilt jedem Mitteilungsblatt, das bei einer solchen Erweiterung ausgestellt wird, eine laufende Nummer zu.

8. ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION

Die Verfahren zur Kontrolle der Übereinstimmung der Produktion müssen den in Anlage 2 zum Übereinkommen (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2) beschriebenen Verfahren entsprechen, wobei folgende Vorschriften eingehalten sein müssen:

8.1. Ein nach dieser Regelung genehmigtes Fahrzeug muss so gebaut sein, dass es dem genehmigten Typ insofern entspricht, als die Vorschriften des Absatzes 5 eingehalten sind.

8.2. Die Typgenehmigungsbehörde, die die Typgenehmigung erteilt hat, kann jederzeit die in jeder Fertigungsanlage angewandten Verfahren zur Kontrolle der Übereinstimmung überprüfen. Diese Überprüfungen werden normalerweise einmal alle zwei Jahre durchgeführt.

9. MAßNAHMEN BEI ABWEICHUNGEN IN DER PRODUKTION

9.1. Die für einen Fahrzeugtyp nach dieser Regelung erteilte Genehmigung kann zurückgenommen werden, wenn die Vorschriften nach Absatz 8.1 nicht eingehalten sind.

9.2. Nimmt eine Vertragspartei des Übereinkommens, die diese Regelung anwendet, eine von ihr erteilte Genehmigung zurück, so hat sie unverzüglich die anderen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, hierüber mit einer Kopie des Mitteilungsblattes zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 1 dieser Regelung entspricht.

10. ENDGÜLTIGE EINSTELLUNG DER PRODUKTION

Stellt der Inhaber der Genehmigung die Produktion eines nach dieser Regelung genehmigten Fahrzeugtyps endgültig ein, so hat er hierüber die Typgenehmigungsbehörde, die die Genehmigung erteilt hat, zu unterrichten. Nach Erhalt der entsprechenden Mitteilung hat diese Behörde die anderen Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, hierüber mit Kopien des Mitteilungsblattes zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 1 dieser Regelung entspricht.

11. NAMEN UND ANSCHRIFTEN DER TECHNISCHEN DIENSTE, DIE DIE PRÜFUNGEN FÜR DIE GENEHMIGUNG DURCHFÜHREN, UND DER TYPGENEHMIGUNGSBEHÖRDEN

Die Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, nennen dem Sekretariat der Vereinten Nationen die Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, sowie der Typgenehmigungsbehörden, die Genehmigungen erteilen und denen die Mitteilungsblätter über in anderen Ländern erteilte, erweiterte, versagte oder zurückgenommene Genehmigungen zu übersenden sind.

12. ÜBERGANGSBESTIMMUNGEN

12.1. Vom Tag des Inkrafttretens der Ergänzung 16 zu dieser Regelung darf keine Vertragspartei, die diese Regelung anwendet, die Erteilung oder Anerkennung von Genehmigungen nach dieser Regelung in ihrer durch die Ergänzung 16 geänderten Fassung verweigern.

12.2. Nach Ablauf eines Zeitraums von 24 Monaten nach dem Tag des Inkrafttretens von Ergänzung 16 dieser Regelung dürfen die Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, Typgenehmigungen nur noch dann erteilen, wenn der zur Genehmigung vorgelegte Fahrzeugtyp die Anforderungen dieser Regelung in ihrer durch die Ergänzung 16 geänderten Fassung erfüllt.

12.3. Unbeschadet der Bestimmungen der Absätze 12.1 und 12.2 erteilen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, auch künftig Genehmigungen für die Anhang 9 dieser Regelung entsprechenden Fahrzeugtypen, die nicht mit einer Fahrzeugstabilisierungsfunktion oder ESC und BAS ausgestattet sind.

12.4. Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, versagen keine Erweiterungen von Typgenehmigungen für bestehende Fahrzeugtypen aufgrund der bei Erteilung der ursprünglichen Genehmigung geltenden Bestimmungen, unabhängig davon, ob die Fahrzeugtypen mit einer Fahrzeugstabilisierungsfunktion oder ESC und BAS ausgestattet sind oder nicht.

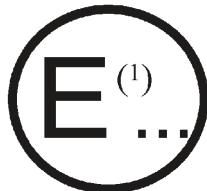
12.5. Vorbehaltlich der Bestimmungen von Absatz 12.6 bleiben gemäß etwaigen Ergänzungen dieser Regelung erteilte Typgenehmigungen auch nach dem Inkrafttreten von Ergänzung 16 derselben gültig, und die Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, erkennen diese weiterhin an.

12.6. Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, sind nicht verpflichtet, für die Zwecke der nationalen oder regionalen Typgenehmigung eine Typgenehmigung für Fahrzeugtypen, die nicht mit einer Fahrzeugstabilisierungsfunktion oder ESC und BAS ausgestattet sind, anzuerkennen.

ANHANG 1

MITTEILUNG (*)

(Größtes Format: A4 (210 × 297 mm))



ausgestellt von: Bezeichnung der Behörde

.....

.....

.....

- über die ⁽²⁾
- Erteilung der Genehmigung
 - Erweiterung der Genehmigung
 - Versagung der Genehmigung
 - Rücknahme der Genehmigung
 - Endgültige Einstellung der Produktion

für einen Fahrzeugtyp hinsichtlich der Bremsen nach der Regelung Nr. 13-H

Nummer der Genehmigung:

Nummer der Erweiterung:

1. Fabrik- oder Handelsmarke des Fahrzeugs:
2. Fahrzeugtyp:
3. Name und Anschrift des Herstellers:
4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Vertreters des Herstellers:
5. Masse des Fahrzeugs:
- 5.1. Höchstmasse des Fahrzeugs:
- 5.2. Leermasse des Fahrzeugs:
6. Achslastverteilung (Höchstwert):
7. Marke und Typ der Bremsbeläge, Bremsscheiben und Bremstrommeln:
 - 7.1. Bremsbeläge
 - 7.1.1. Bremsbeläge, die nach allen entsprechenden Vorschriften des Anhangs 3 geprüft wurden:
 - 7.1.2. Alternative Bremsbeläge, die nach Anhang 7 geprüft wurden:
 - 7.2. Bremsscheiben und Bremstrommeln
 - 7.2.1. Kenncode der von der Genehmigung des Bremssystems gemäß dieser Regelung erfassten Bremsscheiben:
 - 7.2.2. Kenncode der von der Genehmigung des Bremssystems gemäß dieser Regelung erfassten Bremstrommeln:
8. Motortyp:
9. Zahl und Übersetzungen der Getriebegänge:
10. Achsantriebsübersetzungen:
11. Ggf. Höchstmasse des Anhängers, der gezogen werden darf:
- 11.1. Ungebremster Anhänger:

12. Reifenabmessung:
- 12.1. Abmessungen des Ersatzrades/-reifens für vorübergehende Benutzung:
- 12.2. Das Fahrzeug entspricht den technischen Vorschriften des Anhangs 3 der Regelung Nr. 64: ja/nein ⁽²⁾
13. Durch die Bauart bestimmte Höchstgeschwindigkeit:
14. Kurzbeschreibung der Bremsausrüstung:
15. Masse des Fahrzeugs bei der Prüfung:

	beladen (kg)	leer (kg)
Achse Nr. 1		
Achse Nr. 2		
insgesamt		

16. Prüfergebnisse:

Prüfgeschwindigkeit km/h	gemessene Bremswirkung	gemessene Betätigungs Kraft (daN)

- 16.1. Prüfungen Typ 0
- Motor aus gekuppelt
- Betriebsbremsung (beladen)
- Betriebsbremsung (leer)
- Hilfsbremsung (beladen)
- Hilfsbremsung (leer)
- 16.2. Prüfungen Typ 0
- Motor eingekuppelt
- Betriebsbremsung (beladen)
- Betriebsbremsung (leer)
- (nach Absatz 2.1.1 Buchstabe B des Anhangs 3)
- 16.3. Prüfungen Typ I
- Teilbremsungen zu Beginn (zur Bestimmung der Pedalkraft)
- Heißbremswirkung (1. Bremsung)
- Heißbremswirkung (2. Bremsung)
- Wiedererreichte Bremswirkung
- 16.4. Dynamische Feststellbremswirkung:
17. Ergebnis der Bremsprüfungen nach Anhang 5:

18. Das Fahrzeug ist/ist nicht ⁽²⁾ zum Ziehen eines Anhängers mit elektrischem Bremssystem ausgerüstet
19. Das Fahrzeug ist/ist nicht ⁽²⁾ mit einer ABV ausgerüstet
- 19.1. Das Fahrzeug entspricht den Vorschriften des Anhangs 6: ja/nein ⁽²⁾
- 19.2. Kategorie der ABV: Kategorie 1/2/3 ⁽²⁾
20. Entsprechende Unterlagen nach Anhang 8 wurden in Bezug auf folgende Systeme eingereicht: ja/nein/nicht zutreffend ⁽²⁾
21. Das Fahrzeug ist mit einem ESC-System ausgestattet: ja/nein ⁽²⁾
falls ja: Das ESC-System wurde gemäß den Vorschriften von Anhang 9 Teil A geprüft und entspricht diesen: ja/nein ⁽²⁾
oder: Die Fahrzeugstabilisierungsfunktion wurde gemäß den Vorschriften der Regelung 13 Anhang 21 geprüft und entspricht diesen: ja/nein ⁽²⁾
22. Das Fahrzeug ist/ist nicht ⁽²⁾ mit einem Bremsassistenzsystem ausgestattet, das den Vorschriften von Anhang 9 Teil B entspricht.
 - 22.1. Kategorie des Bremsassistenzsystems A/B ⁽²⁾
 - 22.1.1. Für Systeme der Kategorie A ist der Schwellenwert zu bestimmen, ab dem sich das Verhältnis von Pedalkraft zu Bremskraft vergrößert ⁽²⁾
 - 22.1.2. Für Systeme der Kategorie B ist die zur Aktivierung des Bremsassistenzsystems erforderliche Pedalgeschwindigkeit (z. B. Niedertreten des Pedals mit ... mm/s während eines gegebenen Zeitintervalls) zu bestimmen ⁽²⁾
23. Fahrzeug zur Genehmigung vorgeführt am:
24. Technischer Dienst, der die Prüfungen für die Genehmigung durchführt:
25. Datum des Gutachtens des technischen Dienstes:
26. Nummer des Gutachtens des technischen Dienstes:
27. Die Genehmigung wird erteilt/versagt/erweitert/zurückgenommen ⁽²⁾
28. Stelle, an der das Genehmigungszeichen am Fahrzeug angebracht ist:
29. Ort:
30. Datum:
31. Unterschrift:
32. Dieser Mitteilung ist die Übersicht nach Absatz 4.3 dieser Regelung beigefügt.

(*) Auf Wunsch von Antragstellern, die eine Genehmigung nach der Regelung Nr. 90 beantragen, übermittelt die Genehmigungsbehörde die in der Anlage 1 zu diesem Anhang enthaltenen Angaben. Diese Angaben werden jedoch nur für die Zwecke von Genehmigungen nach Regelung Nr. 90 gemacht.

(¹) Kennzahl des Landes, das die Genehmigung erteilt/erweitert/versagt/entzogen hat (siehe Genehmigungsvorschriften in der Regelung).

(²) Nichtzutreffendes streichen.

*Anlage***Liste der Fahrzeugdaten für Genehmigungen nach der Regelung Nr. 90**

1. Beschreibung des Fahrzeugtyps:
- 1.1. Fabrik- oder Handelsmarke des Fahrzeugs (falls vorhanden):
- 1.2. Fahrzeugklasse:
- 1.3. Fahrzeugtyp entsprechend der Genehmigung nach der Regelung Nr. 13-H:
- 1.4. Modelle oder Fabrikmarken von Fahrzeugen, die zu dem Fahrzeugtyp gehören (falls vorhanden):
- 1.5. Name und Anschrift des Herstellers:
2. Marke und Typ der Bremsbeläge, Bremsscheiben und Bremstrommeln
 - 2.1. Bremsbeläge
 - 2.1.1. Bremsbeläge, die nach allen entsprechenden Vorschriften des Anhangs 3 geprüft wurden
 - 2.1.2. Alternative Bremsbeläge, die nach Anhang 7 geprüft wurden
 - 2.2. Bremsscheiben und Bremstrommeln
 - 2.2.1. Kenncode der von der Genehmigung des Bremssystems gemäß dieser Regelung erfassten Bremsscheiben
 - 2.2.2. Kenncode der von der Genehmigung des Bremssystems gemäß dieser Regelung erfassten Bremstrommeln
3. Leermasse des Fahrzeugs:
- 3.1. Achslastverteilung (Höchstwert):
4. Höchstmasse des Fahrzeugs:
- 4.1. Achslastverteilung (Höchstwert):
5. Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs:
6. Reifen- und Radabmessungen:
7. Bremskreislaufteilung (z. B. Vorn-Hinten-Aufteilung oder Diagonalaufteilung):
8. Angabe des Hilfsbremsystems:
9. Technische Daten der Bremsventile (falls zutreffend):
- 9.1. Angaben über die Einstellung des Lasterfassungsventils:
- 9.2. Einstellung des Druckventils:
10. Konstruktions-Bremeskraftverteilung:
11. Technische Daten der Bremse:
- 11.1. Scheibenbremsentyp (z. B. Zahl der Kolben mit Durchmessern, belüftete Scheibe oder Vollscheibe):

-
- 11.2. Trommelbremsentyp (z. B. Duo-Servobremse mit Kolbengröße und Abmessungen der Trommel):
- 11.3. Bei Druckluftbremssystemen z. B. Typ und Größe der Luftspeicher, Hebel usw.:
12. Typ und Größe des Hauptzylinders:
13. Typ und Größe der Kraftverstärker:
-

ANHANG 2

ANORDNUNGEN DER GENEHMIGUNGSZEICHEN

MUSTER A

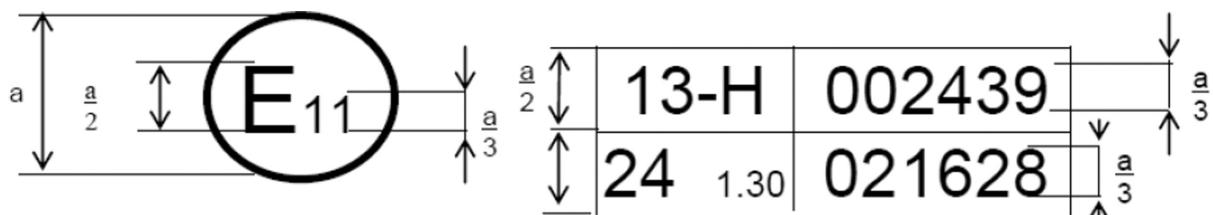
(siehe Absatz 4.4 dieser Regelung)

 $a = \text{min. } 8 \text{ mm}$

Das oben dargestellte, an einem Fahrzeug angebrachte Genehmigungszeichen bedeutet, dass der betreffende Fahrzeugtyp hinsichtlich der Bremsen im Vereinigten Königreich (E 11) nach der Regelung Nr. 13-H unter der Genehmigungsnummer 002439 genehmigt worden ist. Aus den ersten beiden Ziffern der Genehmigungsnummer geht hervor, dass die Genehmigung nach den Vorschriften der Regelung Nr. 13-H in ihrer ursprünglichen Fassung erteilt wurde. Die zusätzliche Kennzeichnung „ESC“ besagt, dass das Fahrzeug den Vorschriften über elektronische Fahrdynamikregelsysteme und Bremsassistsysteme gemäß Anhang 9 dieser Regelung entspricht.

MUSTER B

(siehe Absatz 4.5 dieser Regelung)

 $a = \text{min. } 8 \text{ mm}$

Das oben dargestellte, an einem Fahrzeug angebrachte Genehmigungszeichen bedeutet, dass der betreffende Fahrzeugtyp im Vereinigten Königreich (E 11) nach den Regelungen Nr. 13-H und Nr. 24⁽¹⁾ genehmigt worden ist. (Bei der letzten genannten Regelung beträgt der korrigierte Wert des Absorptionskoeffizienten $1,30 \text{ m}^{-1}$.) Aus den Genehmigungsnummern geht hervor, dass bei der Erteilung der jeweiligen Genehmigungen die Regelung Nr. 13-H in ihrer ursprünglichen Fassung vorlag und die Regelung Nr. 24 die Änderungsserie 02 enthielt.

⁽¹⁾ Diese Nummer dient nur als Beispiel.

ANHANG 3

BREMSPRÜFUNGEN UND WIRKUNG DER BREMSSYSTEME

1. BREMSPRÜFUNGEN

1.1. Allgemeines

- 1.1.1. Die für Bremssysteme vorgeschriebene Wirkung ist auf den Bremsweg und die mittlere Vollverzögerung bezogen. Die Wirkung eines Bremssystems wird durch Messung des Bremsweges in Abhängigkeit von der Ausgangsgeschwindigkeit des Fahrzeugs und/oder durch Messung der mittleren Vollverzögerung während der Prüfung bestimmt.
- 1.1.2. Der Bremsweg ist der vom Fahrzeug vom Beginn der Betätigung des Bremssystems durch den Fahrer bis zum Stillstand des Fahrzeugs zurückgelegte Weg; die Ausgangsgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt des Beginns der Betätigung des Bremssystems durch den Fahrer; die Ausgangsgeschwindigkeit darf nicht weniger als 98 % der für die betreffende Prüfung vorgeschriebenen Geschwindigkeit betragen.

Die mittlere Vollverzögerung (d_m) wird als Mittelwert der Verzögerung, bezogen auf den im Intervall v_b bis v_e zurückgelegten Weg, nach folgender Formel berechnet:

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25,92 (s_e - s_b)}$$

Dabei gilt:

v_o = Ausgangsgeschwindigkeit des Fahrzeugs in km/h,

v_b = Fahrzeuggeschwindigkeit bei 0,8 v_o in km/h,

v_e = Fahrzeuggeschwindigkeit bei 0,1 v_o in km/h,

s_b = zurückgelegter Weg zwischen v_o und v_b in Metern,

s_e = zurückgelegter Weg zwischen v_o und v_e in Metern.

Die Geschwindigkeit und der Weg sind mit Messgeräten zu ermitteln, die im Bereich der vorgeschriebenen Prüfgeschwindigkeit eine Genauigkeit von $\pm 1\%$ aufweisen. Die mittlere Vollverzögerung d_m kann auch anders als durch die Messung von Geschwindigkeit und Weg ermittelt werden; in diesem Fall muss die Berechnung von d_m auf $\pm 3\%$ genau sein.

- 1.2. Für die Genehmigung jedes Fahrzeugs ist die Bremswirkung bei Prüfungen auf der Straße zu messen; diese Prüfungen sind unter folgenden Bedingungen durchzuführen:
- 1.2.1. Das Fahrzeug muss sich in dem für jeden Prüfungstyp angegebenen Belastungszustand befinden; dieser ist im Prüfbericht anzugeben
- 1.2.2. Die Prüfung ist bei den für jeden Prüfungstyp vorgeschriebenen Geschwindigkeiten durchzuführen, wobei, wenn die durch die Bauart bestimmte Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs niedriger als die für die Prüfung vorgeschriebene ist, die Prüfung bei der Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs durchzuführen ist
- 1.2.3. Die bei den Prüfungen auf die Betätigungsseinrichtung ausgeübte Kraft zum Erreichen der vorgeschriebenen Bremswirkung darf nicht größer als der festgelegte Höchstwert sein

- 1.2.4. Die Straße muss eine griffige Oberfläche haben, sofern in den entsprechenden Anhängen nichts anderes festgelegt ist
- 1.2.5. Die Prüfungen dürfen nur stattfinden, wenn die Ergebnisse nicht vom Wind beeinflusst werden
- 1.2.6. Bei Beginn der Prüfungen müssen die Reifen kalt sein und den für die tatsächliche statische Belastung der Räder vorgeschriebenen Druck aufweisen
- 1.2.7. Die vorgeschriebene Bremswirkung muss erzielt werden, ohne dass die Räder bei einer Geschwindigkeit von mehr als 15 km/h blockieren, das Fahrzeug von einer 3,5 m breiten Fahrbahn abweicht, ein Gierwinkel von 15° überschritten wird und ungewöhnliche Schwingungen auftreten
- 1.2.8. Bei Fahrzeugen, die ganz oder teilweise von einem oder mehr Elektromotoren angetrieben werden, die ständig mit den Rädern verbunden sind, müssen alle Prüfungen in diesem Zustand durchgeführt werden
- 1.2.9. Bei Fahrzeugen nach Absatz 1.2.8 mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie A sind die Prüfungen des Fahrverhaltens auf einer Fahrbahn mit niedrigem Kraftschlussbeiwert (nach Absatz 5.2.2 des Anhangs 6) bei einer Geschwindigkeit durchzuführen, die 80 % der Höchstgeschwindigkeit, aber nicht mehr als 120 km/h beträgt, um die Wahrung der Stabilität zu kontrollieren
- 1.2.9.1. Außerdem dürfen bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie A Übergangszustände, wie Gangwechsel oder das Loslassen der Beschleunigungsvorrichtung, das Verhalten des Fahrzeugs bei den Prüfungen nach Absatz 1.2.9 nicht beeinflussen
- 1.2.10. Bei den Prüfungen nach den Absätzen 1.2.9 und 1.2.9.1 dürfen die Räder nicht blockieren. Eine Lenkkorrektur ist jedoch zulässig, wenn der Drehwinkel der Betätigungsseinrichtung der Lenkanlage in den ersten 2 Sekunden höchstens 120° und insgesamt nicht mehr als 240° beträgt
- 1.2.11. Bei einem Fahrzeug mit elektrischen Betriebsbremsen, die aus der Antriebsbatterie (oder einer Hilfsbatterie) gespeist werden, die nur mit Energie aus einem unabhängigen externen Ladegerät versorgt wird, darf der Ladezustand dieser Batterien bei den Bremsprüfungen den Ladezustand, bei dem die Fehlerwarnung nach Absatz 5.2.20.5 dieser Regelung erfolgen muss, im Durchschnitt nicht um mehr als 5 % überschreiten.

Wird diese Warnung ausgelöst, dann dürfen die Batterien während der Prüfungen etwas nachgeladen werden, damit der Ladezustand in dem vorgeschriebenen Bereich erhalten bleibt

- 1.3. Verhalten des Fahrzeugs während der Bremsung
- 1.3.1. Bei den Bremsprüfungen, insbesondere aus hoher Geschwindigkeit, ist das allgemeine Verhalten des Fahrzeugs während der Bremsung zu prüfen.
- 1.3.2. Das Verhalten des Fahrzeugs bei der Bremsung auf einer Straße mit geringerer Griffigkeit muss den einschlägigen Vorschriften des Anhangs 5 und/oder des Anhangs 6 dieser Regelung entsprechen.
- 1.3.2.1. Ist das Fahrzeug mit einem Bremssystem nach Absatz 5.2.7 ausgerüstet, bei dem die Bremskraft für die Bremsung an bestimmten Achsen von mehr als einer Energiequelle erzeugt wird und jede einzelne Energiequelle gegenüber den anderen verändert werden kann, dann muss es den Vorschriften des Anhangs 5 bzw. 6 in allen Relationen, die seine Steuerungsstrategie zulässt, entsprechen ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Der Hersteller muss dem technischen Dienst eine Darstellung der Familie der Bremskurven vorlegen, die die Strategie der automatischen Steuerung zulässt. Diese Kurven können vom technischen Dienst überprüft werden.

- 1.4. Prüfung Typ 0 (normale Prüfung der Wirkung mit kalten Bremsen)
- 1.4.1. Allgemeines
- 1.4.1.1. Die Durchschnittstemperatur der Betriebsbremsen an der wärmsten Achse des Fahrzeugs, die an der Innenseite der Bremsbeläge oder an der Bremsbahn der Scheibe oder Trommel gemessen wird, beträgt vor jeder Bremsung zwischen 65 °C und 100 °C.

- 1.4.1.2. Die Prüfung ist unter folgenden Bedingungen durchzuführen:

1.4.1.2.1. Das Fahrzeug muss beladen sein, wobei die Verteilung der Masse auf die Achsen den Angaben des Herstellers entsprechen muss; sind für die Achslasten mehrere Verteilungsmöglichkeiten vorgesehen, so ist die Höchstmasse so auf die Achsen zu verteilen, dass jede Achslast zur jeweils höchsten zulässigen Achslast proportional ist.

1.4.1.2.2. Jede Prüfung ist mit unbeladenem Fahrzeug zu wiederholen, wobei sich außer dem Fahrer noch eine zweite Person auf einem vorderen Sitz befinden darf, um die Prüfergebnisse aufzunehmen.

1.4.1.2.3. Bei einem Fahrzeug mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung sind die Vorschriften je nach Kategorie dieses Systems unterschiedlich:

Kategorie A. Bei den Prüfungen Typ 0 darf keine der vorhandenen getrennten Betätigungsseinrichtungen des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung benutzt werden.

Kategorie B. Der Anteil des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung an der erzeugten Bremskraft darf nicht höher als der im Systementwurf garantierte Mindestwert sein.

Diese Vorschrift gilt als eingehalten, wenn die Batterien sich in einem der nachstehenden Ladezustände befinden:

- a) bei maximaler Ladung entsprechend der Empfehlung des Herstellers in der Fahrzeugspezifikation oder
- b) bei mindestens 95 % der vollen Ladung, falls der Hersteller keine besondere Empfehlung gegeben hat, oder
- c) bei maximaler Ladung entsprechend der Anzeige der automatischen Ladekontrolle im Fahrzeug oder
- d) bei Durchführung der Prüfungen ohne Energierückgewinnungseinrichtung unabhängig vom Ladezustand der Batterien.

1.4.1.2.4. Die für die Prüfungen sowohl bei beladenem als auch bei unbeladenem Fahrzeug vorgeschriebenen Grenzen für die Mindestbremswirkung sind nachstehend angegeben, wobei das Fahrzeug die Bestimmungen sowohl hinsichtlich des Bremsweges als auch hinsichtlich der mittleren Vollverzögerung erfüllen muss, es müssen aber nicht beide Parameter tatsächlich gemessen werden.

1.4.1.2.5. Die Fahrbahn muss eben sein; falls nichts anderes angegeben ist, können bei jeder Prüfung bis zu sechs Bremsungen, einschließlich der zur Gewöhnung möglicherweise erforderlichen Bremsungen, vorgenommen werden.

- 1.4.2. Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor, Betriebsbremsung nach Absatz 2.1.1 Buchstabe A dieses Anhangs

Die Prüfung ist bei der angegebenen Geschwindigkeit vorzunehmen; bei den jeweiligen Werten ist eine gewisse Toleranz zulässig. Die vorgeschriebene Mindestbremswirkung muss erreicht werden.

- 1.4.3. Prüfung Typ 0 mit eingekuppeltem Motor, Betriebsbremsung nach Absatz 2.1.1 Buchstabe B dieses Anhangs

- 1.4.3.1. Die Prüfung ist bei eingekuppeltem Motor bei der in Absatz 2.1.1 Buchstabe B dieses Anhangs angegebenen Geschwindigkeit durchzuführen. Die vorgeschriebene Mindestbremswirkung muss erreicht werden. Diese Prüfung wird nicht durchgeführt, wenn die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs ≤ 125 km/h ist.
- 1.4.3.2. Die höchsten tatsächlichen Bremswerte sind zu messen, und das Verhalten des Fahrzeugs muss den Vorschriften des Absatzes 1.3.2 dieses Anhangs entsprechen. Beträgt die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs jedoch mehr als 200 km/h, so ist die Prüfung bei 160 km/h vorzunehmen.
- 1.5. Prüfung Typ I (Prüfung des Nachlassens und des Wiedererreichens der Bremswirkung)
- 1.5.1. Anwärmverfahren
- 1.5.1.1. Die Betriebsbremsen aller Fahrzeuge werden in der Weise geprüft, dass bei beladenem Fahrzeug eine Anzahl von aufeinanderfolgenden Bremsungen unter den in nachstehender Tabelle angegebenen Bedingungen vorgenommen werden.

Prüfbedingungen			
v_1 (km/h)	v_2 (km/h)	Δt (s)	n
$80\% v_{\max} \leq 120$	$0,5 v_1$	45	15

Dabei gilt:

v_1 = Ausgangsgeschwindigkeit am Beginn der Bremsung,

v_2 = Geschwindigkeit am Ende der Bremsung,

v_{\max} = Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs,

n = Anzahl der Bremsungen,

Δt = Dauer eines Bremszyklus: Zeitraum zwischen dem Beginn einer Bremsung und dem Beginn der nächsten Bremsung.

- 1.5.1.2. Lassen die Eigenschaften des Fahrzeugs die Einhaltung der für Δt vorgeschriebenen Zeit nicht zu, so kann diese erhöht werden; auf jeden Fall müssen außer der zur Bremsung und Beschleunigung des Fahrzeugs erforderlichen Zeit zehn Sekunden für jeden Bremszyklus zur Stabilisierung der Geschwindigkeit v_1 verfügbar sein.
- 1.5.1.3. Bei diesen Prüfungen muss die auf die Betätigungsseinrichtung ausgeübte Kraft so bemessen sein, dass bei jeder Bremsung eine mittlere Verzögerung von 3 m/s^2 erreicht wird; zur Ermittlung der geeigneten Betätigungs Kraft dürfen vorher zwei Prüfungen durchgeführt werden.
- 1.5.1.4. Während der Bremsungen bleibt der Motor eingekuppelt und das Getriebe im höchsten Gang (Schnellgang „Overdrive“ usw. ausgenommen).
- 1.5.1.5. Bei der Wiederbeschleunigung nach erfolgter Bremsung muss das Getriebe so geschaltet werden, dass die Geschwindigkeit v_1 in möglichst kurzer Zeit erreicht wird (höchste mit dem Motor und dem Getriebe erreichbare Beschleunigung).
- 1.5.1.6. Bei Fahrzeugen, deren Leistungsvermögen für die Durchführung der Zyklen zum Erwärmen der Bremsen nicht ausreicht, ist bei den Prüfungen die vorgeschriebene Geschwindigkeit vor der ersten Bremsung zu erreichen, danach ist das Fahrzeug maximal zu beschleunigen, um die Geschwindigkeit wieder zu erhöhen, und dann sind aufeinander folgende Bremsungen bei der Geschwindigkeit durchzuführen, die am Ende jedes Zyklus mit einer Dauer von 45 Sekunden erreicht ist.

- 1.5.1.7. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B müssen die Fahrzeugbatterien zu Beginn der Prüfung so geladen sein, dass der Bremskraftanteil des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung nicht höher als der im Systementwurf garantierte Mindestwert ist. Diese Vorschrift gilt als eingehalten, wenn die Batterien sich in einem der in Absatz 1.4.1.2.3 genannten Ladezustände befinden.

1.5.2. Heißbremswirkung

- 1.5.2.1. Nach Abschluss der Bremsprüfung Typ I (nach Absatz 1.5.1 dieses Anhangs) wird unter den Bedingungen der Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor (und insbesondere mit einer mittleren Betätigungskraft, die nicht größer ist als die durchschnittliche tatsächlich aufgewandte Kraft) die Heißbremswirkung des Betriebsbremsystems ermittelt (jedoch gegebenenfalls bei anderen Temperaturbedingungen).
- 1.5.2.2. Diese Heißbremswirkung darf nicht unter 75 % ⁽²⁾ der vorgeschriebenen Bremswirkung und nicht unter 60 % des bei der Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor ermittelten Wertes liegen.
- 1.5.2.3. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie A muss während der Bremsungen ständig der höchste Gang eingelegt sein, eine etwaige besondere Betätigungsseinrichtung für die elektrische Bremse darf nicht benutzt werden.
- 1.5.2.4. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B, an denen die Zyklen zum Erwärmen der Bremsen nach Absatz 1.5.1.6 dieses Anhangs durchgeführt wurden, ist die Prüfung der Heißbremswirkung bei der höchsten Geschwindigkeit vorzunehmen, die das Fahrzeug am Ende der Zyklen zum Erwärmen der Bremsen erreichen kann, wenn die in Absatz 2.1.1 Teil A dieses Anhangs genannte Geschwindigkeit nicht erreicht werden kann.

Zum Vergleich ist eine spätere Prüfung Typ 0 bei kalten Bremsen bei derselben Geschwindigkeit und mit einem durch den entsprechenden Batterieladezustand aufrechterhaltenen ähnlichen Bremskraftanteil des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung wie bei der Prüfung der Heißbremswirkung zu wiederholen.

Im Anschluss an die Prüfung der wiedererreichten Bremswirkung dürfen weitere Nacharbeiten an Bremsbelägen vorgenommen werden, bevor die Prüfung anhand der Kriterien nach Absatz 1.5.2.2 oder 1.5.2.5 dieses Anhangs zum Vergleich der Ergebnisse dieser zweiten Prüfung der Bremswirkung bei kalter Bremse und denen der Prüfung der Heißbremswirkung durchgeführt wird.

Die Prüfungen können ohne Energierückgewinnungseinrichtung durchgeführt werden. In diesem Fall gilt die Anforderung an den Batterieladezustand nicht.

- 1.5.2.5. Bei einem Fahrzeug, das die nach Absatz 1.5.2.2 dieses Anhangs geforderten 60 % erfüllt, aber nicht die nach Absatz 1.5.2.2 dieses Anhangs geforderten 75 % ⁽²⁾ erfüllen kann, darf eine weitere Prüfung der Heißbremswirkung mit einer Betätigungskraft durchgeführt werden, die nicht höher als die in Absatz 2 dieses Anhangs angegebene ist. Die Ergebnisse beider Prüfungen sind in den Prüfbericht einzutragen.

1.5.3. Verfahren zur Prüfung der wiedererreichten Bremswirkung

Unmittelbar nach der Prüfung der Heißbremswirkung sind bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h bei eingekuppeltem Motor vier Abbremsungen bis zum Stillstand bei einer mittleren Verzögerung von 3 m/s² vorzunehmen. Bis zum Beginn der aufeinanderfolgenden Abbremsungen ist jeweils eine Strecke von 1,5 km zurückzulegen. Unmittelbar nach jeder Bremsung ist das Fahrzeug maximal auf 50 km/h zu beschleunigen, und diese Geschwindigkeit ist bis zur darauffolgenden Bremsung beizubehalten.

- 1.5.3.1. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B dürfen die Batterien wieder aufgeladen oder durch einen aufgeladenen Satz ersetzt werden, damit die Prüfung der wiedererreichten Bremswirkung abgeschlossen werden kann.

Die Verfahren können ohne Energierückgewinnungseinrichtung durchgeführt werden.

⁽²⁾ Dies entspricht einem Bremsweg von 0,1 v + 0,0080 v² und einer mittleren Vollverzögerung von 4,82 m/s².

1.5.4. Wiedererreichte Bremswirkung

Am Ende des oben beschriebenen Verfahrens wird unter denselben Bedingungen wie bei der Prüfung Typ 0 mit auskuppeltem Motor die wiedererreichte Bremswirkung des Betriebsbremssystem ermittelt (jedoch gegebenenfalls bei anderen Temperaturbedingungen), wobei eine mittlere Betätigungs Kraft ausgeübt wird, die nicht größer als die bei der entsprechenden Prüfung Typ 0 ausgeübte durchschnittliche Betätigungs Kraft ist.

Diese wiedererreichte Bremswirkung darf nicht weniger als 70 % oder mehr als 150 % des Wertes betragen, der bei der Prüfung Typ 0 mit auskuppeltem Motor erreicht wurde.

1.5.4.1. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B ist die Prüfung der wiedererreichten Bremswirkung ohne Bauteil des Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung durchzuführen, d. h. unter den in Absatz 1.5.4 genannten Bedingungen.

Nach weiteren Nacharbeiten an den Bremsbelägen ist eine zweite Wiederholungsprüfung Typ 0 bei derselben Geschwindigkeit und ohne einen durch den entsprechenden Batterieladezustand aufrechterhaltenen Bremskraftanteil des elektrischen Bremssystems mit Energierückgewinnungseinrichtung wie bei der Prüfung der wiedererreichten Bremswirkung bei auskuppelten Motoren durchzuführen, und diese Prüfergebnisse sind miteinander zu vergleichen.

Die wiedererreichte Bremswirkung darf nicht weniger als 70 % oder mehr als 150 % des Wertes betragen, der bei dieser abschließenden Wiederholungsprüfung Typ 0 aufgezeichnet wurde.

2. WIRKSAMKEIT DER BREMSSYSTEME

2.1. Betriebsbremssystem

2.1.1. Die Betriebsbremsen werden nach den in folgender Tabelle angegebenen Bedingungen geprüft:

A. Prüfung Typ 0 mit auskuppeltem Motor	v $s \leq$ $d_m \geq$	100 km/h $0,1 v + 0,0060 v^2$ (m) $g = 6,43 \text{ m/s}^2$
B. Prüfung Typ 0 mit eingekuppeltem Motor	v $s \leq$ $d_m \geq$	80 % $v_{max} \leq 160 \text{ km/h}$ $0,1 v + 0,0067 v^2$ (m) $5,76 \text{ m/s}^2$
	f	6,5-50 daN

Dabei gilt:

v = Prüfgeschwindigkeit in km/h,

s = Bremsweg in Metern,

d_m = mittlere Vollverzögerung in m/s^2 ,

f = Betätigungs Kraft am Pedal in daN,

v_{max} = Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs in km/h.

2.1.2. Bei einem Kraftfahrzeug, das zum Ziehen eines ungebremsten Anhängers zugelassen ist, darf bei der Prüfung Typ 0 die Mindestbremswirkung der Fahrzeugkombination sowohl im beladenen als auch im unbeladenen Zustand nicht weniger als $5,4 \text{ m/s}^2$ betragen.

Die Bremswirkung der Fahrzeugkombination wird anhand von Berechnungen nachgeprüft, bei denen die maximale Bremswirkung zugrunde gelegt wird, die das Kraftfahrzeug allein (beladen) während der Prüfung Typ 0 mit auskuppeltem Motor tatsächlich erreicht, wobei folgende Formel zu verwenden ist (es sind keine praktischen Prüfungen mit einem angekoppelten ungebremsten Anhänger erforderlich):

$$d_{M+R} = d_M \cdot \frac{P_M}{P_M + P_R}$$

Dabei gilt:

d_{M+R} = berechnete mittlere Vollverzögerung des Kraftfahrzeugs, an das ein ungebremster Anhänger angekuppelt ist, in m/s^2 ,

d_M = maximale mittlere Vollverzögerung des Kraftfahrzeugs allein, die während der Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor erreicht wird, in m/s^2 ,

P_M = Masse des Kraftfahrzeugs (beladen),

P_R = Höchstmasse eines ungebremsten Anhängers, der angekuppelt sein darf (entsprechend der Angabe des Kraftfahrzeughändlers).

2.2. Hilfsbremssystem

2.2.1. Die Wirkung des Hilfsbremssystems ist bei der Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor, einer Ausgangsgeschwindigkeit von 100 km/h und einer auf die Betätigungsseinrichtung des Betriebsbremssystems ausgeübten Kraft von mindestens 6,5 daN und höchstens 50 daN zu ermitteln.

2.2.2. Mit dem Hilfsbremssystem muss ein Bremsweg erreicht werden, der folgenden Wert nicht übersteigt:

$$0,1 v + 0,0158 v^2 (m)$$

Die mittlere Vollverzögerung muss mindestens $2,44 m/s^2$ betragen (entsprechend dem zweiten Ausdruck der obenstehenden Formel).

2.2.3. Die Prüfung der Hilfsbremse ist so durchzuführen, dass die tatsächlichen Ausfallbedingungen im Betriebsbremssystem simuliert werden.

2.2.4. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung ist die Bremswirkung zusätzlich unter den beiden folgenden Störungsbedingungen zu überprüfen:

2.2.4.1. bei einem vollständigen Ausfall des elektrischen Teils des Betriebsbremssystems

2.2.4.2. wenn der Ausfall dazu führt, dass der elektrische Teil seine maximale Bremskraft abgibt

2.3. Feststellbremssystem

2.3.1. Das Feststellbremssystem muss das beladene Fahrzeug auf einer Steigung oder in einem Gefälle von 20 % im Stillstand halten können.

2.3.2. Bei Fahrzeugen, mit denen ein Anhänger gezogen werden darf, muss das Feststellbremssystem des Kraftfahrzeugs die gesamte Fahrzeugkombination auf einer Steigung oder in einem Gefälle von 12 % im Stillstand halten können.

2.3.3. Bei Handbetätigung darf die Betätigungs Kraft 40 daN nicht übersteigen.

- 2.3.4. Bei Fußbetätigung darf die Betätigungs Kraft 50 daN nicht übersteigen.
- 2.3.5. Ein Feststellbremssystem, das mehrmals betätigt werden muss, bevor es die vorgeschriebene Bremswirkung erreicht, ist zulässig.
- 2.3.6. Zur Überprüfung der Übereinstimmung mit der Vorschrift des Absatzes 5.2.2.4 dieser Regelung ist eine Prüfung Typ 0 bei ausgekuppeltem Motor und einer Ausgangsgeschwindigkeit von 30 km/h durchzuführen. Die mittlere Vollverzögerung, die durch das Betätigen des Feststellbremssystems erreicht wird, und die Verzögerung unmittelbar vor dem Stillstand des Fahrzeugs dürfen nicht kleiner als $1,5 \text{ m/s}^2$ sein. Die Prüfung ist mit beladenem Fahrzeug durchzuführen. Die Betätigungs Kraft auf die Übertragungseinrichtung darf die zulässigen Werte nicht überschreiten.

3. ANSPRECHZEIT

- 3.1. Bei allen Fahrzeugen, bei denen das Betriebsbremssystem vollständig oder teilweise von einer anderen Energiequelle als der Muskelkraft des Fahrers abhängig ist, müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:
- 3.1.1. Bei Schnellbremsung darf die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Betätigungs einrichtung und dem Augenblick, in dem die Bremskraft an der am ungünstigsten angeordneten Achse den für die vorgeschriebene Bremswirkung erforderlichen Wert erreicht, höchstens 0,6 Sekunden betragen.
- 3.1.2. Bei Fahrzeugen mit hydraulischen Bremssystemen gelten die Anforderungen des Absatzes 3.1.1 als erfüllt, wenn bei einer Schnellbremsung die Verzögerung des Fahrzeugs oder der Druck in dem am ungünstigsten angeordneten Radbremszylinder innerhalb von 0,6 Sekunden den für die vorgeschriebene Bremswirkung erforderlichen Wert erreicht.

Anlage**Verfahren zur Überwachung des Batterieladezustands**

Dieses Verfahren ist bei Fahrzeughärtierien anzuwenden, die für den Antrieb und für Bremssysteme mit Energierückgewinnungseinrichtung verwendet werden.

Bei dem Verfahren ist ein zweiseitig gerichteter Gleichstrom-Wattstundenzähler oder ein zweiseitig gerichteter Gleichstrom-Ampèrestundenzähler zu verwenden.

1. VERFAHREN

- 1.1. Sind die Batterien neu oder wurden sie lange gelagert, dann müssen sie entsprechend den Empfehlungen des Herstellers behandelt werden. Danach ist eine Durchwärmzeit von mindestens 8 Stunden bei Umgebungstemperatur einzuhalten.
- 1.2. Die Batterien sind nach dem vom Hersteller empfohlenen Ladeverfahren vollständig aufzuladen.
- 1.3. Wenn die Bremsprüfungen nach den Absätzen 1.2.11, 1.4.1.2.3, 1.5.1.6, 1.5.1.7 und 1.5.2.4 des Anhangs 3 durchgeführt werden, ist die von den Antriebsmotoren verbrauchte und von dem Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung gelieferte Energie in Wattstunden als laufende Summe zu erfassen, die dann zur Bestimmung des Ladezustands zu Beginn oder am Ende einer bestimmten Prüfung zu verwenden ist.
- 1.4. Damit für Vergleichsprüfungen nach Anhang 3 Absatz 1.5.2.4 ein Ladezustand der Batterien reproduziert werden kann, müssen die Batterien entweder bis zu dieser Ladungsmenge nachgeladen oder bis zu einem höheren Wert aufgeladen und anschließend bei annähernd gleich bleibender Stromstärke über eine angeschlossene Last entladen werden, bis der vorgeschriebene Ladezustand erreicht ist. Bei Fahrzeugen, die nur mit Batterien angetrieben werden, kann der Ladezustand durch den Betrieb des Fahrzeugs geregelt werden. Prüfungen, bei denen zu Beginn eine Batterie teilweise geladen ist, müssen so schnell wie möglich nach Erreichen des gewünschten Ladezustands beginnen.

ANHANG 4

Vorschriften bezüglich der Energiequellen und Behälter (Energiespeicher)
Hydraulische Bremssysteme mit Energiespeicher

1. KAPAZITÄT DER BEHÄLTER (ENERGIESPEICHER)

1.1. Allgemeines

1.1.1. Fahrzeuge, deren Bremsausrüstung gespeicherte Energie einer unter Druck stehenden Hydraulikflüssigkeit erfordert, sind mit Behältern (Energiespeichern) auszurüsten, deren Kapazität den Vorschriften des Absatzes 1.2 oder 1.3 dieses Anhangs entspricht.

1.1.2. Ist jedoch das Bremssystem so ausgelegt, dass es bei völligem Ausfall der gespeicherten Energie möglich ist, mit dem Betriebsbremssystem eine Bremswirkung zu erzielen, die mindestens der für das Hilfsbremssystem vorgeschriebenen entspricht, so gelten die Vorschriften über die Kapazität der Energiespeicher nicht.

1.1.3. Für die Prüfungen nach den Absätzen 1.2, 1.3 und 2.1 dieses Anhangs sind die Bremsen möglichst eng einzustellen; bei der Prüfung nach Absatz 1.2 dieses Anhangs muss zwischen den aufeinanderfolgenden vollen Betätigungen ein zeitlicher Abstand von mindestens 60 Sekunden liegen.

1.2. Fahrzeuge mit hydraulischem Bremssystem mit Energiespeicher müssen nachstehende Anforderungen erfüllen:

1.2.1. Nach acht vollen Betätigungen des Betriebsbremssystems muss es noch möglich sein, bei der neunten Betätigung die für das Hilfsbremssystem vorgeschriebene Bremswirkung zu erzielen.

1.2.2. Die Prüfungen sind nach folgenden Anforderungen durchzuführen:

1.2.2.1. Der Anfangsdruck muss dem vom Hersteller angegebenen Wert entsprechen; er darf jedoch nicht größer als der Einschaltdruck sein⁽¹⁾.

1.2.2.2. Die Behälter dürfen nicht nachgefüllt werden; zusätzlich sind die Behälter für Nebenverbraucher abzutrennen.

1.3. Bei Fahrzeugen mit hydraulischem Bremssystem mit Energiespeicher, die die Anforderungen des Absatzes 5.2.4.1 dieser Regelung nicht erfüllen können, gelten jedoch die Anforderungen dieses Absatzes als eingehalten, wenn die nachstehenden Anforderungen erfüllt werden:

1.3.1. Nach dem Ausfall einer einzelnen Übertragungseinrichtung muss es noch möglich sein, nach acht vollen Betätigungen des Betriebsbremssystems bei der neunten Betätigung mindestens die für die Hilfsbremsung vorgeschriebene Bremswirkung zu erzielen.

1.3.2. Die Prüfungen sind nach folgenden Anforderungen durchzuführen:

1.3.2.1. Bei stillstehender oder bei Leerlauf des Motors arbeitender Energiequelle ist ein Ausfall der Übertragungseinrichtung zu simulieren. Vor dem Ausfall muss der Druck in den Energiespeichern dem vom Hersteller angegebenen Druck entsprechen, er darf jedoch nicht größer als der Einschaltdruck sein;

1.3.2.2. Nebenverbraucher und ihre Energiespeicher sind, falls vorhanden, abzutrennen.

2. LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER HYDRAULISCHEN ENERGIEQUELLEN

2.1. Die Energiequellen müssen die Anforderungen in den nachstehenden Absätzen erfüllen:

⁽¹⁾ Der Anfangsdruck ist im Genehmigungsblatt anzugeben.

2.1.1. Begriffsbestimmungen

2.1.1.1. „ p_1 “ ist der größte in den Behältern herrschende Betriebsdruck (Abschalthdruck) laut Herstellerangabe.

2.1.1.2. „ p_2 “ ist der Druck nach vier vollen Betätigungen der Betriebsbremse, ausgehend vom Druck p_1 ohne Nachfüllen der Behälters.

2.1.1.3. „ t “ ist die Zeit für den Druckanstieg in den Behältern vom Wert p_2 auf p_1 ohne Bremsbetätigung.

2.1.2. Messbedingungen

2.1.2.1. Während der Prüfungen zur Bestimmung der Zeit t muss die Nachspeisungsrate der Energiequelle gleich derjenigen sein, die erzielt wird, wenn der Motor mit der Nennleistungsdrehzahl oder der vom Regler begrenzten Drehzahl arbeitet.

2.1.2.2. Während der Prüfung zur Bestimmung der Zeit t sind die Behälter der Nebenverbraucher nicht abzutrennen, außer dies erfolgt automatisch.

2.1.3. Auswertung der Ergebnisse

2.1.3.1. Die Zeit t darf bei allen Fahrzeugen 20 Sekunden nicht übersteigen.

3. EIGENSCHAFTEN DER WARNEINRICHTUNGEN

Bei stillstehendem Motor und einem vom Hersteller anzugebenden Anfangsdruck, der jedoch nicht größer sein darf als der Einschalthdruck, darf die Warneinrichtung nach zwei vollen Betätigungen der Betriebsbremse nicht ausgelöst werden.

ANHANG 5

VERTEILUNG DER BREMSKRAFT AUF DIE FAHRZEUGACHSEN

1. ALLGEMEINES

Fahrzeuge, die nicht mit Antiblockiervorrichtungen nach Anhang 6 dieser Regelung ausgerüstet sind, müssen alle Anforderungen dieses Anhangs erfüllen. Wird eine spezielle Einrichtung dafür benutzt, so muss diese selbsttätig wirken.

2. ZEICHEN

i = Index der Achse ($i = 1$, Vorderachse,

$i = 2$, Hinterachse),

P = Normalkraft der Fahrbahn auf die Achse i bei statischen Bedingungen,

N_i = Normalkraft der Fahrbahn auf die Achse i beim Bremsen,

T_i = von den Bremsen der Achse i unter normalen Bremsbedingungen auf die Straße ausgeübte Kraft,

f_i = T_i/N_i , benötigter Kraftschlussbeiwert der Achse i ⁽¹⁾,

J = Bremsverzögerung des Fahrzeugs,

g = Fallbeschleunigung: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

z = Abbremsung des Fahrzeugs = J/g ,

P = Fahrzeugmasse,

h = Höhe des Schwerpunkts über dem Boden entsprechend der Angabe des Herstellers und mit Zustimmung des technischen Dienstes, der die Genehmigungsprüfung durchführt,

E = Radstand,

k = theoretischer Kraftschlussbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn.

3. ANFORDERUNGEN

3.1. (A) Bei allen Beladungszuständen des Fahrzeugs darf die Reibungsbedarfskurve der Hinterachse für alle Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 nicht über der entsprechenden Kurve der Vorderachse verlaufen ⁽²⁾.

3.1. (B) Für k -Werte zwischen 0,2 und 0,8 ⁽²⁾ gilt:

$z \geq 0,1 + 0,7 (k - 0,2)$ (siehe Diagramm 1 dieses Anhangs).

⁽¹⁾ Als „Reibungsbedarfskurven“ des Fahrzeugs gelten die Kurven, die für bestimmte Beladungszustände den benötigten Kraftschlussbeiwert der Achsen i in Abhängigkeit von der Abbremsung des Fahrzeugs darstellen.

⁽²⁾ Die Vorschriften nach Absatz 3.1 berühren nicht die Anforderungen des Anhangs 3 dieser Regelung hinsichtlich der vorgeschriebenen Bremswirkungen. Werden jedoch die Prüfungen nach den Vorschriften des Absatzes 3.1 durchgeführt und dabei Abbremsungen erreicht, die höher sind als die nach Anhang 3 vorgeschriebenen, so gelten die Vorschriften über die Reibungsbedarfskurven in den Bereichen, die in dem Diagramm 1 dieses Anhangs durch $k = 0,8$ und $z = 0,8$ bestimmt sind.

- 3.2. Für die Überprüfung der Übereinstimmung mit den Vorschriften des Absatzes 3.1 dieses Anhangs muss der Hersteller die Reibungsbedarfsskurven der Vorderachse und der Hinterachse vorlegen, die durch die nachstehenden Gleichungen dargestellt werden:

$$f_1 = \frac{T_1}{N_1} = \frac{T_1}{P_1 + z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}$$

$$f_2 = \frac{T_2}{N_2} = \frac{T_2}{P_2 - z \cdot \frac{h}{E} \cdot P \cdot g}$$

Die Kurven sind für die beiden folgenden Beladungszustände aufzuzeichnen:

- 3.2.1. leer, in fahrbereitem Zustand, mit Fahrer;
- 3.2.2. beladen; sind mehrere Möglichkeiten für die Lastverteilung vorgesehen, so ist jene mit der am höchsten belasteten Vorderachse in Betracht zu ziehen;
- 3.2.3. Bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung der Kategorie B, bei dem das Bremsvermögen durch den Ladezustand beeinflusst wird, sind die Kurven unter Berücksichtigung der niedrigsten und höchsten Werte der vom elektrischen Teil des Bremssystems abgegebenen Bremskraft aufzuzeichnen. Diese Vorschrift gilt nicht, wenn das Fahrzeug mit einer Antiblockiervorrichtung ausgerüstet ist, die die mit der elektrischen Bremse verbundenen Räder regelt; in diesem Fall gelten die Vorschriften des Anhangs 6 dieser Regelung.

4. ANFORDERUNGEN, DIE BEI AUSFALL DES BREMSKRAFTREGLERS EINZUHALTEN SIND

Werden die Anforderungen dieses Anhangs durch eine besondere Einrichtung erfüllt (beispielsweise mechanisch über die Achsaufhängung gesteuert), so muss es möglich sein, bei Ausfall der Steuerung das Fahrzeug (beispielsweise durch Trennen des Betätigungsstängels) unter den Bedingungen anzuhalten, die für die Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor gelten, wobei ein Bremsweg von höchstens $0,1 v + 0,0100 v^2$ (m) und eine mittlere Vollverzögerung von mindestens $3,86 \text{ m/s}^2$ erzielt werden müssen.

5. FAHRZEUGPRÜFUNG

Bei den Prüfungen für die Typgenehmigung eines Fahrzeugs muss der technische Dienst die Einhaltung der Vorschriften dieses Anhangs wie folgt nachprüfen:

5.1. Prüfung der Blockierreihenfolge (siehe Anlage 1)

Bestätigt sich bei der Prüfung der Blockierreihenfolge, dass die Vorderräder vor oder gleichzeitig mit den Hinterrädern blockieren, dann ist die Einhaltung der Vorschriften des Absatzes 3 dieses Anhangs nachgewiesen, und die Prüfungen sind damit abgeschlossen.

5.2. Zusätzliche Prüfungen

Stellt sich bei der Prüfung der Blockierreihenfolge heraus, dass die Hinterräder vor den Vorderrädern blockieren, dann

a) wird das Fahrzeug folgenden zusätzlichen Prüfungen unterzogen:

i) zusätzlichen Prüfungen der Blockierreihenfolge und/oder

ii) Prüfungen des Bremsmoments an den Rädern (siehe Anlage 2) zur Bestimmung der Bremsfaktoren zur Erstellung der Reibungsbedarfsskurven; diese Kurven müssen den Vorschriften in Absatz 3.1 Buchstabe A dieses Anhangs entsprechen,

b) kann die Typgenehmigung versagt werden.

5.3. Die Ergebnisse der praktischen Prüfungen sind dem Protokoll zur Typgenehmigung beizufügen.

6. ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION

- 6.1. Bei der Nachprüfung der Fahrzeuge zur Kontrolle der Übereinstimmung der Produktion wendet der technische Dienst dieselben Verfahren wie bei den Prüfungen für die Typgenehmigung an.
- 6.2. Auch die Vorschriften sind dieselben wie für die Typgenehmigung, außer dass bei der Prüfung nach Absatz 5.2 Buchstabe a Ziffer ii dieses Anhangs die Kurve für die Hinterachse bei allen Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 unterhalb der Linie $z = 0,9 k$ verlaufen muss (entgegen der Vorschrift in Absatz 3.1 Buchstabe A, siehe Diagramm 2).

Diagramm 1

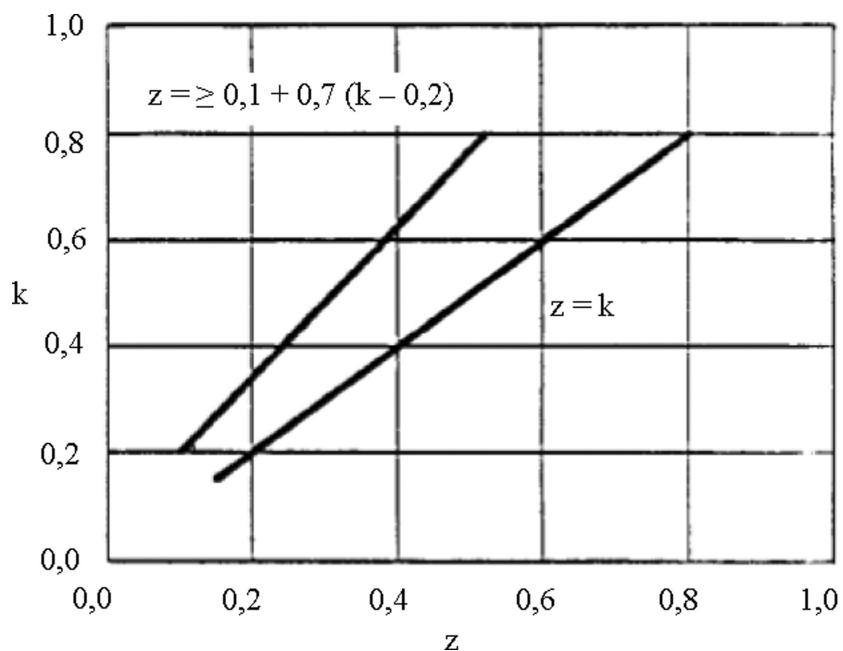
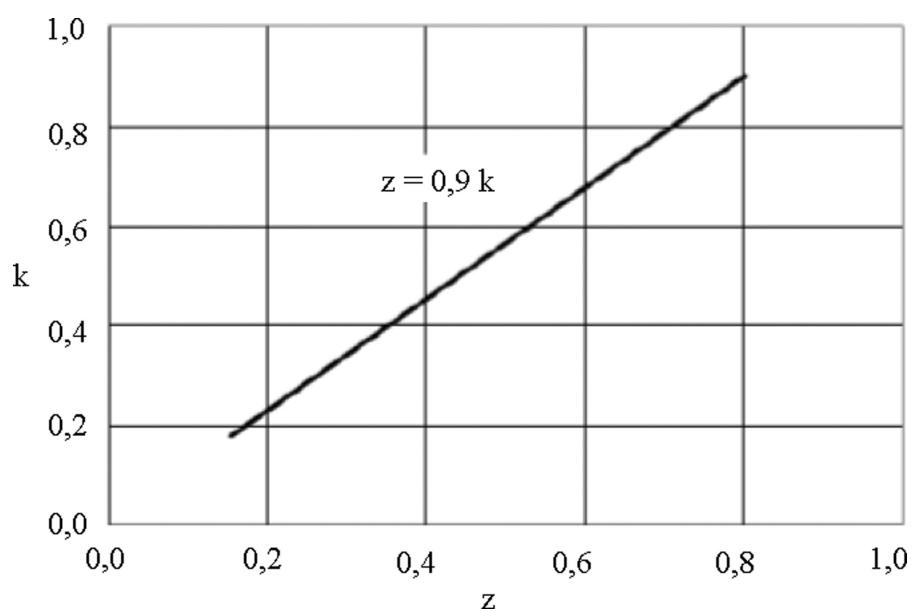


Diagramm 2



Anlage 1**Verfahren für die Prüfung der Blockierreihenfolge****1. ALLGEMEINE ANGABEN**

- a) Bei dieser Prüfung soll nachgewiesen werden, dass das Blockieren beider Vorderräder bei einer niedrigeren Verzögerung als das Blockieren beider Hinterräder eintritt, wenn die Prüfung auf Fahrbahnoberflächen durchgeführt wird, auf denen das Blockieren der Räder bei Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 erfolgt.
- b) Ein gleichzeitiges Blockieren der Vorder- und Hinterräder liegt vor, wenn der zeitliche Abstand zwischen dem Blockieren des letzten (zweiten) Rades an der Hinterachse und des letzten (zweiten) Rades an der Vorderachse bei Fahrzeuggeschwindigkeiten $> 30 \text{ km/h} < 0,1$ Sekunden ist.

2. FAHRZEUGBEDINGUNGEN

- a) Beladungszustand des Fahrzeugs: beladen und unbeladen.
- b) Getriebestellung: Motor ausgetaktet.

3. PRÜFBEDINGUNGEN UND -VERFAHREN

- a) Bremsenfangtemperatur: zwischen 65°C und 100°C im Durchschnitt an der heißesten Achse;
- b) Prüfgeschwindigkeit: 65 km/h bei einer Abbremsung $\leq 0,50$,
 100 km/h bei einer Abbremsung $> 0,50$;
- c) Pedalkraft:
 - i) Die Pedalkraft wird von einem geübten Fahrzeugführer oder einer mechanischen Betätigungseinrichtung für das Bremspedal aufgebracht.
 - ii) Die Pedalkraft wird linear so erhöht, dass das Blockieren der ersten Achse mindestens eine halbe (0,5) Sekunde und höchstens eineinhalb (1,5) Sekunden nach der ersten Betätigung des Pedals eintritt.
 - iii) Das Pedal wird losgelassen, wenn die zweite Achse blockiert oder die Pedalkraft von 1 kN erreicht wird oder 0,1 Sekunden nach dem ersten Blockieren, je nachdem, was zuerst erfolgt.
- d) Radblockierung: Nur Radblockierungen bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von mehr als 15 km/h werden berücksichtigt.
- e) Prüfoberfläche: Diese Prüfung wird auf Fahrbahn-Prüfoberflächen durchgeführt, auf denen das Blockieren der Räder bei Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 erfolgt.
- f) Aufzuzeichnende Daten: Die nachstehenden Daten müssen während jedes Prüflaufes ununterbrochen phasengleich automatisch so aufgezeichnet werden, dass die Werte der Variablen in Echtzeit dargestellt werden können
 - i) Fahrzeuggeschwindigkeit;
 - ii) momentane Abbremsung des Fahrzeugs (z. B. über das Differential der Fahrzeuggeschwindigkeit);
 - iii) Bremspedalkraft (oder Druck in der Hydraulikleitung);
 - iv) Winkelgeschwindigkeit jedes Rades.
- g) Jeder Prüflauf ist einmal zu wiederholen, um die Blockierreihenfolge der Räder zu kontrollieren; wird bei einem dieser beiden Ergebnisse eine Abweichung festgestellt, dann ist ein dritter Prüflauf unter denselben Bedingungen maßgebend.

4. LEISTUNGSANFORDERUNGEN

- a) Vor dem Blockieren beider Vorderräder dürfen beide Hinterräder bei Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 nicht blockieren.
 - b) Erfüllt das Fahrzeug bei der Prüfung nach dem oben genannten Verfahren bei Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 eines der nachstehenden Kriterien, entspricht es dieser Vorschrift über die Blockierreihenfolge der Räder:
 - i) kein Rad blockiert,
 - ii) beide Räder an der Vorderachse und ein oder kein Rad an der Hinterachse blockieren,
 - iii) beide Achsen blockieren gleichzeitig.
 - c) Beginnt die Radblockierung bei einer Abbremsung von weniger als 0,15 und mehr als 0,8, dann ist die Prüfung ungültig und muss auf einer anderen Fahrbahnoberfläche wiederholt werden.
 - d) Blockieren bei dem beladenen oder dem leeren Fahrzeug bei einer Abbremsung zwischen 0,15 und 0,8 beide Räder an der Hinterachse und ein oder kein Rad an der Vorderachse, dann hat das Fahrzeug die Prüfung der Blockierreihenfolge der Räder nicht bestanden. In diesem Fall muss das Fahrzeug der „Prüfung des Bremsmoments an den Rädern“ unterzogen werden, damit die objektiven Bremsfaktoren zur Ermittlung der Reibungsbedarfskurven bestimmt werden können.
-

Anlage 2

Verfahren für die Prüfung des Bremsmoments an den Rädern

1. ALLGEMEINE ANGABEN

Bei dieser Prüfung sollen die Bremsfaktoren zur Ermittlung der Kraftschlussausnutzung der Vorder- und Hinterachsen bei Abbremsungen zwischen 0,15 und 0,8 gemessen werden.

2. FAHRZEUGBEDINGUNGEN

- a) Beladungszustand des Fahrzeugs: beladen und unbeladen.
- b) Getriebestellung: Motor ausgekuppelt.

3. PRÜFBEDINGUNGEN UND -VERFAHREN

- a) Bremsenfangstemperatur: zwischen 65 °C und 100 °C im Durchschnitt an der heißesten Achse.
- b) Prüfgeschwindigkeiten: 100 km/h und 50 km/h.
- c) Pedalkraft: Die Pedalkraft wird bei der Prüfgeschwindigkeit von 100 km/h mit einer linearen Steigerung zwischen 100 N/s und 150 N/s oder bei der Prüfgeschwindigkeit von 50 km/h mit einer linearen Steigerung zwischen 100 N/s und 200 N/s erhöht, bis die erste Achse blockiert oder eine Pedalkraft von 1 kN erreicht ist (je nachdem, was zuerst erfolgt).
- d) Abkühlung der Bremse: Zwischen den Bremsungen wird das Fahrzeug bei Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h gefahren, bis die in Absatz 3 Buchstabe a angegebene Bremsenfangstemperatur erreicht ist.
- e) Zahl der Prüfläufe: Mit unbeladenem Fahrzeug sind fünf Abbremsungen bis zum Stillstand aus einer Geschwindigkeit von 100 km/h und fünf Abbremsungen bis zum Stillstand aus einer Geschwindigkeit von 50 km/h vorzunehmen, wobei nach jeder Abbremsung die Prüfgeschwindigkeit zu wechseln ist. Mit beladenem Fahrzeug sind die jeweils fünf Abbremsungen bis zum Stillstand abwechselnd bei beiden Prüfgeschwindigkeiten zu wiederholen.
- f) Prüfoberfläche: Diese Prüfung wird auf einer griffigen Fahrbahn-Prüfoberfläche durchgeführt.
- g) Aufzuzeichnende Daten: Die nachstehenden Daten müssen während jedes Prüflaufes ununterbrochen phasengleich automatisch so aufgezeichnet werden, dass die Werte der Variablen in Echtzeit dargestellt werden können:
 - i) Fahrzeuggeschwindigkeit;
 - ii) Bremspedalkraft;
 - iii) Winkelgeschwindigkeit jedes Rades;
 - iv) Bremsmoment jedes Rades;
 - v) Druck in der Hydraulikleitung in jedem Bremskreis, der mindestens an einem Vorderrad und einem Hinterrad mit einem in Strömungsrichtung hinter betriebsbereiten Bremskraftverteilern oder Druckbegrenzungsventilen angeordneten Messwertaufnehmer ausgerüstet ist;
 - vi) Fahrzeugverzögerung.
- h) Abtastfrequenz: Alle Datenerfassungs- und -aufzeichnungsgeräte müssen auf allen Kanälen für eine Abtastfrequenz von mindestens 40 Hz ausgelegt sein.
- i) Bestimmung des Verhältnisses des Drucks in der vorderen Bremsleitung zu dem Druck in der hinteren Bremsleitung: Das Verhältnis des Drucks in der vorderen Bremsleitung zu dem Druck in der hinteren Bremsleitung ist im gesamten Bereich der Leitungsdrücke zu bestimmen. Hat das Fahrzeug keine Anlage zur variablen Bremskraftverteilung, so erfolgt diese Bestimmung mit Hilfe statischer Prüfungen. Hat das Fahrzeug eine Anlage zur variablen Bremskraftverteilung, dann werden dynamische Prüfungen bei beladenem und unbeladenem Fahrzeug durchgeführt. Bei beiden Beladungszuständen werden jeweils fünfzehn Teilbremsungen bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h unter den in dieser Anlage angegebenen Anfangsbedingungen vorgenommen.

4. DATENREDUKTION

- a) Die bei jeder Abbremsung nach Absatz 3 Buchstabe e erhaltenen Daten werden nach der Methode der gleitenden Durchschnitte als Fünferdurchschnitte für jeden Datenkanal gefiltert.
- b) Für jede Abbremsung nach Absatz 3 Buchstabe e sind die Steigung (Bremsfaktor) und der Schnittpunkt auf der Achse des Druckes (Bremsenblockierdruck) mit der nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelten Gleichung zu bestimmen, die der Darstellung des gemessenen abgegebenen Drehmoments an jedem gebremsten Rad als Funktion des gemessenen Leistungsdrucks an demselben Rad am ehesten entspricht. In die Regressionsanalyse fließen nur Werte des abgegebenen Drehmoments ein, die aus Daten abgeleitet werden, die bei einer Fahrzeugverzögerung in dem Bereich zwischen 0,15 g und 0,8 g erfasst worden sind.
- c) Die nach Buchstabe b erzielten Ergebnisse sind zu mitteln, um den durchschnittlichen Bremsfaktor und den durchschnittlichen Bremsenblockierdruck für alle Bremsungen für die Vorderachse zu bestimmen.
- d) Die nach Buchstabe b erzielten Ergebnisse sind zu mitteln, um den durchschnittlichen Bremsfaktor und den durchschnittlichen Bremsenblockierdruck für alle Bremsungen für die Hinterachse zu bestimmen.
- e) Anhand des Verhältnisses des Drucks in der vorderen Bremsleitung zu dem Druck in der hinteren Bremsleitung nach Absatz 3 Buchstabe i und des dynamischen Reifenrollradius ist die Bremskraft an jeder Achse als Funktion des Drucks in der vorderen Bremsleitung zu bestimmen.
- f) Die Abbremsung des Fahrzeugs ist als Funktion des Drucks in der vorderen Bremsleitung mit Hilfe der nachstehenden Gleichung zu berechnen:

$$Z = \frac{T_1 + T_2}{P \cdot g}$$

Dabei gilt:

z = die Abbremsung bei einem bestimmten Druck in der vorderen Bremsleitung;

T_1, T_2 = die jeweiligen Bremskräfte an Vorder- und Hinterachse, die demselben Druck in der vorderen Bremsleitung entsprechen;

P = die Fahrzeugmasse.

- g) Die Kraftschlussausnutzung an jeder Achse ist als Funktion der Abbremsung mit Hilfe der nachstehenden Formeln zu berechnen:

$$f_1 = \frac{T_1}{P_1 + \frac{Z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

$$f_2 = \frac{T_2}{P_2 - \frac{Z \cdot h \cdot P \cdot g}{E}}$$

Die Symbole sind in Absatz 2 dieses Anhangs definiert.

- h) f_1 und f_2 sind als Funktion von z für den beladenen und den unbeladenen Zustand zu bestimmen. Dadurch ergeben sich für das Fahrzeug die Reibungsbedarfsskurven, die den Vorschriften in Absatz 5.2 Buchstabe a Ziffer ii dieses Anhangs (oder bei Kontrollen der Übereinstimmung der Produktion den Vorschriften des Absatzes 6.2 dieses Anhangs) entsprechen müssen.

ANHANG 6

PRÜFVORSCHRIFTEN FÜR FAHRZEUGE MIT ANTIBLOCKIERVORRICHTUNGEN (ABV)

1. ALLGEMEINES

- 1.1. In diesem Anhang ist die für Straßenfahrzeuge mit ABV erforderliche Bremswirkung festgelegt.
- 1.2. Die gegenwärtig bekannten ABV umfassen einen oder mehrere Sensoren, Auswerteglieder und Stellglieder. Jede mögliche zukünftige Einrichtung anderer Bauart oder ABV, die in ein anderes System integriert ist, gilt als ABV im Sinne dieses Anhangs und des Anhangs 5 dieser Regelung, wenn ihre Wirkung der in diesem Anhang vorgeschriebenen gleichwertig ist.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

- 2.1. Eine „Antiblockiervorrichtung (ABV)“ ist ein Teil eines Betriebsbremssystems, der selbsttätig den Schlupf in Drehrichtung der Räder an einem oder mehreren Rädern des Fahrzeugs während der Bremsung regelt.
- 2.2. Der „Sensor“ ist das Teil, das die Drehbewegung der Räder oder die dynamischen Zustände des Fahrzeugs erfasst und an das Auswerteglied weiterleitet.
- 2.3. Das „Auswerteglied“ ist das Teil, das dazu bestimmt ist, die von den Sensoren übermittelten Daten auszuwerten und ein Signal an das Stellglied weiterzugeben.
- 2.4. Das „Stellglied“ ist das Teil, das die Bremskräfte in Übereinstimmung mit dem vom Auswerteglied erhaltenen Signal verändert.
- 2.5. Ein „direkt geregeltes Rad“ ist ein Rad, dessen Bremskraft in Übereinstimmung mit den Daten geregelt wird, die von seinem eigenen Sensor geliefert werden ⁽¹⁾.
- 2.6. Ein „indirekt geregeltes Rad“ ist ein Rad, dessen Bremskraft in Übereinstimmung mit den Daten geregelt wird, die von dem Sensor eines anderen Rades bzw. den Sensoren anderer Räder geliefert werden ⁽¹⁾.
- 2.7. „Volle Regelung“ bedeutet, dass die ABV die Bremskraft ständig regelt, damit die direkt geregelten Räder nicht blockieren. Bremsungen, bei denen die Regelung nur einmal während eines Abbremsvorgangs bis zum Stillstand erfolgt, entsprechen nicht dieser Begriffsbestimmung.

3. AUSFÜHRUNGEN VON ABV

- 3.1. Ein Fahrzeug gilt als mit einer ABV im Sinne von Anhang 5 Absatz 1 dieser Regelung ausgerüstet, wenn eine der folgenden Vorrichtungen eingebaut ist:

3.1.1. ABV der Kategorie 1

Ein Fahrzeug, das mit einer ABV der Kategorie 1 ausgestattet ist, muss allen Anforderungen dieses Anhangs entsprechen.

3.1.2. ABV der Kategorie 2

Ein Fahrzeug, das mit einer ABV der Kategorie 2 ausgestattet ist, muss allen Anforderungen dieses Anhangs außer denen des Absatzes 5.3.5 entsprechen.

⁽¹⁾ Eine ABV mit Select-high-Regelung hat sowohl direkt als auch indirekt geregelte Räder; bei Vorrichtungen mit Select-low-Regelung gelten alle Räder mit Sensoren als direkt geregelte Räder.

3.1.3. ABV der Kategorie 3

Ein Fahrzeug, das mit einer ABV der Kategorie 3 ausgestattet ist, muss allen Anforderungen dieses Anhangs außer denen der Absätze 5.3.4 und 5.3.5 entsprechen. Bei solchen Fahrzeugen muss jede Einzelachse, die nicht mindestens ein direkt geregeltes Rad besitzt, die Bedingungen der Kraftschlussausnutzung und der Blockierreihenfolge nach Anhang 5 dieser Regelung anstelle der Vorschriften über die Kraftschlussausnutzung in Absatz 5.2 dieses Anhangs erfüllen. Entspricht jedoch die relative Lage der Reibungsbedarfskurven nicht den Vorschriften des Anhangs 5 Absatz 3.1 dieser Regelung, so ist eine Nachprüfung vorzunehmen, um sicherzustellen, dass nach den Vorschriften des Anhangs 5 Absatz 3.1 dieser Regelung hinsichtlich der Abbremsung und des Beladungszustands die Räder an mindestens einer der Hinterachsen nicht vor denen der Vorderachsen blockieren. Diese Anforderungen können auf Fahrbahnoberflächen mit hohem und niedrigem Kraftschlussbeiwert (ungefähr 0,8 und 0,3 maximal) durch Verändern der Betätigungszeit für die Betriebsbremse überprüft werden.

4. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

4.1. Jede elektrische Störung oder jede Anomalie des Sensors, die das System hinsichtlich der in diesem Anhang enthaltenen Funktions- und Wirkungsanforderungen beeinträchtigt, einschließlich solcher der Stromversorgung, der äußeren Leitungen zu den Auswertegliedern, der Auswerteglieder⁽²⁾ und der Stellglieder, muss dem Fahrer durch eine besondere optische Warneinrichtung angezeigt werden. Dazu ist das gelbe Warnsignal nach Absatz 5.2.21.1.2 dieser Regelung zu verwenden.

4.1.1. Anomalien des Sensors, die nicht bei der statischen Prüfung festgestellt werden können, müssen spätestens dann festgestellt werden, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit 10 km/h überschreitet⁽³⁾. Um jedoch eine falsche Störmeldung zu vermeiden, wenn ein Sensor kein Ausgangssignal für die Fahrzeuggeschwindigkeit erzeugt, weil ein Rad sich nicht dreht, kann diese Überprüfung später erfolgen, allerdings muss die Störung spätestens dann festgestellt werden, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit 15 km/h überschreitet.

4.1.2. Wenn bei stehendem Fahrzeug Spannung an die ABV angelegt wird, müssen die elektrisch gesteuerten Ventile des pneumatischen Stellglieds mindestens einmal einen Regelzyklus durchführen.

4.2. Bei einer einzelnen elektrischen Funktionsstörung, von der nur die ABV betroffen ist, was durch das oben genannte gelbe Warnsignal angezeigt wird, darf die restliche Bremswirkung der Betriebsbremse nicht weniger als 80 % der für die Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor vorgeschriebenen Bremswirkung betragen. Dies entspricht einem Bremsweg von $0,1 v + 0,0075 v^2$ (m) und einer mittleren Vollverzögerung von $5,15 \text{ m/s}^2$.

4.3. Die Funktion der ABV darf durch magnetische oder elektrische Felder nicht beeinträchtigt werden⁽⁴⁾. (Dies ist anhand der Vorschriften der Regelung Nr. 10 Änderungsserie 02 nachzuweisen.)

4.4. Eine handbetätigten Einrichtung, mit der die ABV abgeschaltet oder ihre Regelungsart verändert werden kann⁽⁵⁾, darf nicht vorhanden sein.

5. BESONDERE BESTIMMUNGEN

5.1. Energieverbrauch

Bei Fahrzeugen mit ABV muss die Wirkung der ABV über längere Zeit bei voll betätigter Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse aufrechterhalten bleiben. Die Übereinstimmung mit dieser Vorschrift ist durch folgende Prüfungen festzustellen:

5.1.1. Prüfverfahren

5.1.1.1. Der Anfangswert des Energievorrats in den Energiespeichern muss dem vom Hersteller angegebenen Wert entsprechen. Dieser Wert muss bei beladenem Fahrzeug mindestens die vorgeschriebene Betriebsbremswirkung sicherstellen. Die Energiespeicher für Druckluft-Nebenverbraucher sind abzutrennen.

⁽²⁾ Der Hersteller muss dem technischen Dienst Unterlagen über die Auswerteglieder in dem in Anhang 8 angegebenen Format zur Verfügung stellen.

⁽³⁾ Die Warneinrichtung kann bei stehendem Fahrzeug wieder aufleuchten, sofern sie erlischt, bevor die Fahrzeuggeschwindigkeit 10 km/h bzw. 15 km/h erreicht, wenn keine Störung vorliegt.

⁽⁴⁾ Bis zur Festlegung einheitlicher Prüfverfahren müssen die Hersteller den technischen Diensten ihre Prüfverfahren und -ergebnisse zur Verfügung stellen.

⁽⁵⁾ Einrichtungen, die die Regelungsart der ABV verändern, unterliegen nicht den Anforderungen des Absatzes 4.4 dieser Regelung, wenn bei veränderter Regelungsart alle Anforderungen an die Kategorie der ABV, mit der das Fahrzeug ausgerüstet ist, erfüllt sind.

5.1.1.2. Aus einer Ausgangsgeschwindigkeit von mindestens 50 km/h auf einer Oberfläche mit einem Kraftschlussbeiwert von 0,3⁽⁶⁾ oder weniger müssen die Bremsen des beladenen Fahrzeugs für einen Zeitraum t voll betätigt werden, während dessen die von den indirekt geregelten Rädern verbrauchte Energie zu berücksichtigen ist und alle direkt geregelten Räder von der ABV geregelt bleiben müssen.

5.1.1.3. Danach ist der Motor des Fahrzeugs abzustellen oder die Zufuhr zu den Energiespeichern zu unterbrechen.

5.1.1.4. Die Betätigungsseinrichtung der Betriebsbremse ist danach viermal hintereinander bei Stillstand des Fahrzeugs voll zu betätigen.

5.1.1.5. Bei der fünften Bremsbetätigung muss es möglich sein, das Fahrzeug mit mindestens der Wirkung zu bremsen, die für die Hilfsbremse des Fahrzeugs im beladenen Zustand vorgeschrieben ist.

5.1.2. Zusätzliche Anforderungen

5.1.2.1. Der Kraftschlussbeiwert der Fahrbahnoberfläche ist mit dem betreffenden Fahrzeug nach dem in Anlage 2 Absatz 1.1 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren zu messen.

5.1.2.2. Die Bremsprüfung ist mit beladenem Fahrzeug bei ausgekuppeltem Motor im Leerlauf durchzuführen.

5.1.2.3. Die Bremsdauer t ist mit folgender Formel zu bestimmen:

$$t = \frac{v_{\max}}{7}$$

(aber nicht weniger als 15 Sekunden),

wobei t in Sekunden ausgedrückt wird und v_{\max} die durch die Bauart bestimmte Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs in km/h mit einer oberen Grenze von 160 km/h darstellt.

5.1.2.4. Kann die Bremsdauer t nicht in einem einzigen Bremsvorgang erreicht werden, so sind weitere, maximal insgesamt vier, Vorgänge zulässig.

5.1.2.5. Erfolgt die Prüfung in mehreren Bremsvorgängen, so darf zwischen den einzelnen Vorgängen der Prüfung der Energievorrat nicht ergänzt werden.

Vom zweiten Bremsvorgang an kann der Energieverbrauch, der bei der ersten Bremsbetätigung auftrat, berücksichtigt werden, indem jeweils beim zweiten, dritten und vierten Bremsvorgang, die bei der Prüfung nach Absatz 5.1.1 dieses Anhangs erfolgen, von den vier vollen Bremsbetätigungen, die in Absatz 5.1.1.4 (und 5.1.1.5 und 5.1.2.6) dieses Anhangs vorgeschrieben sind, eine volle Bremsbetätigung abgezogen wird.

5.1.2.6. Die in Absatz 5.1.1.5 dieses Anhangs vorgeschriebene Wirkung gilt als erreicht, wenn am Ende der vierten Betätigung bei Stillstand des Fahrzeugs der Energievorrat in dem/den Energiespeicher(n) gleich groß oder größer ist als derjenige, der bei beladenem Fahrzeug zur Erzielung der Hilfsbremswirkung benötigt wird.

5.2. Kraftschlussausnutzung

5.2.1. Die Ausnutzung des Kraftschlusses durch die ABV berücksichtigt die tatsächliche Zunahme des Bremsweges, bezogen auf seinen theoretischen Minimalwert. Die ABV gilt als ausreichend, wenn die Bedingung $\varepsilon \geq 0,75$ erfüllt ist, wobei ε die Kraftschlussausnutzung bedeutet, wie sie in Anlage 2 Absatz 1.2 dieses Anhangs definiert ist.

5.2.2. Die Kraftschlussausnutzung ε wird auf Straßenoberflächen mit einem Kraftschlussbeiwert von höchstens 0,3⁽⁶⁾ und von etwa 0,8 (trockene Straße) bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 50 km/h ermittelt. Um die Wirkungen von unterschiedlichen Temperaturen der Bremsen auszuschließen, wird empfohlen, z_{AL} vor der Bestimmung von k zu bestimmen.

⁽⁶⁾ Falls solche Fahrbahnoberflächen noch nicht allgemein zur Verfügung stehen, dürfen nach Ermessen des technischen Dienstes bis zur Verschleißgrenze abgenutzte Reifen und höhere Kraftschlussbeiwerte bis maximal 0,4 verwendet werden. Der ermittelte Wert, der Reifentyp und die Beschaffenheit der Fahrbahn sind anzugeben.

- 5.2.3. Das Prüfverfahren zur Bestimmung des Kraftschlussbeiwerts (k) und die Formeln zur Berechnung der Kraftschlussausnutzung (ε) sind in der Anlage 2 dieses Anhangs beschrieben.
- 5.2.4. Die Kraftschlussausnutzung durch die ABV muss bei ABV der Kategorie 1 oder 2 am kompletten Fahrzeug überprüft werden. Bei Fahrzeugen, die mit ABV der Kategorie 3 ausgerüstet sind, müssen nur die Achsen, die mindestens ein direkt geregelter Rad haben, diese Anforderung erfüllen.
- 5.2.5. Die Bedingung $\varepsilon \geq 0,75$ muss mit beladenem und mit unbeladenem Fahrzeug überprüft werden (7).

Die Prüfung mit beladenem Fahrzeug auf der Oberfläche mit hohem Kraftschlussbeiwert kann entfallen, wenn die vorgeschriebene Kraft, die auf die Betätigungsseinrichtung ausgeübt wird, keine volle Regelung durch die ABV bewirkt.

Bei der Prüfung mit unbeladenem Fahrzeug kann die auf die Betätigungsseinrichtung ausgeübte Kraft bis auf 100 daN erhöht werden, wenn bei voller Betätigungsleistung (8) keine Regelung bewirkt wird. Reichen dagegen 100 daN nicht aus, um die Regelung durch die ABV zu bewirken, so kann diese Prüfung entfallen.

5.3. Zusatzprüfungen

Die folgenden Zusatzprüfungen müssen mit beladenem und mit unbeladenem Fahrzeug bei ausgekuppeltem Motor durchgeführt werden:

- 5.3.1. Die durch eine ABV direkt geregelten Räder dürfen nicht blockieren, wenn bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von $v = 40$ km/h und bei einer hohen Ausgangsgeschwindigkeit von $v = 0,8 v_{max} \leq 120$ km/h die volle Betätigungsleistung (8) schnell auf die Betätigungsseinrichtung aufgebracht wird und sich das Fahrzeug auf den in Absatz 5.2.2 dieses Anhangs beschriebenen Fahrbahnoberflächen befindet (9).
- 5.3.2. Beim Übergang einer Achse von einer Oberfläche mit hohem Kraftschlussbeiwert (k_H) auf eine solche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert (k_L) mit $k_H \geq 0,5$ und $k_H/k_L \geq 2$ (10) dürfen bei voller Betätigungsleistung (8) auf der Betätigungsseinrichtung die direkt geregelten Räder nicht blockieren. Die Fahrgeschwindigkeit und der Zeitpunkt der Bremsbetätigung müssen so gewählt werden, dass, wenn die ABV auf der Oberfläche mit hohem Kraftschlussbeiwert voll regelt, der Übergang von einer Fahrbahnoberfläche zur anderen bei hoher und bei niedriger Geschwindigkeit unter den in Absatz 5.3.1 dieses Anhangs festgelegten Bedingungen erfolgt (9).
- 5.3.3. Beim Übergang eines Fahrzeugs von einer Oberfläche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert (k_L) auf eine solche mit hohem Kraftschlussbeiwert (k_H), mit $k_H \geq 0,5$ und $k_H/k_L \geq 2$ (10), muss bei voller Betätigungsleistung (8) auf der Betätigungsseinrichtung die Fahrzeugverzögerung innerhalb einer annehmbaren Zeit auf den entsprechenden hohen Wert ansteigen, und das Fahrzeug darf nicht von seinem ursprünglichen Kurs abweichen. Die Fahrgeschwindigkeit und der Zeitpunkt der Bremsbetätigung müssen so gewählt werden, dass, wenn die ABV auf der Oberfläche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert voll regelt, der Übergang von einer Fahrbahnoberfläche zur anderen bei annähernd 50 km/h erfolgt.
- 5.3.4. Die Vorschriften dieses Absatzes gelten nur für Fahrzeuge mit ABV der Kategorie 1 oder 2. Befinden sich die rechten und die linken Räder des Fahrzeugs auf Oberflächen mit unterschiedlichen Kraftschlussbeiwerten (k_H und k_L), wobei $k_H \geq 0,5$ und $k_H/k_L \geq 2$ ist (10), so dürfen die direkt geregelten Räder nicht blockieren, wenn bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h die volle Betätigungsleistung (8) schnell auf die Betätigungsseinrichtung aufgebracht wird.
- 5.3.5. Außerdem müssen beladene, mit ABV der Kategorie 1 ausgerüstete Fahrzeuge unter den Bedingungen des Absatzes 5.3.4 dieses Anhangs die in der Anlage 3 dieses Anhangs geforderte Abbremsung erbringen.
- 5.3.6. Bei den Prüfungen, die in den Absätzen 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4 und 5.3.5 dieses Anhangs vorgesehen sind, ist jedoch kurzes Blockieren der Räder erlaubt. Außerdem ist das Blockieren der Räder erlaubt, wenn die Fahrgeschwindigkeit kleiner als 15 km/h ist; ebenfalls ist das Blockieren von indirekt geregelten Rädern bei jeder Geschwindigkeit erlaubt, sofern Fahrstabilität und die Lenkbarkeit nicht beeinträchtigt werden, und das Fahrzeug darf keinen Gierwinkel von 15° übersteigen oder von einer 3,5 m breiten Fahrbahn abweichen.

(7) Bis zur Festlegung eines einheitlichen Prüfverfahrens kann es erforderlich sein, die in diesem Absatz vorgeschriebenen Prüfungen bei Fahrzeugen mit einem elektrischen Bremssystem mit Energierückgewinnungseinrichtung zu wiederholen, damit die Auswirkung der verschiedenen Werte der Bremskraftverteilung bestimmt werden kann, die von automatischen Einrichtungen am Fahrzeug übermittelt werden.

(8) „Volle Betätigungsleistung“ ist die in Anhang 3 dieser Regelung vorgeschriebene maximale Betätigungsleistung; es kann auch eine größere Kraft angewendet werden, um die ABV zum Ansprechen zu bringen.

(9) Zweck dieser Prüfungen ist es sicherzustellen, dass die Räder nicht blockieren und das Fahrzeug stabil bleibt; daher ist es nicht erforderlich, voll abzubremsen und das Fahrzeug auf der Oberfläche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert zum Stillstand zu bringen.

(10) k_H ist der hohe Kraftschlussbeiwert,
 k_L ist der niedrige Kraftschlussbeiwert,
 k_H und k_L werden nach den Vorschriften der Anlage 2 zu diesem Anhang gemessen.

-
- 5.3.7. Lenkkorrekturen sind während der in den Absätzen 5.3.4 und 5.3.5 dieses Anhangs vorgesehenen Prüfungen erlaubt, wenn der Drehwinkel des Lenkrads während der ersten zwei Sekunden maximal 120° und insgesamt nicht mehr als 240° ist. Weiterhin muss sich bei Prüfbeginn die Längsmittellebene des Fahrzeugs über der Grenzlinie zwischen den Oberflächen mit hohem und niedrigem Kraftschlussbeiwert befinden, und während der genannten Prüfungen darf kein Teil der Reifen diese Grenzlinie überfahren (7)
-

Anlage 1

Zeichen und Begriffsbestimmungen

Zeichen	Begriffsbestimmungen
E	Radstand
ε	Die Kraftschlussausnutzung des Fahrzeugs: Quotient aus der maximalen Abbremsung bei regelnder ABV (z_{AL}) und dem Kraftschlussbeiwert (k)
ε_i	Der an der Achse i gemessene Wert von ε (bei einem Kraftfahrzeug mit einer ABV der Kategorie 3)
ε_H	Der Wert von ε bei der Oberfläche mit hohem Kraftschlussbeiwert
ε_L	Der Wert von ε bei der Oberfläche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert
F	Kraft (N)
F_{dyn}	Normalkraft der Fahrbahn bei dynamischen Bedingungen und regelnder ABV
F_{dyni}	F_{dyn} auf die Achse i bei Kraftfahrzeugen
F_i	Normalkraft der Fahrbahn auf die Achse i bei statischen Bedingungen
F_M	Gesamte statische Normalkraft der Fahrbahn auf alle Räder des Kraftfahrzeugs
$F_{Mnd}^{(1)}$	Gesamte statische Normalkraft der Fahrbahn auf die ungebremsten und nicht angetriebenen Achsen des Kraftfahrzeugs
$F_{Md}^{(1)}$	Gesamte statische Normalkraft der Fahrbahn auf die ungebremsten und angetriebenen Achsen des Kraftfahrzeugs
$F_{WM}^{(1)}$	$0,01 F_{Mnd} + 0,015 F_{Md}$
g	Fallbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$)
h	Höhe des Schwerpunkts über dem Boden entsprechend der Angabe des Herstellers und mit Zustimmung des technischen Dienstes, der die Genehmigungsprüfung durchführt
k	Kraftschlussbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn
k_f	Kraftschlussbeiwert einer Vorderachse
k_H	Wert von k , auf der Oberfläche mit hohem Kraftschlussbeiwert bestimmt
k_i	Wert von k , an der Achse i bei einem Fahrzeug mit einer ABV der Kategorie 3 bestimmt
k_L	Wert von k , auf der Oberfläche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert bestimmt
k_{lock}	Kraftschlussbeiwert bei 100 % Schlupf
k_M	Kraftschlussbeiwert des Kraftfahrzeugs
k_{peak}	Maximum der Kurve „Kraftschluss in Abhängigkeit vom Schlupf“
k_r	Kraftschlussbeiwert einer Hinterachse
P	Masse des einzelnen Fahrzeugs (kg)
R	Verhältnis von k_{peak} zu k_{lock}
t	Zeitraum (s)
t_m	Mittelwert von t
t_{min}	Kleinstwert von t

Zeichen	Begriffsbestimmungen
z	Abbremsung
z_{AL}	Abbremsung z des Fahrzeugs mit regelnder ABV
z_m	Mittelwert der Abbremsung
z_{max}	Größtwert von z
z_{MALS}	z_{AL} des Kraftfahrzeugs auf einer „Oberfläche mit unterschiedlichen μ -Werten“

(¹) F_{Mnd} und F_{Md} bei Zweiaachskraftfahrzeugen: Diese Zeichen können mit entsprechenden F_i -Zeichen vereinfacht werden.

Anlage 2

Kraftschlussausnutzung

1. MESSVERFAHREN

1.1. Bestimmung des Kraftschlussbeiwerts (k)

1.1.1. Der Kraftschlussbeiwert (k) ist als der Quotient aus der ohne Blockieren der Räder maximal erreichbaren Bremskraft und der dazugehörigen dynamischen Last der gebremsten Achse zu bestimmen.

1.1.2. Während der Prüfung sind die Bremsen nur einer Achse des Fahrzeugs bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 50 km/h zu betätigen. Die Bremskräfte müssen so auf die Räder der Achse verteilt sein, dass die maximale Bremswirkung erreicht wird. Zwischen 40 km/h und 20 km/h muss die ABV abgeschaltet sein oder darf nicht regeln.

1.1.3. Um die maximale Abbremsung des Fahrzeugs (z_{\max}) zu erreichen, sind mehrere Prüfungen bei gesteigerten Bremsdrücken durchzuführen. Während jeder Prüfung muss ein konstanter Druck aufrechterhalten werden, und die Abbremsung wird anhand der Zeit (t) bestimmt, die vergeht, wenn die Geschwindigkeit von 40 km/h auf 20 km/h reduziert wird; dazu wird folgende Formel verwendet:

$$z = \frac{0,566}{t}$$

z_{\max} ist der maximale Wert von z, t die Zeit in Sekunden.

1.1.3.1. Blockieren der Räder darf unter 20 km/h auftreten.

1.1.3.2. Beginnend mit dem kleinsten gemessenen Wert von t, der als t_{\min} bezeichnet wird, sind drei Werte von t zwischen t_{\min} und $1,05 t_{\min}$ auszuwählen, dann ist ihr arithmetisches Mittel t_m zu bestimmen und damit

$$z_m = \frac{0,566}{t_m}$$

Wird nachgewiesen, dass die oben definierten drei Werte aus praktischen Gründen nicht bestimmt werden können, so kann der Wert der Mindestzeit t_{\min} verwendet werden. Die Anforderungen des Absatzes 1.3 gelten jedoch weiterhin.

1.1.4. Die Bremskräfte werden aus der gemessenen Abbremsung und dem Rollwiderstand der jeweils ungebremsten Achse berechnet, der mit 0,015 für eine angetriebene bzw. mit 0,010 für eine nicht angetriebene Achse angenommen wird, multipliziert mit der jeweiligen statischen Achslast.

1.1.5. Die dynamische Achslast wird nach den in Anhang 5 dieser Regelung angegebenen Formeln bestimmt.

1.1.6. Der Wert von k ist auf drei Dezimalstellen zu runden.

1.1.7. Dann ist die Prüfung bei der (den) anderen Achse(n) nach den Vorschriften der Absätze 1.1.1 bis 1.1.6 zu wiederholen.

1.1.8. Beispielsweise wird bei einem Zweiachsfahrzeug mit Hinterradantrieb bei gebremster Vorderachse (1) der Kraftschlussbeiwert (k) durch folgende Formel bestimmt:

$$k_f = \frac{z_m \cdot P \cdot g - 0,015 \cdot F_2}{F_1 + \frac{h}{E} \cdot z_m \cdot P \cdot g}$$

Die anderen Zeichen (P, h, E) sind in Anhang 5 dieser Regelung definiert.

1.1.9. Es ist jeweils ein Beiwert für die Vorderachse k_f und einer für die Hinterachse k_r zu bestimmen.

1.2. Bestimmung der Kraftschlussausnutzung (ε)

- 1.2.1. Die Kraftschlussausnutzung (ε) ist definiert als der Quotient aus der maximalen Abbremsung bei regelnder ABV (z_{AL}) und dem Kraftschlussbeiwert (k_M), d. h.

$$\varepsilon = \frac{z_{AL}}{k_M}$$

- 1.2.2. Bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 55 km/h wird die maximale Abbremsung (z_{AL}) bei voller Regelung durch die ABV festgestellt, indem nach Absatz 1.1.3 dieser Anlage der Durchschnittswert aus drei Prüfungen für die Zeit ermittelt wird, die erforderlich ist, um die Geschwindigkeit von 45 km/h auf 15 km/h zu reduzieren; dabei wird die nachstehende Formel verwendet:

$$z_{AL} = \frac{0,849}{t_m}$$

- 1.2.3. Der Kraftschlussbeiwert k_M ist unter Berücksichtigung der dynamischen Achslasten zu ermitteln.

$$k_M = \frac{k_f \cdot F_{fdyn} + k_r \cdot F_{rdyn}}{P \cdot g}$$

Dabei gilt:

$$F_{fdyn} = F_f + \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g$$

$$F_{rdyn} = F_r - \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g$$

- 1.2.4. Der Wert von ε ist auf zwei Dezimalstellen zu runden.

- 1.2.5. Ist ein Fahrzeug mit einer ABV der Kategorie 1 oder 2 ausgerüstet, so wird der Abbremsungswert z_{AL} für das gesamte Fahrzeug bei regelnder ABV ermittelt, und die Kraftschlussausnutzung (ε) ist durch dieselbe Formel gegeben, wie in Absatz 1.2.1 dieser Anlage beschrieben.
- 1.2.6. Ist ein Fahrzeug mit einer ABV der Kategorie 3 ausgerüstet, so wird der Abbremsungswert z_{AL} an jeder Achse gemessen, die mindestens ein direkt geregeltes Rad besitzt. Für ein zweiachsiges Fahrzeug zum Beispiel, bei dem die ABV nur auf die angetriebene Hinterachse (2) wirkt, wird die Kraftschlussausnutzung (ε) bestimmt nach:

$$\varepsilon_2 = \frac{z_{AL} \cdot P \cdot g - 0.010 \cdot F_1}{k_2 (F_2 - \frac{h}{E} \cdot z_{AL} \cdot P \cdot g)}$$

Diese Berechnung muss für jede Achse durchgeführt werden, die mindestens ein direkt geregeltes Rad besitzt.

- 1.3. Bei $\varepsilon > 1,00$ sind die Messungen der Kraftschlussbeiwerte zu wiederholen. Eine Toleranz von 10 % ist zulässig.

*Anlage 3***Bremswirkung auf Oberflächen mit unterschiedlichen Kraftschlussbeiwerten**

1. Die vorgeschriebene Abbremsung, auf die in Absatz 5.3.5 dieses Anhangs Bezug genommen wird, kann anhand der gemessenen Kraftschlussbeiwerte für die beiden Oberflächen, auf denen diese Prüfung durchgeführt wird, berechnet werden. Diese beiden Oberflächen müssen die in Absatz 5.3.4 dieses Anhangs vorgeschriebenen Bedingungen erfüllen.
2. Der Kraftschlussbeiwert (k_H und k_L) der Oberflächen mit hohem und mit niedrigem Kraftschluss wird jeweils in Übereinstimmung mit den Vorschriften von Anlage 2 Absatz 1.1 dieses Anhangs bestimmt.
3. Für die vorgeschriebene Abbremsung (z_{MALS}) für beladene Fahrzeuge gilt Folgendes:

$$z_{MALS} \geq 0,75 \left(\frac{4k_L + k_H}{5} \right) \text{ und } z_{MALS} \geq k_L$$

*Anlage 4***Verfahren zur Auswahl der Oberfläche mit niedrigem Kraftschlussbeiwert**

1. Genaue Angaben zum Kraftschlussbeiwert der ausgewählten Oberfläche nach Absatz 5.1.1.2 dieses Anhangs sind dem technischen Dienst mitzuteilen.

1.1. Diese Angaben müssen eine Kurve des Kraftschlussbeiwerts in Abhängigkeit vom Schlupf (von 0 bis 100 % Schlupf) für eine Geschwindigkeit von ungefähr 40 km/h umfassen.

1.1.1. Der Maximalwert der Kurve ist k_{peak} und der Wert bei 100 % Schlupf ist k_{lock} .

1.1.2. Der Verhältniswert R ist als Quotient aus k_{peak} und k_{lock} zu bestimmen.

$$R = \frac{k_{peak}}{k_{lock}}$$

1.1.3. Der Wert von R ist auf eine Dezimalstelle zu runden.

1.1.4. Die zu verwendende Oberfläche muss einen Verhältniswert R zwischen 1,0 und 2,0 aufweisen ⁽¹⁾.

2. Vor den Prüfungen muss der technische Dienst sich vergewissern, dass die ausgewählte Oberfläche den vorgeschriebenen Anforderungen entspricht, und er muss über die folgenden Angaben informiert werden:

Prüfverfahren zur Bestimmung von R

Art des Fahrzeugs

Achslast und Reifen (es müssen verschiedene Achslasten und Reifen geprüft und die Ergebnisse dem technischen Dienst vorgelegt werden, der dann entscheidet, ob sie für das zu genehmigende Fahrzeug repräsentativ sind)

2.1. Der Wert von R muss im Prüfbericht angegeben werden.

Die Kalibrierung der Oberfläche muss mindestens einmal pro Jahr mit einem repräsentativen Fahrzeug erfolgen, um die Stabilität des Wertes R nachzuprüfen.

⁽¹⁾ Bis solche Fahrbahnoberflächen überall zur Verfügung stehen, ist für R ein Verhältniswert bis zu 2,5 in Absprache mit dem technischen Dienst zulässig.

ANHANG 7

VERFAHREN UND PRÜFUNG VON BREMSBELÄGEN AUF DEM SCHWUNGMASSENPRÜFSTAND

1. ALLGEMEINES

- 1.1. Das in diesem Anhang beschriebene Verfahren darf bei einer Änderung des Fahrzeugtyps angewandt werden, die sich aus der Verwendung eines anderen Bremsbelagtyps für Fahrzeuge ergibt, die nach dieser Regelung genehmigt wurden.
- 1.2. Die Prüfung der anderen Bremsbelagtypen erfolgt durch einen Vergleich ihrer Bremswirkung mit jener, die mit den Bremsbelägen erzielt wurde, mit denen das Fahrzeug zum Zeitpunkt der Genehmigung ausgerüstet war und welche mit den im entsprechenden Mitteilungsblatt angegebenen (siehe Muster in Anhang 1 zu dieser Regelung) übereinstimmen.
- 1.3. Der technische Dienst, der die Genehmigungsprüfungen durchführt, darf nach eigenem Ermessen verlangen, dass der Vergleich der Wirkung der Bremsbeläge nach den entsprechenden Vorschriften des Anhangs 3 zu dieser Regelung durchgeführt wird.
- 1.4. Der Antrag auf Genehmigung durch Vergleichsprüfung muss von dem Fahrzeughersteller oder seinem ordentlich bevollmächtigten Vertreter gestellt werden.
- 1.5. Im Sinne dieses Anhangs bedeutet „Fahrzeug“ den Fahrzeugtyp, der entsprechend dieser Regelung genehmigt wurde und für den beantragt wird, dass der Vergleich als zufriedenstellend bewertet wird.

2. PRÜFEINRICHTUNG

- 2.1. Die Prüfungen sind auf einem Schwungmassenprüfstand mit folgenden Eigenschaften durchzuführen:

- 2.1.1. Er muss die in Absatz 3.1 dieses Anhangs erforderliche Trägheitskraft erzeugen können und so ausgelegt sein, dass er geeignet ist, die Anforderungen nach Absatz 1.5 des Anhangs 3 dieser Regelung hinsichtlich der Prüfung Typ I über das Nachlassen der Bremswirkung zu erfüllen.

- 2.1.2. Die eingebauten Bremsen müssen mit denen des ursprünglichen Fahrzeugtyps übereinstimmen.

- 2.1.3. Die Luftkühlung, falls vorhanden, muss in Übereinstimmung mit Absatz 3.4 dieses Anhangs sein.

- 2.1.4. Die Prüfausrüstung muss imstande sein, mindestens die folgenden Angaben zu liefern:

- 2.1.4.1. eine kontinuierliche Aufzeichnung der Drehzahl der Scheibe oder Trommel

- 2.1.4.2. die Anzahl der Umdrehungen während eines Bremsvorgangs bis zum Stillstand auf eine Achtelumdrehung genau

- 2.1.4.3. die Bremsdauer

- 2.1.4.4. eine kontinuierliche Aufzeichnung der Temperatur, die im Mittelpunkt der vom Belag überstrichenen Fläche oder in der Mitte der Stärke der Scheibe oder der Trommel oder des Belages gemessen wird

- 2.1.4.5. eine kontinuierliche Aufzeichnung des Drucks oder der Kraft in der Steuerleitung bei der Bremsbetätigung

- 2.1.4.6. eine kontinuierliche Aufzeichnung des Bremsmoments

3. PRÜFBEDINGUNGEN

- 3.1. Der Schwungmassenprüfstand muss so genau wie möglich mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ auf das Schwungmoment eingestellt werden, das nach folgender Formel dem von den entsprechenden Rädern gebremsten Teil des Gesamtschwungmoments des Fahrzeugs entspricht:

$$I = MR^2$$

Dabei gilt:

I = das Schwungmoment ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

R = der dynamische Reifenrollradius (m)

M = der Teil der Höchstmasse des Fahrzeugs, der von den entsprechenden Rädern gebremst wird. Bei einem Einwellen-Schwungmassenprüfstand wird diese Masse nach der konstruktionsmäßig vorgegebenen Bremskraftverteilung berechnet, wenn die Verzögerung dem in Zeile A der Tabelle in Anhang 3 unter Absatz 2.1.1 dieser Regelung jeweils angegebenen Wert entspricht.

- 3.2. Die Ausgangsdrehzahl des Schwungmassenprüfstands muss der in Zeile A der Tabelle unter Anhang 3 Absatz 2.1.1 dieser Regelung vorgeschriebenen Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs unter Berücksichtigung des dynamischen Reifenrollradius entsprechen.

- 3.3. Bremsbeläge müssen zu 80 % eingefahren sein und dürfen während der Einfahrzeit eine Temperatur von $180\text{ }^\circ\text{C}$ nicht überschritten haben; wahlweise dürfen sie auch auf Wunsch des Herstellers des Fahrzeugs nach seinen Empfehlungen eingefahren sein.

- 3.4. Es darf Luftkühlung verwendet werden, wobei der Luftstrom über die Bremse senkrecht zu ihrer Drehachse zu leiten ist. Die Geschwindigkeit der über die Bremse strömenden Kühlluft darf nicht mehr als 10 km/h betragen. Die Temperatur der Kühlluft muss die Umgebungstemperatur sein.

4. PRÜFVERFAHREN

- 4.1. Es sind fünf Bremsbelagsätze der Vergleichsprüfung zu unterziehen; diese sind mit fünf Bremsbelagsätzen zu vergleichen, die mit den ursprünglichen in dem Mitteilungsblatt über die erstmalige Genehmigung des betreffenden Fahrzeugtyps angeführten übereinstimmen.

- 4.2. Die Gleichwertigkeit von Bremsbelägen muss auf der Grundlage eines Vergleichs der Ergebnisse, die mit den in diesem Anhang vorgeschriebenen Prüfverfahren erzielt wurden, nachgewiesen werden und in Übereinstimmung mit den folgenden Anforderungen stehen.

4.3. Prüfung Typ 0 der Wirkung bei kalter Bremse

- 4.3.1. Es sind drei Bremsungen durchzuführen, wobei die Ausgangstemperatur unter $100\text{ }^\circ\text{C}$ liegen muss. Die Temperatur ist entsprechend den Vorschriften des Absatzes 2.1.4.4 dieses Anhangs zu messen.

- 4.3.2. Die Bremsungen müssen bei einer Ausgangs-Drehgeschwindigkeit vorgenommen werden, die der in Anhang 3 Tabelle unter Absatz 2.1.1 Zeile A dieser Regelung angegebenen entspricht, und die Bremse ist so zu betätigen, dass ein mittleres Bremsmoment erreicht wird, das der in dem vorgenannten Absatz vorgeschriebenen Verzögerung entspricht. Außerdem sind auch Prüfungen bei verschiedenen Drehgeschwindigkeiten durchzuführen, wobei die niedrigste 30 % der Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs und die höchste 80 % dieser Geschwindigkeit betragen muss.

- 4.3.3. Das mittlere Bremsmoment, das bei den Vergleichsprüfungen unterzogenen Bremsbelägen während der Prüfungen bei kalter Bremse festgestellt wurde, darf — bei gleichen Messbedingungen — nicht mehr als $\pm 15\%$ von den Prüfwerten für das mittlere Bremsmoment abweichen, das bei den Bremsbelägen festgestellt wurde, die in den Angaben des entsprechenden Antrags auf Genehmigung eines Fahrzeugtyps aufgeführt sind.

4.4. Prüfung Typ I (Prüfung des Nachlassens der Bremswirkung)

4.4.1. Anwärmverfahren

4.4.1.1. Die Bremsbeläge sind nach dem in Anhang 3 Absatz 1.5.1 dieser Regelung beschriebenen Verfahren zu prüfen.

4.4.2. Heißbremswirkung

4.4.2.1. Zum Abschluss der nach Absatz 4.4.1 dieses Anhangs erforderlichen Prüfungen muss die Prüfung der Heißbremswirkung nach Absatz 1.5.2 des Anhangs 3 dieser Regelung durchgeführt werden.

4.4.2.2. Das mittlere Bremsmoment, das bei den Vergleichsprüfungen unterzogenen Bremsbelägen während der Prüfungen bei heißer Bremse festgestellt wurde, darf — bei gleichen Messbedingungen — nicht mehr als $\pm 15\%$ von den Prüfwerten für das mittlere Bremsmoment abweichen, das bei den Bremsbelägen festgestellt wurde, die in den Angaben des entsprechenden Antrags auf Genehmigung eines Fahrzeugtyps aufgeführt sind.

5. KONTROLLE DER BREMSBELÄGE

Zum Abschluss der oben genannten Prüfungen sind die Bremsbeläge einer Sichtprüfung daraufhin zu unterziehen, ob sie sich für die weitere betriebsübliche Verwendung in einem zufriedenstellenden Zustand befinden.

ANHANG 8

SPEZIELLE VORSCHRIFTEN FÜR DIE SICHERHEITSASPEKTE FAHRZEUGSTEUERSYSTEME KOMPLEXER ELEKTRONISCHER**1. ALLGEMEINES**

In diesem Anhang sind die speziellen Vorschriften für die Dokumentation, die Fehlerstrategie und die Verifikation hinsichtlich der Sicherheitsaspekte komplexer elektronischer Fahrzeugsteuersysteme (definiert in Absatz 2.3) für Zwecke dieser Regelung festgelegt.

In bestimmten Absätzen dieser Regelung kann darauf hingewiesen werden, dass dieser Anhang für sicherheitsrelevante Funktionen gilt, die durch elektronische Systeme gesteuert werden.

In diesem Anhang sind nicht die Wirkungskriterien des „Systems“ festgelegt, sondern es werden die Vorgehensweise bei der Systementwicklung und die Angaben behandelt, die dem technischen Dienst im Hinblick auf die Typgenehmigung zu übermitteln sind.

Aus diesen Angaben muss hervorgehen, dass bei dem „System“ unter normalen und Störungsbedingungen alle zutreffenden Vorschriften über die Bremswirkung eingehalten sind, die in dieser Regelung an anderer Stelle aufgeführt sind.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Für die Zwecke dieses Anhangs gelten folgende Begriffsbestimmungen:

- 2.1. „Sicherheitskonzept“ ist eine Beschreibung der Kennwerte, die in das System (z. B. in die elektronischen Baueinheiten) integriert sind, um die Zuverlässigkeit und damit den sicheren Betrieb auch bei einem elektrischen Ausfall zu gewährleisten.

Die Möglichkeit des Rückfalls auf ein Teilsystem oder sogar ein Backup-System bei wichtigen Fahrzeugfunktionen kann Teil des Sicherheitskonzepts sein.

- 2.2. „Elektronisches Steuersystem“ ist eine Kombination von Baueinheiten, die bei der genannten Fahrzeugsteuerfunktion mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung zusammenwirken sollen.

Diese Systeme, die oft durch Software gesteuert sind, bestehen aus diskreten Funktionsbauteilen wie Sensoren, elektronischen Steuergeräten und Stellgliedern und sind durch Übertragungsverbindungen miteinander verbunden. Sie können mechanische, elektropneumatische oder elektrohydraulische Bauelemente umfassen.

Bei dem in diesem Anhang genannten „System“ handelt es sich um das System, für das die Typgenehmigung beantragt wird.

- 2.3. „Komplexe elektronische Fahrzeugsteuersysteme“ sind elektronische Steuersysteme mit einer Steuerungshierarchie, bei der eine gesteuerte Funktion durch ein übergeordnetes elektronisches Steuersystem oder eine übergeordnete elektronische Steuerfunktion überschrieben werden kann.

Eine überschriebene Funktion wird Teil des komplexen Systems.

- 2.4. „Übergeordnete Steuersystemfunktionen“ sind Systeme bzw. Funktionen, bei denen mit zusätzlichen Verarbeitungs- und/oder Abtastvorgängen das Fahrzeugverhalten durch Veränderungen bei den normalen Funktionen des Fahrzeugsteuersystems verändert wird.

Dadurch können komplexe Systeme ihre Zielgrößen automatisch verändern, wobei die Priorität von den abgetasteten Größen abhängt.

- 2.5. „Baueinheiten“ sind die kleinsten Teile von Systembestandteilen, die in diesem Anhang behandelt werden, da diese Kombinationen von Bauteilen bei der Kennzeichnung, der Auswertung oder dem Austausch als einzelne Einheiten betrachtet werden.

- 2.6. „Übertragungsverbindungen“ sind die Mittel, mit denen verteilte Einheiten für die Übertragung von Signalen, Betriebsdaten oder Energie miteinander verbunden werden.

Dabei handelt es sich im Allgemeinen um eine elektrische Anlage, in einigen Teilen kann sie aber auch mechanisch, pneumatisch, hydraulisch oder lichtleitend sein.

- 2.7. „Steuerungsbereich“ ist der Bereich, in dem das System die Steuerung für eine bestimmte Ausgangsgröße sicherstellen sollte.

- 2.8. „Systemgrenzen“ sind die Grenzen der externen physikalischen Faktoren, in denen das System die Steuerung aufrechterhalten kann.

3. DOKUMENTATION

3.1. Vorschriften

Der Hersteller muss ein Dokumentationspaket zur Verfügung stellen, das Angaben über die Grundkonstruktion des „Systems“ und die Mittel zur Verbindung mit anderen Fahrzeugsystemen oder zur direkten Steuerung von Ausgangsgrößen enthält.

Die Funktionen des „Systems“ und das Sicherheitskonzept müssen darin nach den Festlegungen des Herstellers erläutert sein.

Die Dokumentation muss kurz und knapp sein, jedoch ausreichen, um nachzuweisen, dass bei der Entwicklung des Systems mit dem erforderlichen Expertenwissen aus allen betreffenden Systembereichen vorgegangen wurde.

Für Zwecke der periodischen technischen Überwachung ist anzugeben, wie geprüft werden kann, ob das „System“ im funktionsfähigen Zustand ist.

3.1.1. Die Dokumentation muss zwei Teile umfassen:

- das formale Dokumentationspaket für die Genehmigung mit den in Absatz 3 genannten Angaben (außer den Angaben nach Absatz 3.4.4), das dem technischen Dienst vorzulegen ist, wenn der Antrag auf Erteilung der Typgenehmigung gestellt wird. Es dient als Grundlage für die Verifikation nach Absatz 4 dieses Anhangs;
- zusätzliches Material und Analysedaten nach Absatz 3.4.4, die vom Hersteller aufzubewahren, aber zum Zeitpunkt der Typgenehmigung zwecks Prüfung offenzulegen sind.

3.2. Beschreibung der Funktionen des „Systems“

Es ist eine Beschreibung mit einer einfachen Erläuterung aller Steuerfunktionen des „Systems“ und der zur Erreichung der Zielgrößen angewandten Verfahren, einschließlich einer Beschreibung der Steuerungsmechanismen, vorzulegen.

3.2.1. Es ist eine Liste aller Eingangsgrößen und abgetasteten Größen mit Angabe des Betriebsbereichs vorzulegen.

3.2.2. Es ist eine Liste aller vom „System“ gesteuerten Ausgangsgrößen vorzulegen und jeweils anzugeben, ob die Steuerung direkt oder über ein anderes Fahrzeugsystem erfolgt. Der Steuerungsbereich (Absatz 2.7) ist für jede dieser Größen anzugeben.

3.2.3. Die Systemgrenzen (Absatz 2.8) sind anzugeben, wenn sie für die Wirkung des Systems relevant sind.

3.3. Systemplan und Schaltbilder

3.3.1. Liste der Bauteile

Es ist eine Liste vorzulegen, in der alle Baueinheiten des „Systems“ zusammengestellt und die anderen Fahrzeugsysteme aufgeführt sind, die für die betreffende Steuerfunktion erforderlich sind.

Es ist eine Umrisszeichnung vorzulegen, aus der hervorgeht, wie diese Baueinheiten kombiniert sind, außerdem müssen sowohl die räumliche Verteilung der Bauteile als auch die Verbindungen deutlich zu erkennen sein.

3.3.2. Funktionen der Baueinheiten

Die Funktion jeder Baueinheit des „Systems“ ist darzustellen, und die Signale, die sie mit anderen Baueinheiten oder anderen Fahrzeugsystemen verbinden, sind anzugeben. Dazu kann ein beschriftetes Blockschaltbild, ein anderes Schaltbild oder eine Beschreibung mit Schaltbild verwendet werden.

3.3.3. Verbindungen

Verbindungen innerhalb des „Systems“ sind wie folgt darzustellen: elektrische Übertragungsverbindungen in einem Schaltbild, Lichtleiter-Verbindungen in einem Glasfaserleiterplan, pneumatische oder hydraulische Übertragungseinrichtungen in einem Rohrleitungsplan und mechanische Verbindungen in einer vereinfachten schematischen Darstellung.

3.3.4. Signalfluss und Prioritäten

Zwischen diesen Übertragungsverbindungen und den zwischen den Baueinheiten übermittelten Signalen muss eine deutliche Entsprechung bestehen.

Die Prioritäten von Signalen auf Multiplexdatenbussen sind immer dann anzugeben, wenn sie bei der Anwendung dieser Regelung einen Einfluss auf die Wirkung oder die Sicherheit haben können.

3.3.5. Kennzeichnung von Baueinheiten

Jede Baueinheit muss deutlich und eindeutig gekennzeichnet sein (z. B. durch Beschriftung bei Hardware und Kennzeichnung oder einen Softwarecode bei Software), damit die Entsprechung zwischen der Hardware und der Dokumentation überprüft werden kann.

Sind Funktionen innerhalb einer einzelnen Baueinheit oder innerhalb eines einzelnen Computers kombiniert, aber im Blockschaltbild der Deutlichkeit und der Einfachheit halber in Mehrfachblöcken dargestellt, wird nur ein einziges Hardware-Kennzeichen verwendet.

Der Hersteller muss unter Angabe dieses Kennzeichens bestätigen, dass das gelieferte Gerät den Unterlagen entspricht.

3.3.5.1. Das Kennzeichen steht für eine bestimmte Hardware- und Softwareversion, und wenn die letztgenannte so geändert wird, dass sich dadurch auch die in dieser Regelung definierte Funktion der Baueinheit verändert, muss dieses Kennzeichen ebenfalls geändert werden.

3.4. Sicherheitskonzept des Herstellers

3.4.1. Der Hersteller muss bestätigen, dass die zur Erreichung der Zielgrößen des „Systems“ gewählte Strategie im fehlerfreien Zustand den sicheren Betrieb von Systemen, für die die Vorschriften dieser Regelung gelten, nicht beeinträchtigt.

3.4.2. In Bezug auf die bei dem „System“ verwendete Software ist die Grundarchitektur zu erläutern, und die bei der Entwicklung angewandten Verfahren und Hilfsmittel sind anzugeben. Der Hersteller muss darauf vorbereitet sein, dass er gegebenenfalls nachweisen muss, wie bei der Entwicklung vorgegangen wurde, um die Systemlogik umzusetzen.

3.4.3. Der Hersteller muss dem technischen Dienst eine Beschreibung der Konzepte vorlegen, die bei der Entwicklung des „Systems“ vorgesehen wurden, um den sicheren Betrieb im Fehlerfall zu gewährleisten. Bei einem Fehlerfall im „System“ können zum Beispiel folgende Konzepte genutzt werden:

- a) Rückfall auf ein Teilsystem
- b) Übergang auf ein getrenntes Backup-System
- c) Wegschalten der übergeordneten Funktion.

Im Fehlerfall ist der Fahrer z. B. durch ein Warnsignal oder durch eine Nachrichtenanzeige zu warnen. Wenn das System nicht vom Fahrer dadurch deaktiviert worden ist, dass z. B. der Zündschalter (Anlassschalter) in die Ausstellung gebracht oder die betreffende Funktion ausgeschaltet wurde, wenn dafür ein besonderer Schalter vorhanden ist, muss die Warnung erfolgen, solange der Fehlerzustand anhält.

- 3.4.3.1. Wenn bei dem gewählten Konzept bei bestimmten Fehlerzuständen der Rückfall auf ein Teilsystem ausgewählt wird, sind diese Zustände und die daraus resultierenden Funktionseinschränkungen anzugeben.
- 3.4.3.2. Wenn bei dem gewählten Konzept ein zweites Werkzeug (Backup-Werkzeug) zur Erreichung der Zielgrößen des Fahrzeugsteuersystems ausgewählt wird, sind die Prinzipien des Übergangsmechanismus, die Logik, die Redundanz und alle vorgesehenen Backup-Überwachungsmerkmale darzustellen und die daraus resultierenden Funktionseinschränkungen anzugeben.
- 3.4.3.3. Wenn bei dem gewählten Konzept das Wegschalten der übergeordneten Funktion ausgewählt wird, müssen alle entsprechenden Ausgangssteuersignale, die mit dieser Funktion zusammenhängen, gesperrt werden, damit das Ausmaß der vorübergehenden Störung begrenzt wird.
- 3.4.4. Die Dokumentation muss durch eine Analyse ergänzt werden, in der in allgemeinen Worten dargestellt ist, wie das System sich beim Auftreten eines der definierten Fehler verhält, die eine Auswirkung auf die Fahrzeugsteuerung oder die Fahrzeugsicherheit haben.

Dazu können die Ergebnisse einer Fehler-Möglichkeits- und -Einfluss-Analyse (FMEA), einer Fehlerbaumanalyse (FTA) oder eines vergleichbaren, zur Untersuchung von Sicherheitsaspekten geeigneten Analyseverfahrens dargestellt werden.

Die gewählten analytischen Ansätze sind vom Hersteller festzulegen und zu aktualisieren und zum Zeitpunkt der Typgenehmigung zur Prüfung durch den technischen Dienst offenzulegen.

- 3.4.4.1. In dieser Dokumentation sind die überwachten Parameter aufzulisten, und für jeden Fehlerzustand nach Absatz 3.4.4 ist das Warnsignal anzugeben, das dem Fahrer und/oder Wartungspersonal/Prüfer zu geben ist.

4. VERIFIKATION UND PRÜFUNG

- 4.1. Die Arbeitsweise des „Systems“, die in der Dokumentation nach Absatz 3 dargestellt ist, wird wie folgt geprüft:

- 4.1.1. Verifikation der Arbeitsweise des „Systems“

Zum Nachweis der normalen Betriebswerte ist die Verifikation der Leistungsfähigkeit des Fahrzeugsystems in fehlerfreiem Zustand anhand der Grundspezifikation der Vergleichspunkte des Herstellers durchzuführen, sofern dies nicht im Rahmen einer vorgeschriebenen Leistungsprüfung als Teil des Genehmigungsverfahrens nach dieser oder einer anderen Regelung erfolgt.

- 4.1.2. Verifikation des Sicherheitskonzepts nach Absatz 3.4 dieses Anhangs

Die Reaktion des „Systems“ ist nach Ermessen der Typgenehmigungsbehörde unter dem Einfluss einer Störung in jeder einzelnen Baueinheit zu prüfen, indem entsprechende Ausgangssignale an elektrische Baueinheiten oder mechanische Teile übertragen werden, um die Auswirkungen interner Fehler innerhalb der Baueinheit zu simulieren.

Die Ergebnisse der Verifikation müssen mit der dokumentierten Zusammenfassung der Fehleranalyse übereinstimmen, so dass aufgrund der Gesamtwirkung das Sicherheitskonzept und die Ausführung als ausreichend bestätigt werden können.

ANHANG 9

ELEKTRONISCHES FAHRDYNAMIKREGELUNG UND BREMSASSISTENZSYSTEME

TEIL A ANFORDERUNGEN AN ELEKTRONISCHE FAHRDYNAMIKREGELSYSTEME, SOFERN EINGESETZT

1. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

Mit Fahrdynamikregelungen ausgestattete Fahrzeuge müssen die Funktionsanforderungen gemäß Absatz 2 und die Leistungsanforderungen gemäß Absatz 3 unter den Prüfbedingungen des Absatzes 4 sowie den Prüfbedingungen des Absatzes 5 dieses Anhangs erfüllen.

2. FUNKTIONALE VORSCHRIFTEN

Jedes Fahrzeug, auf das dieser Anhang anwendbar ist, muss mit einer einem elektronischen Fahrdynamikregelsystem ausgestattet sein, die

2.1. fähig ist, an allen vier Rädern ⁽¹⁾ individuelle Bremsmomente anzulegen und nach einem Steueralgorithmus arbeitet, der diese Fähigkeit besitzt;

2.2. über den gesamten Geschwindigkeitsbereich des Fahrzeugs wirksam ist, und zwar während aller Fahrphasen einschließlich des Beschleunigens, des Freilaufs und der Verzögerung (das heißt auch des Bremsens), mit folgenden Ausnahmen:

2.2.1. wenn der Fahrer das ESC ausgeschaltet hat,

2.2.2. wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit weniger als 20 km/h beträgt,

2.2.3. während der Durchführung des Inbetriebsetzung-Selbsttests, bei dem nicht länger als 2 Minuten unter den Bedingungen des Absatzes 5.10.2 gefahren wird,

2.2.4. wenn das Fahrzeug im Rückwärtsgang gefahren wird;

2.3. aktivierbar bleibt, selbst wenn das Antiblockier-Bremssystem oder die Antriebsschlupfregelung (Traction Control System — TCS) aktiviert sind.

3. LEISTUNGSANFORDERUNGEN

Während jeder unter den Prüfbedingungen des Absatzes 4 und den Prüfverfahren des Absatzes 5.9 durchgeführten Prüfung muss das mit einem elektronischen Fahrdynamik-Regelsystem ausgestattete Fahrzeug die Richtungsstabilitätskriterien der Absätze 3.1 und 3.2 erfüllen und das Reaktionsfähigkeitskriterium des Absatzes 3.3 einhalten; diese Prüfungen werden mit einem eingestellten Lenkradwinkel ⁽²⁾ von 5A oder größer durchgeführt, jedoch in den Grenzen des Absatzes 5.9.4, wobei A der gemäß Absatz 5.6.1 berechnete Lenkradwinkel ist.

Wenn ein Fahrzeug gemäß Absatz 4 physikalisch geprüft worden ist, kann die Übereinstimmung anderer Versionen oder Varianten desselben Fahrzeugtyps mittels Rechnersimulationen nachgewiesen werden, die die Prüfbedingungen des Absatzes 4 und die Prüfverfahren des Absatzes 5.9 einhalten. Die Verwendung des Simulators ist in der Anlage 1 zu diesem Anhang beschrieben.

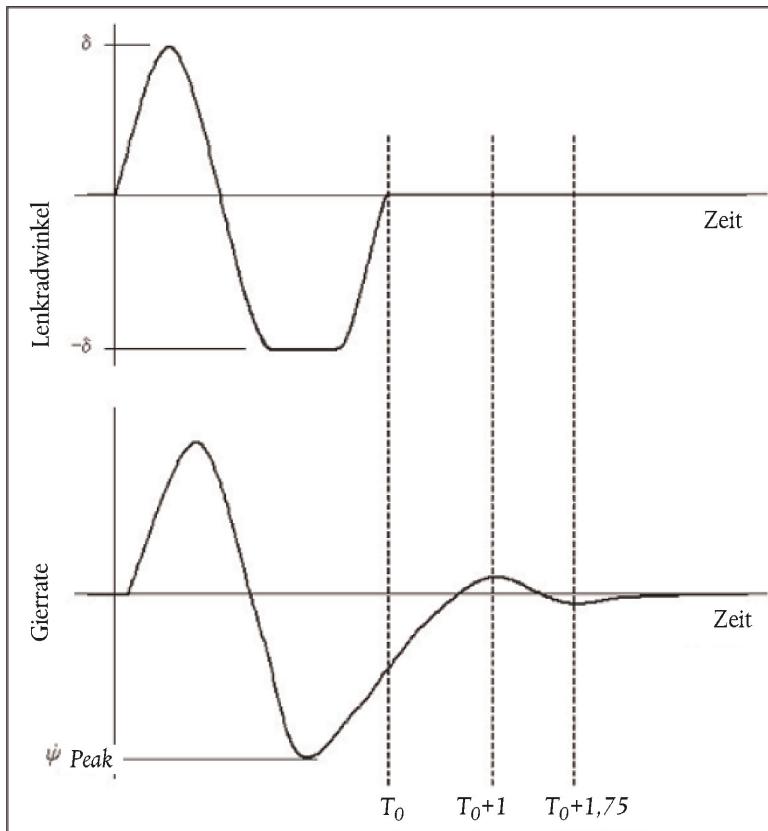
3.1. Die 1 Sekunde nach Vollendung einer Sinus-Dwell-Lenkeingabe gemessene Gierrate (d. h. zum Zeitpunkt $T_0 + 1$ in Abbildung 1) darf 35 Prozent des ersten nach dem Vorzeichenwechsel des Lenkradwinkels (zwischen der ersten und zweiten Spitze) (ΨP_{eak} in Abbildung 1) registrierten Maximums, das während eines Testlaufs auftritt, nicht überschreiten.

⁽¹⁾ Eine Achsgruppe gilt als Einzelachse und Doppelräder gelten als Einzelrad.

⁽²⁾ Im Text dieses Anhangs wird angenommen, dass das Fahrzeug mit einem Lenkrad gelenkt wird. Fahrzeuge mit anderen Lenksystemen können ebenfalls im Sinne dieses Anhangs genehmigt werden, vorausgesetzt, dass der Hersteller dem technischen Dienst beweisen kann, dass die Leistungsanforderungen dieses Anhangs mit Lenkeingaben erfüllt werden, welche mit den im Absatz 5 dieses Teils definierten äquivalent sind.

Abbildung 1

Informationen über Lenkradposition und Giergeschwindigkeit für die Bewertung der seitlichen Stabilität



3.2. Die 1,75 Sekunden nach Vollendung der Sinus-Dwell-Lenkeingabe gemessene Gierrate darf 20 Prozent des ersten nach dem Vorzeichenwechsel des Lenkradwinkels registrierten Maximums (zwischen der ersten und zweiten Spitz) nicht überschreiten, das während eines Testlaufs auftritt.

3.3. Die seitliche Verlagerung des Fahrzeugschwerpunkts gegenüber der anfänglichen geraden Bahn muss für Fahrzeuge mit einer Gesamtmasse (Gross Vehicle Mass — GVM) von 3 500 kg oder weniger mindestens 1,83 m betragen und 1,52 m für Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von über 3 500 kg, wenn für den Zeitpunkt von 1,07 Sekunden nach dem Einsetzen der Lenkbewegung (BeginningofSteer — BOS) berechnet. Der BOS-Wert ist im Absatz 5.11.6. definiert.

3.3.1. Die seitliche Verlagerung wird mit einem Doppelintegral über die Messzeit der seitlichen Beschleunigung des Fahrzeugschwerpunkts berechnet, gemäß der Formel:

$$\text{Seitliche Verlagerung} = \int \int a_{y,C.G.} dt$$

Für Typgenehmigungsprüfungen ist auch eine alternative Messmethode zulässig, sofern bewiesen wird, dass sie eine mindestens ebenso hohe Genauigkeit bietet wie die Doppelintegrationsmethode.

3.3.2. Für die Integration ist der Zeitpunkt $t = 0$ der Zeitpunkt, zu dem die Lenkbewegung einsetzt (BeginningofSteer — BOS). Der BOS-Wert ist im Absatz 5.11.6. definiert.

3.4. Feststellen einer ESC-Funktionsstörung

Das Fahrzeug muss mit einer Kontrolleuchte ausgestattet sein, welche den Fahrer warnt, wenn eine beliebige Funktionsstörung auftritt, welche die Erzeugung oder Übertragung von Überwachungs- und Steuersignalen des elektronischen Fahrdynamikregelsystems beeinträchtigt.

3.4.1. Die Kontrollleuchte für ESC-Funktionsstörungen:

- 3.4.1.1. muss für den Fahrer direkt und klar sichtbar sein, wenn er sich auf dem für ihn bestimmten Sitz mit angelegtem Sicherheitsgurt befindet;
 - 3.4.1.2. muss — mit Ausnahme der in Absatz 3.4.1.3 genannten Fälle — aufleuchten, wenn eine Funktionsstörung vorliegt und unter den Bedingungen des Absatzes 3.4 ununterbrochen leuchten, solange die Funktionsstörung anhält und solange sich das Zündschloss in der Stellung „On/Ein“ („Run/Lauf“) befindet;
 - 3.4.1.3. muss — mit Ausnahme des in Absatz 3.4.2 genannten Falls — jedes Mal zur Lampenprüfung aktiviert werden, wenn sich der Zündschlüssel in der Stellung „On/Ein“ („Run/Lauf“) befindet, ohne dass der Motor läuft, oder wenn sich der Zündschlüssel in einer Stellung zwischen „On/Ein“ („Run/Lauf“) und „Start“ befindet, die vom Hersteller als Prüfstellung bezeichnet wird;
 - 3.4.1.4. muss beim nächsten Einschaltzyklus erlöschen, welcher der Behebung der Funktionsstörung gemäß Absatz 5.10.4. folgt;
 - 3.4.1.5. kann auch zur Anzeige von Funktionsstörungen verwandter Systeme bzw. Funktionen eingesetzt werden, darunter einer Antriebsschlupfregelung (Traction Control System — TCS), eines Anhänger-Stabilisierungssystems (Trailer Stability Assist — TSA), einer Kurvenbremskontrolle (Corner Brake Control — CBC) und anderer ähnlicher Funktionen, welche mit einer Drosselsteuerung und/oder individuellen Drehmomentsteuerung arbeiten und gemeinsame Komponenten mit der ESC einsetzen und teilen.
- 3.4.2. Die Kontrollleuchte für ESC-Funktionsstörungen braucht nicht aktiviert zu werden, wenn ein Anlasssperrsystem (Starter Interlock) in Betrieb ist.
- 3.4.3. Die Anforderung des Absatzes 3.4.1.3 gilt nicht für Kontrollleuchten die sich einer Mehrzweckanzeige (Common Space) bedienen.
- 3.4.4. Der Hersteller kann in der Kontrollleuchte für ESC-Funktionsstörungen die Intervention der Stabilisierungsfunktion und/oder damit zusammenhängender Systeme (gemäß der Aufstellung in Absatz 3.4.1.5) durch Blinken anzeigen.

3.5. ESC Off/Aus und andere Betätigungseinrichtungen des Systems

Der Hersteller kann eine Betätigungseinrichtung „ESC Off/Aus“ vorsehen, welche beim Einschalten der Fahrzeugscheinwerfer leuchten muss und den Zweck hat, das ESC-System in einen Betriebsmodus zu versetzen, in dem es die Leistungsanforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 nicht mehr erfüllt. Die Hersteller können auch Betätigungseinrichtungen für andere Systeme vorsehen, die auf den ESC-Betrieb eine Hilfswirkung ausüben. Betätigungseinrichtungen beider Art, welche das ESC-System in einen Betriebsmodus versetzen, der möglicherweise die Leistungsanforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 nicht mehr erfüllt, sind zulässig, sofern das System die Anforderungen der Absätze 3.5.1, 3.5.2 und 3.5.3 erfüllt.

- 3.5.1. Das ESC-System des Fahrzeugs muss bei jedem neuen Zündzyklus stets zu dem vom Hersteller voreingestellten, die Anforderungen der Absätze 2 und 3 erfüllenden Betriebsmodus zurückkehren, unabhängig vom Modus, den der Fahrer vorher gewählt hat. Das ESC-System des Fahrzeugs muss aber nicht bei jedem neuen Zündzyklus zu einem Betriebsmodus zurückkehren, der die Anforderungen der Absätze 3 bis 3.3 erfüllt,
- 3.5.1.1. wenn das Fahrzeug in einer vom Fahrer für langsame Geländefahrten gewählten Vierradantriebkonfiguration betrieben wird, wozu die Antriebsgetriebe an den Vorder- und Hinterachsen gleichzeitig sperren und eine zusätzliche Untersetzung zwischen der Motordrehzahl und der Fahrzeuggeschwindigkeit von mindestens 1,6 hergestellt wird, oder
 - 3.5.1.2. wenn das Fahrzeug in einer vom Fahrer gewählten Vierradantriebkonfiguration betrieben wird, die für schnellere Fahrten auf schneebedeckten, sandigen oder verschmutzten Straßen ausgelegt ist und bei der die Antriebsgetriebe an den Vorder- und Hinterachsen gleichzeitig sperren, unter der Voraussetzung, dass das Fahrzeug in diesem Betriebsmodus die Stabilitätsanforderungen der Absätze 3.1 und 3.2 unter den Prüfbedingungen des Absatzes 4 erfüllt. Wenn das System jedoch mehr als einen ESC-Betriebsmodus hat, der für die im vorigen Zündzyklus gewählte Antriebskonfiguration die Anforderungen der Absätze 3.1 und 3.2 erfüllt, muss das ESC bei jedem neuen Zündzyklus zu dem vom Hersteller für jene Antriebskonfiguration voreingestellten Betriebsmodus zurückkehren.

3.5.2. Eine Betätigungeinrichtung, deren einziger Zweck darin besteht, das ESC-System in einen Betriebsmodus zu versetzen, der die Leistungsanforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 nicht mehr erfüllt, muss den einschlägigen technischen Vorschriften der Regelung Nr. 121 entsprechen.

3.5.3. Eine Betätigungeinrichtung für ein ESC-System, deren Zweck darin besteht, das ESC-System in unterschiedliche Betriebsmodi zu versetzen, von denen mindestens einer möglicherweise die Leistungsanforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 nicht mehr erfüllt, muss den einschlägigen technischen Vorschriften der Regelung Nr. 121 entsprechen.

Alternativ dazu muss die Anzeigevorrichtung, wenn der Modus des ESC-Systems durch eine multifunktionale Betätigungeinrichtung eingestellt wird, dem Fahrer die Einstellposition für diesen Modus mit dem in der Regelung Nr. 121 definierten Symbol für „ESC-System Aus“ deutlich anzeigen.

3.5.4. Die Betätigungeinrichtung eines anderen Systems, das den Nebeneffekt hat, das ESC-System in einen Modus zu versetzen, der die Leistungsanforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 nicht mehr erfüllt, braucht nicht mit dem Symbol „ESC Off“ (ESC Aus) gemäß Absatz 3.5.2 gekennzeichnet werden.

3.6. Kontrollleuchte „ESC Off“

Wenn der Hersteller beschließt, eine Betätigungeinrichtung einzubauen, um das ESC-System gemäß Absatz 3.5 auszuschalten oder seine Leistung zu reduzieren, müssen die Anforderungen an die Kontrollleuchte gemäß den Absätzen 3.6.1 bis 3.6.4 erfüllt werden, um den Fahrer auf die gesperrte oder eingeschränkte Funktionalität des ESC-Systems hinzuweisen. Diese Anforderung gilt nicht für den vom Fahrer gewählten Betriebsmodus gemäß Absatz 3.5.1.2.

3.6.1. Der Fahrzeugherrsteller muss eine Kontrollleuchte vorsehen, welche kenntlich macht, dass das Fahrzeug in einen Modus versetzt worden ist, der die Einhaltung der Anforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 unmöglich macht, sofern ein derartiger Modus vorgesehen ist.

3.6.2. Die Kontrollleuchte „ESC Off“ muss

3.6.2.1. den einschlägigen technischen Vorschriften der Regelung Nr. 121 entsprechen;

3.6.2.2. ununterbrochen leuchten, solange sich das ESC in einem Modus befindet, der die Erfüllung der Anforderungen gemäß den Absätzen 3, 3.1, 3.2 und 3.3 verhindert;

3.6.2.3. — mit Ausnahme der in Absatz 3.6.3 und 3.6.4 genannten Fälle — zur Lampenprüfung aktiviert werden, wenn sich der Zündschlüssel bei nicht laufendem Motor in der Stellung „On/Ein“ befindet oder wenn sich der Zündschlüssel in einer Stellung zwischen „On/Ein“ („Run/Lauf“) und „Start“ befindet, die vom Hersteller als Prüfstellung bezeichnet wird;

3.6.2.4. erlöschen, wenn das ESC-System in den vom Hersteller voreingestellten Modus zurückversetzt worden ist.

3.6.3. Die Kontrolleinrichtung „ESC Off“ braucht nicht aktiviert zu werden, wenn ein Anlasssperrsystem (Starter Interlock) in Betrieb ist.

3.6.4. Die Anforderung des Absatzes 3.6.2.3. dieses Teils gilt nicht für Kontrollleuchten, die sich einer Mehrzweckanzeige (Common Space) bedienen.

3.6.5. Der Hersteller kann die Kontrolleinrichtung „ESC Off“ dafür einsetzen, um ein von der Modus-Voreinstellung des Herstellers abweichendes ESC-Funktionsniveau anzuzeigen, selbst wenn das Fahrzeug auf diesem Funktionsniveau die Anforderungen der Absätze 3, 3.1, 3.2 und 3.3 dieses Teils erfüllt.

3.7. Technische Dokumentation des ESC-Systems

Zusätzlich zu den Anforderungen des Anhangs 8 dieser Regelung muss die Dokumentation als Bestätigung der Ausstattung des Fahrzeugs mit einem ESC-System, das der Definition eines „ESC Systems“ im Sinne von Absatz 2.25 dieser Regelung entspricht, die Dokumentation des Fahrzeugherstellers gemäß den folgenden Absätzen 3.7.1 bis 3.7.4 enthalten.„

3.7.1. Systemdiagramm mit allen Komponenten des ESC-Systems. Das Diagramm muss die Komponenten kennzeichnen, die an der Erzeugung der Bremsmomente für jedes Rad beteiligt sind und die Angaben über die Gierrate des Fahrzeugs, den geschätzten Seitenschlupf oder die Seitenschlupfrate und die Lenkeingaben des Fahrers enthalten.

3.7.2. Kurzbeschreibung der wichtigsten Betriebseigenschaften des ESC-Systems. Die Kurzbeschreibung muss die Fähigkeit des Systems, Bremsmomente an jedem Rad wirksam werden zu lassen, und die Art, in der das System während der Aktivierung des ESC-Systems das Antriebsdrehmoment verändert, zusammenfassend darstellen; sie muss belegen, dass die Gierrate des Fahrzeugs direkt bestimmt wird, auch unter Bedingungen, in denen keine Informationen zur Radgeschwindigkeit verfügbar sind. Die Beschreibung muss auch den Geschwindigkeitsbereich des Fahrzeugs spezifizieren sowie die Fahrphasen (Beschleunigung, Verzögerung, Freilauf, während der Aktivierung des Antiblockiersystems oder der Antriebsschlupfregelung), in denen das ESC-System aktiv werden kann.

3.7.3. Ablaufdiagramm: Dieses Diagramm unterstützt die in Absatz 3.7.2 enthaltenen Erläuterungen.

3.7.4. Information zur Untersteuerung. Eine zusammenfassende Beschreibung der betreffenden Computereingaben, die die Hardware des ESC-Systems steuern, und ihrer Nutzung zur Begrenzung der Untersteuerung des Fahrzeugs.

4. PRÜFBEDINGUNGEN

4.1. Umgebungsbedingungen

4.1.1. Die Umgebungstemperatur liegt zwischen 0 °C und 45 °C.

4.1.2. Die höchste Windgeschwindigkeit übersteigt nicht 10 m/s für Fahrzeuge mit statischem Stabilitätsfaktor (SSF) > 1,25 und 5 m/s für Fahrzeuge mit SSF ≤ 1,25.

4.2. Belag der Prüfstrecke

4.2.1. Die Prüfungen werden auf einem trockenen, gleichmäßigen, befestigten Belag durchgeführt. Beläge mit Unregelmäßigkeiten und Bodenwellen wie Senken und große Risse sind ungeeignet.

4.2.2. Die Oberfläche der Prüfstrecke hat, sofern nicht anders spezifiziert, einen Nennwert ⁽¹⁾ des maximalen Bremskoeffizienten (PBC) von 0,9, der mit einem der zwei folgenden Verfahren gemessen wird:

4.2.2.1. der Prüfung gemäß der „American Society for Testing and Materials“ (ASTM) E1136 mit Standard-Referenzreifen gemäß der ASTM-Methode E1337-90 bei einer Geschwindigkeit von 40 mph oder

4.2.2.2. der in Anhang 6 Anlage 2 dieser Regelung spezifizierten k-Test-Methode.

4.2.3. Die Prüfstrecke hat eine gleichförmige Neigung zwischen Null und 1 Prozent.

4.3. Fahrzeugbedingungen

4.3.1. Das ESC-System ist für alle Prüfungen aktiviert.

⁽¹⁾ Der „Nennwert“ wird als theoretischer Zielwert verstanden.

- 4.3.2. Fahrzeugmasse: Das Fahrzeug ist beladen mit dem zu mindestens 90 Prozent seiner Kapazität betankten Kraftstofftank und einer gesamten inneren Zuladung von 168 kg, bestehend aus dem Gewicht des Testfahrers, ungefähr 59 kg Prüfgeräten (Lenkroboter, Datenerfassungssystem und Stromversorgung des Lenkroboters) sowie dem erforderlichen Ballast zum Auffüllen fehlenden Gewichts des Testfahrers und der Prüfgeräte. Wenn Ballast zugeladen werden muss, so ist er am Fußboden hinter dem Beifahrersitz oder erforderlichenfalls im vorderen Beifahrerfußraum unterzubringen. Jeglicher Ballast ist zu befestigen, dass er während der Prüffahrten nicht verrutscht.
- 4.3.3. Reifen: Die Reifen werden mit dem vom Fahrzeughersteller empfohlenen Kaltdruck befüllt, z. B. nach den Angaben des Aufklebers am Fahrzeug oder der Druckangabe am Reifen. Um einer Entwulstung der Reifen vorzubeugen, können Schläuche eingebaut werden.
- 4.3.4. Ausleger: Falls es für die Sicherheit des Fahrers für notwendig erachtet wird, können bei den Prüffahrten Ausleger eingesetzt werden. In diesem Fall gilt Folgendes für Fahrzeuge mit einem statischen Stabilitätsfaktor (SSF) $\leq 1,25$:
- 4.3.4.1. Fahrzeuge in fahrbereitem Zustand mit einer Masse von weniger als 1 588 kg sind mit Leichtgewicht-Auslegern auszustatten. Diese müssen mit einer maximalen Masse von 27 kg und einem maximalen Wankträgeheitsmoment von 27 kg m² ausgelegt sein.
- 4.3.4.2. Fahrzeuge in fahrbereitem Zustand mit einer Masse zwischen 1 588 kg und 2 722 kg sind mit Standard-Auslegern auszustatten, die mit einer maximalen Masse von 32 kg und für ein maximales Wankträgeheitsmoment von 35,9 kg m² ausgelegt sind.
- 4.3.4.3. Fahrzeuge mit einer Masse in fahrbereitem Zustand von 2 722 kg oder mehr müssen mit „Schwergewichts-Auslegern“ ausgestattet sein. Diese müssen mit einer maximalen Masse von 39 kg und für ein maximales Wankträgeheitsmoment von 40,7 kg m² ausgelegt sein.
- 4.3.5. Lenkroboter: Zur Durchführung der gemäß den Absätzen 5.5.2, 5.5.3, 5.6 und 5.9 erforderlichen Lenkmanöver wird ein Lenkroboter programmiert. Dieser Lenkroboter muss in der Lage sein, Lenkdrehmomente zwischen 40 und 60 Nm zu erzeugen und diese bei Lenkradgeschwindigkeiten von bis zu 1 200 Grad pro Sekunde anzuwenden.

5. PRÜFVERFAHREN

- 5.1. Die Reifen des Fahrzeugs müssen bis zu den kalten Druckwerten aufgepumpt werden, die vom Hersteller empfohlen werden, z. B. auf dem Aufkleber am Fahrzeug oder an der Beschriftung des Reifens.
- 5.2. Prüfung der Lampen der Kontrollleuchte. Bei stehendem Fahrzeug, mit dem Zündschloss in der Stellung „Lock/Sperre“ oder „Off/Aus“, wird die Zündung in die Stellung „On/Ein“ („Run/Lauf“) oder gegebenenfalls in die Stellung für Lampenprüfung geschaltet. Die Kontrollleuchte für ESC-Funktionsstörungen muss dann zur Prüfung der Lampenfunktion wie in Absatz 3.4.1.3 angegeben leuchten, und sofern vorhanden muss auch die Kontrollleuchte „ESC Off“ zur Prüfung der Lampenfunktion wie im Absatz 3.6.2.3 angegeben leuchten. Die Lampenprüfung der Kontrollleuchte ist gemäß den Absätzen 3.4.3 und 3.6.4 nicht erforderlich für eine Kontrollleuchte, die sich einer Mehrzweckanzeige (Common Space) bedient.
- 5.3. Prüfung der Betätigungsseinrichtung „ESC Off“. Für Fahrzeuge, die mit einer Betätigungsseinrichtung „ESC Off“ ausgestattet sind, wird bei ruhendem Fahrzeug mit dem Zündschloss in der Stellung „Lock/Sperre“ oder „Off/Aus“ die Zündung in die Stellung „On/Ein“ („Run/Lauf“) geschaltet. Dann wird die Betätigungsseinrichtung „ESC Off“ aktiviert und überprüft, dass die Kontrollleuchte „ESC Off“ wie in Absatz 3.6.2 angegeben leuchtet. Das Zündschloss wird in die Stellung „Lock/Gesperrt“ oder „Off/Aus“ gedreht. Dann wird das Zündschloss erneut in die Stellung „On/Ein“ („Run/Lauf“) gedreht und überprüft, dass die Kontrollleuchte „ESC Off“ erloschen ist und anzeigt, dass das ESC-System gemäß Absatz 3.5.1 wieder eingerichtet worden ist.

5.4. Vorbehandlung der Bremsen

Die Bremsen müssen gemäß den folgenden Absätzen 5.4.1 bis 5.4.4 vorbehandelt werden.

- 5.4.1. Es werden zehn Stopps von einer Geschwindigkeit von 56 km/h ausgeführt, mit einer mittleren Verzögerung von ungefähr 0,5 g.

- 5.4.2. Unmittelbar nach der Serie von zehn Stopps von 56 km/h aus, werden mit höherer Verzögerung drei zusätzliche Stopps von 72 km/h aus durchgeführt.
- 5.4.3. Beim Durchführen der Stopps gemäß Absatz 5.4.2 wird auf das Bremspedal hinreichend Kraft ausgeübt, um während des Großteils jeder Bremsdauer den automatischen Blockierverhinderer (ABV) des Fahrzeugs angesprochen zu halten.
- 5.4.4. Nach dem letzten Halt gemäß Absatz 5.4.2 wird das Fahrzeug fünf Minuten lang mit einer Geschwindigkeit von 72 km/h gefahren, um die Bremsen abzukühlen.

5.5. Vorbehandlung der Reifen

Die Reifen müssen nach dem Verfahren der Absätze 5.5.1 bis 5.5.3 vorbehandelt werden, um Schmutzschichten zu entfernen und unmittelbar vor dem Beginn der Prüffahrten nach den Absätzen 5.6 und 5.9 die Betriebstemperatur zu erreichen.

- 5.5.1. Das Prüffahrzeug wird in einem Kreis von etwa 30 Meter Durchmesser mit einer Geschwindigkeit gefahren, welche während drei Runden im Uhrzeigersinn, gefolgt von drei Runden gegen den Uhrzeigersinn, eine Seitenbeschleunigung von ungefähr 0,5 bis 0,6 g erzeugt.
- 5.5.2. Unter Anwendung eines sinusförmigen Lenkmusters mit einer Frequenz von 1 Hz, einer Spitzenamplitude des Lenkradwinkels entsprechend einer Spitzenseitenbeschleunigung von 0,5 bis 0,6 g und einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 56 km/h werden mit dem Fahrzeug vier Durchgänge gefahren, bei denen jeweils 10 Zyklen sinusförmiger Lenkbewegung durchgeführt werden.
- 5.5.3. Die Amplitude des Lenkradwinkels des letzten Zyklus des abschließenden Durchgangs muss doppelt so groß sein wie die der anderen Zyklen. Die höchstzulässige Zeit zwischen den Durchgängen und Zyklen beträgt fünf Minuten.

5.6. Slowly-Increasing-Steer-Manöver

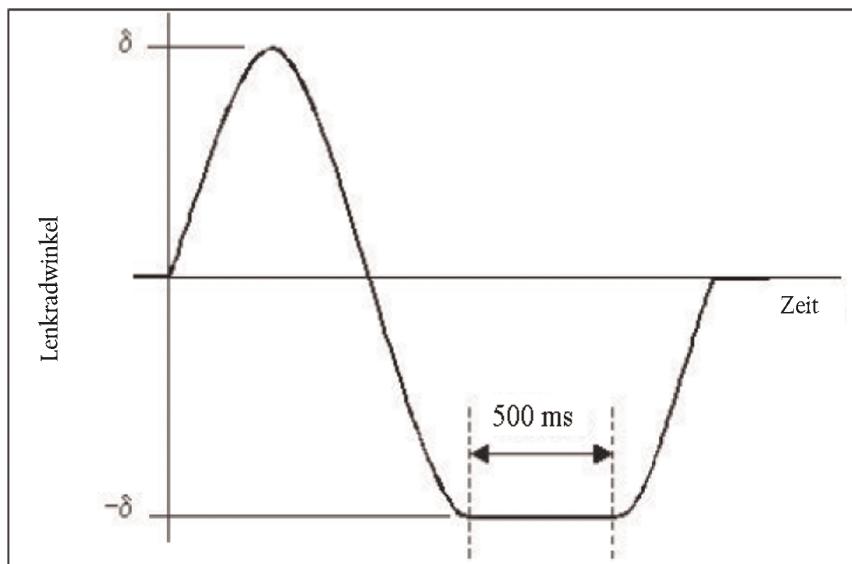
Das Fahrzeug wird zwei Durchgangsserien des Slowly-Increasing-Steer-Tests („Tests der langsam zunehmenden Lenkung“) unterzogen, bei denen mit konstanter Fahrzeuggeschwindigkeit von 80 ± 2 km/h ein Lenkmuster ausgeführt wird, das mit 13,5 Grad pro Sekunde ansteigt, bis eine Seitenbeschleunigung von ungefähr 0,5 g erreicht wird. Für jede Testserie werden drei Wiederholungen durchgeführt. In einer Serie wird gegen den Uhrzeigersinn gelenkt, in der anderen im Uhrzeigersinn. Die höchstzulässige Zeit zwischen den Testläufen beträgt fünf Minuten.

- 5.6.1. Mit den Slowly-Increasing-Steer-Tests wird die Größe A bestimmt. A ist der in Grad ausgedrückte Lenkradwinkel, der für das Testfahrzeug eine stetige Seitenbeschleunigung (nach Korrekturen gemäß der Methode des Absatzes 5.11.3) von 0,3 g erzeugt. Mit einer linearen Regression wird aus jedem der sechs Slowly-Increasing-Steer-Tests der Wert A auf 0,1 Grad genau berechnet. Der Absolutwert der sechs berechneten A-Werte wird gemittelt und auf 0,1 Grad genau gerundet, um den nachfolgend verwendeten Endwert A zu ergeben.
- 5.7. Nach der Bestimmung des Werts A wird ohne Reifenwechsel die Reifenvorbehandlung gemäß Absatz 5.5. unmittelbar vor der Durchführung des Sinus-Dwell-Tests gemäß Absatz 5.9 wiederholt. Der erste Sinus-Dwell-Test muss innerhalb von zwei Stunden nach Beendigung des Slowly-Increasing-Steer-Tests gemäß Absatz 5.6 beginnen.
- 5.8. Das ESC-System ist auf Freischaltung zu überprüfen, indem die Prüfer sich vergewissern, dass die Kontrollleuchte für ESC-Funktionsstörungen bzw. für „ESC Off“ (falls vorhanden) nicht leuchten.

5.9. Sinus-Dwell-Tests des Übersteuerungseingriffs und der Reaktionsfähigkeit

Das Fahrzeug wird zwei Serien von Testfahrten mit dem Lenkmuster einer Sinuswelle von 0,7 Hz und einem 500 ms langen Verweilen auf der zweiten Spitzenspitzenamplitude unterzogen, wie in Abbildung 2 gezeigt (der Sinus-Dwell-Test, auch „Sinus-Resonanzverweilen“ genannt). In einer Serie wird im ersten Halbzyklus gegen den Uhrzeigersinn gelenkt, in der anderen im ersten Halbzyklus im Uhrzeigersinn. Das Fahrzeug darf zwischen jedem Testlauf 1,5 bis 5 Minuten lang im Stillstand abkühlen.

Abbildung 2
Sinus-Dwell-Test



- 5.9.1. Die Lenkbewegung setzt ein, während sich das Fahrzeug hochtourig im Leerlauf mit 80 ± 2 km/h bewegt.
- 5.9.2. Die Lenkamplitude des ersten Durchlaufs jeder Serie beträgt 1,5 A, wobei A der gemäß Absatz 5.6.1 bestimmte Lenkradwinkel ist.
- 5.9.3. In jeder Serie von Testläufen wird die Lenkamplitude um 0,5 A von Lauf zu Lauf erhöht, wobei die Lenkamplitude in keinem Lauf die im Absatz 5.9.4 definierte Amplitude des Endlaufs überschreiten darf.
- 5.9.4. Die Lenkamplitude des Endlaufs jeder Serie ist der größere Wert von 6,5 A oder 270 Grad, vorausgesetzt, der berechnete Wert von 6,5 A ist kleiner oder gleich 300 Grad. Ergibt eine Steigerung um 0,5 A bis hin zu 6,5 A einen Wert über 300 Grad, so wird die Lenkamplitude des Endlaufs auf 300 Grad festgelegt.
- 5.9.5. Nach der Beendigung der zwei Serien von Prüfläufen erfolgt die Nachverarbeitung der Daten der Gierrate und Seitenbeschleunigung gemäß Absatz 5.11.
- 5.10. Feststellen einer ESC-Funktionsstörung
- 5.10.1. Es ist (ggf. mehrfach) eine ESC-Funktionsstörung zu simulieren, indem eine beliebige ESC-Komponente von der Spannungsversorgung getrennt wird, oder indem eine beliebige elektrische Verbindung zwischen ESC-Komponenten (bei ausgeschalteter Bordstromversorgung) getrennt wird. Bei der Simulierung einer ESC-Funktionsstörung dürfen die elektrischen Verbindungen der Lampen der Kontrollleuchten und/oder die optionalen Beleuchtungseinrichtungen des ESC-Systems nicht abgeschaltet werden.
- 5.10.2. Bei anfänglich stehendem Fahrzeug und dem Zündschlüssel in der Stellung „Lock/Sperre“ oder „Off/Aus“ wird der Zündschlüssel in die Stellung „Start“ gedreht und der Motor angelassen. Das Fahrzeug wird auf eine Geschwindigkeit von 48 ± 8 km/h gebracht. Spätestens 30 Sekunden nach dem Anlassen des Motors und innerhalb der folgenden zwei Minuten ist bei der besagten Geschwindigkeit mindestens je ein stetiges Drehmanöver nach links und nach rechts ohne Verlust der Richtungsstabilität und mit einmaliger Betätigung der Bremsen auszuführen. Es ist zu überprüfen, dass nach diesem Manöver die Anzeige der ESC-Funktionsstörung gemäß Absatz 3.4 aufleuchtet.
- 5.10.3. Das Fahrzeug wird angehalten und das Zündschloss in die Stellung „Off/Aus“ oder „Lock/Sperre“ geschaltet. Nach einem Zeitraum von fünf Minuten wird das Zündschloss des Fahrzeugs in die Stellung „Start“ gebracht und der Motor angelassen. Daraufhin ist erneut zu überprüfen, dass die Anzeige der ESC-Funktionsstörung wieder aufleuchtet, um eine Funktionsstörung anzuzeigen, und dass sie leuchtet, solange der Motor läuft oder bis der Fehler behoben worden ist.

- 5.10.4. Das Zündschloss wird in die Stellung „Off/Aus“ oder „Lock/Sperre“ geschaltet. Das ESC-System wird wieder in den normalen Betriebszustand gebracht, das Zündschloss in die Stellung „Start“ gedreht und der Motor angelassen. Das im Absatz 5.10.2. beschriebene Manöver wird wiederholt, und es wird überprüft, dass die Kontrollleuchte zu diesem Zeitpunkt oder unmittelbar darauf erloschen ist.
- 5.11. Nachverarbeitung der Daten — Berechnungen der Leistungskennzahlen
- Die Messungen und Berechnungen der Gierrate und der seitlichen Verlagerung müssen mit den Techniken der Absätze 5.11.1 bis 5.11.8 durchgeführt werden.
- 5.11.1. Die Rohdaten des Lenkradwinkels werden mit einem 12-poligen phasenlosen Butterworth-Filter und einer Grenzfrequenz von 10 Hz gefiltert. Die gefilterten Daten werden dann auf Null gesetzt, um den Sensor-Offset statischer Vor-Testdaten zu beseitigen.
- 5.11.2. Die Rohdaten der Gierrate werden mit einem 12-poligen phasenlosen Butterworth-Filter und einer Grenzfrequenz von 6 Hz gefiltert. Die gefilterten Daten werden dann auf Null gesetzt, um den Sensor-Offset statischer Vor-Testdaten zu beseitigen.
- 5.11.3. Die Rohdaten der Seitenbeschleunigung werden mit einem 12-poligen phasenlosen Butterworth-Filter und einer Grenzfrequenz von 6 Hz gefiltert. Die gefilterten Daten werden dann auf Null gesetzt, um den Sensor-Offset statischer Vor-Testdaten zu beseitigen. Die Daten der Seitenbeschleunigung des Fahrzeugschwerpunkts werden durch die Bereinigung um die Effekte des Wankens des Fahrzeugkörpers und durch die Korrektur um die Sensorposition mittels einer Koordinatentransformation bestimmt. Bei der Datenerfassung muss der Seitenbeschleunigungsmesser so nahe wie möglich an den longitudinalen und lateralen Schwerpunkten des Fahrzeugs angebracht werden.
- 5.11.4. Die Lenkradgeschwindigkeit wird durch Differenzierung der gefilterten Lenkradwinkeldaten bestimmt. Die Lenkradgeschwindigkeitsdaten werden dann mit einem laufenden Mittelwertsfilter von 0,1 Sekunden Länge gefiltert.
- 5.11.5. Die Datenkanäle für Seitenbeschleunigung, Gierrate und Lenkwinkel werden mit einem definierten „Nullsetzungsbereich“ (zeroingrange) auf Null gesetzt. Die zur Festlegung des Nullsetzungsbereichs angewandten Methoden sind in den Absätzen 5.11.5.1. und 5.11.5.2. definiert.
- 5.11.5.1. Anhand der nach dem Verfahren des Absatzes 5.11.4 berechneten Lenkradwinkeldaten wird der erste Zeitpunkt festgestellt, an dem die Lenkradwinkelgeschwindigkeit (steeringwheel rate) den Wert von 75 Grad/s überschreitet. Von diesem Moment an muss die Lenkradwinkelgeschwindigkeit mindestens 200 ms lang mindestens 75 Grad/s betragen. Wenn die zweite Bedingung nicht erfüllt wird, stellt man den nächsten Zeitpunkt fest, an dem die Lenkradwinkelgeschwindigkeit den Wert von 75 Grad/s überschreitet und wendet die 200-ms-Bedingung erneut an. Dieser iterative Prozess ist so oft zu wiederholen, bis beide Bedingungen erfüllt sind.
- 5.11.5.2. Der „Nullsetzungsbereich“ (zeroingrange) ist definiert als der 1,0 Sekunden lange Zeitraum, der dem Zeitpunkt vorausgeht, an dem die Lenkradwinkelgeschwindigkeit den Wert von 75 Grad/s überschreitet (d. h. der Zeitpunkt, an dem die Lenkradwinkelgeschwindigkeit den Wert von 75 Grad/s überschreitet, definiert das Ende des „Nullsetzungsbereichs“).
- 5.11.6. Als Beginn der Lenkbewegung (BeginningofSteer — BOS) wird der erste Zeitpunkt definiert, zu dem die gefilterten und auf Null gesetzten Lenkradwinkeldaten den Wert von -5 Grad (wenn die anfängliche Lenkeingabe gegen den Uhrzeigersinn gerichtet ist) oder + 5 Grad (wenn die anfängliche Lenkeingabe im Uhrzeigersinn gerichtet ist) erreichen, nach einer das Ende des „Nullsetzungsbereichs“ definierenden Zeit. Der Wert für den BOS-Zeitpunkt wird interpoliert.
- 5.11.7. Als Ende der Lenkbewegung (CompletionofSteer — COS) wird der Zeitpunkt definiert, zu dem der Lenkradwinkel nach Vollendung des Sinus-Dwell-Manövers zum Nullwert zurückkehrt. Der Wert für den COS-Zeitpunkt wird interpoliert.
- 5.11.8. Das zweite Gierratenmaximum (secondpeakyaw rate) ist definiert als der erste Höchstwert, der durch das Umschlagen des Lenkrads entsteht. Die Gierraten bei 1,0 und 1,75 Sekunden nach dem COS-Zeitpunkt werden durch Interpolation bestimmt.
- 5.11.9. Die Seitengeschwindigkeit wird durch Integration korrigierter, gefilterter und auf Null gesetzter Seitenbeschleunigungsdaten bestimmt. Die Seitengeschwindigkeit am BOS-Zeitpunkt ist auf Null zu setzen. Die seitliche Verlagerung wird durch Integration der auf Null gesetzten Seitengeschwindigkeit bestimmt. Die seitliche Verlagerung am BOS-Zeitpunkt ist auf Null zu setzen. Die Messung der seitlichen Verlagerung wird 1,07 Sekunden nach dem BOS-Zeitpunkt durchgeführt und durch Interpolation bestimmt.

TEIL B SPEZIELLE VORSCHRIFTEN FÜR BREMSASSISTENZSYSTEME (FALLS VORHANDEN)

1. ALLGEMEINES

Die folgenden Vorschriften gelten für Fahrzeuge, die mit den in Absatz 2.34 dieser Regelung definierten und in der Mitteilung in Anhang 1 Absatz 22 dieser Regelung angegebenen Bremsassistenzsystemen (BAS) ausgestattet sind.

Bremsassistenzsysteme fallen zusätzlich zu den in diesem Anhang enthaltenen Vorschriften auch unter sonstige, an anderer Stelle dieser Regelung enthaltene einschlägige Vorschriften.

Fahrzeuge mit BAS müssen zusätzlich zu den in diesem Anhang enthaltenen Vorschriften auch mit ABV gemäß Anhang 6 ausgestattet sein.

1.1. Allgemeine Leistungsmerkmale für BAS-Systeme der Kategorie A

Wurde durch relativ hohe Pedalkraft eine Notbremsung signalisiert, so muss die zusätzliche Pedalkraft zur Auslösung eines vollständigen Regelzyklus des ABV im Vergleich zu der bei nicht aktivem BAS notwendigen Pedalkraft herabgesetzt werden.

Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn die Anforderungen der Absätze 3.1 bis 3.3 dieses Teils erfüllt sind.

1.2. Allgemeine Leistungsmerkmale für BAS-Systeme der Kategorie B

Wurde eine Notbremsung zumindest durch sehr schnelles Betätigen des Bremspedals signalisiert, so muss das BAS den Druck erhöhen, um die größtmögliche Abbremsung zu erreichen oder einen vollständigen Regelzyklus des ABV auszulösen.

Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn die Anforderungen der Absätze 4.1 bis 4.3 dieses Teils erfüllt sind.

2. ALLGEMEINE PRÜFVORSCHRIFTEN

2.1. Variablen

Bei der Durchführung der in Teil B dieses Anhangs beschriebenen Prüfungen sind die folgenden Variablen zu messen:

2.1.1. die Bremspedalkraft F_p ,

2.1.2. die Geschwindigkeit des Fahrzeugs v_x ,

2.1.3. die Verzögerung des Fahrzeugs a_x ,

2.1.4. die Temperatur der Bremsen T_d ,

2.1.5. gegebenenfalls der Bremsdruck P ,

2.1.6. die Bremspedalgeschwindigkeit v_p , gemessen in der Mitte der Bremspedalfläche oder an einer Stelle des Pedalmechanismus, an der die zurückgelegte Entfernung sich proportional zu der von der Mitte der Bremspedalfläche zurückgelegten Entfernung verhält und so eine einfache Kalibrierung der Messung ermöglicht.

2.2. Messeinrichtungen

2.2.1. Die Variablen in Absatz 2.1 dieses Teils sind durch geeignete Messwertaufnehmer zu messen. Angaben zu Messgenauigkeit, Messbereichen, Filtertechniken, Datenverarbeitung und anderen Anforderungen finden sich in der Norm ISO 15037-1: 2006.

- 2.2.2. Die Messung der Pedalkraft und der Bremsscheibentemperatur hat mit folgender Genauigkeit zu erfolgen:

Variablenbereichssystem	Typischer Messbereich der Messwertaufnehmer	Empfohlener maximaler Erfassungsfehler
Pedalkraft	0 bis 2 000 N	± 10 N
Bremstemperatur	0-1 000 °C	± 5 °C
Bremsdruck (*)	0-20 MPa (*)	± 100 kPa (*)

(*) Gemäß Absatz 3.2.5.

- 2.2.3. Anlage 5 dieses Anhangs enthält weitere Angaben zur analogen und digitalen Datenverarbeitung der BAS-Prüfungsverfahren. Die Datenabtastfrequenz muss mindestens 500 Hz betragen.

- 2.2.4. Die Anwendung anderer Messmethoden als der in Absatz 2.2.3 genannten kann gestattet werden, sofern sie erwiesenermaßen eine zumindest gleichwertige Messgenauigkeit aufweisen.

2.3. Prüfbedingungen

- 2.3.1. Beladungsbedingungen für das Testfahrzeug: Das Fahrzeug muss unbeladen sein. Neben dem Fahrer darf sich noch eine zweite Person auf einem vorderen Sitz befinden, um die Prüfergebnisse aufzunehmen.

- 2.3.2. Die Bremsprüfungen sind auf einer Fahrbahn mit trockener griffiger Oberfläche durchzuführen.

2.4. Prüfverfahren

- 2.4.1. Die in den Absätzen 3 und 4 dieses Teils beschriebenen Prüfungen sind bei einer Prüfgeschwindigkeit von 100 ± 2 km/h durchzuführen. Das Fahrzeug muss mit Prüfgeschwindigkeit geradeaus fahren.

- 2.4.2. Die Durchschnittstemperatur der Bremsen muss den Anforderungen von Anhang 3 Absatz 1.4.1.1 genügen.

- 2.4.3. Als Bezugszeit t_0 gilt bei dieser Prüfung der Moment, in dem die Bremspedalkraft 20 N erreicht.

Hinweis: Bei Fahrzeugen, deren Bremssystem durch eine Energiequelle unterstützt wird, hängt die aufzubringende Pedalkraft vom Energieniveau in der Energiespeicherungseinrichtung ab. Es ist daher vor Beginn der Prüfung für einen ausreichenden Energievorrat zu sorgen.

3. BEURTEILUNG DES VORLIEGENS EINES BAS DER KATEGORIE A

Ein BAS der Kategorie A muss die Prüfungsanforderungen der Absätze 3.1 und 3.2 erfüllen.

3.1. Prüfung 1: Bezugsprüfung zur Bestimmung von F_{ABS} und a_{ABS}

- 3.1.1. Die Referenzwerte F_{ABS} und a_{ABS} sind nach dem in Anlage 4 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

3.2. Prüfung 2: Aktivierung des BAS

- 3.2.1. Nach Erkennen einer Notbremsung muss bei Systemen, die auf die Pedalkraft ansprechen, Folgendes feststellbar sein:

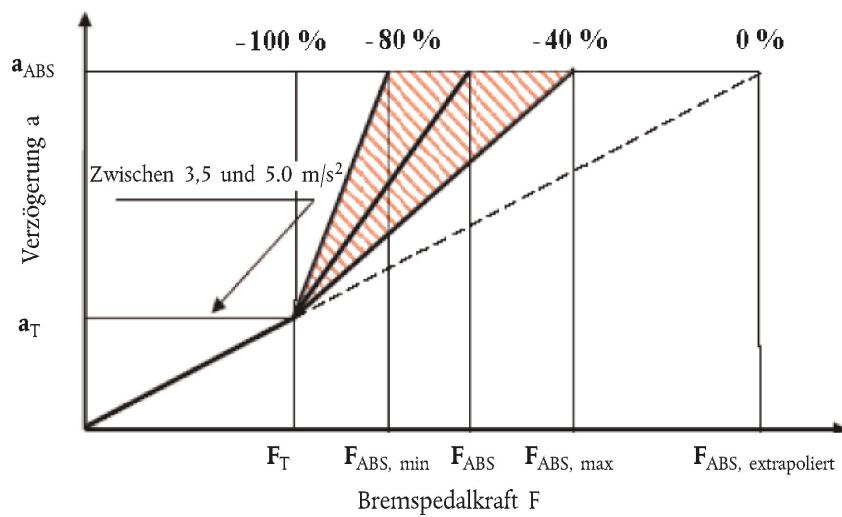
- ein im Verhältnis zur Pedalkraft deutlich erhöhter Druck in der Bremsleitung (vorbehaltlich Zulässigkeit nach Absatz 3.2.5) oder
- eine im Verhältnis zur Pedalkraft deutlich erhöhte Verzögerung des Fahrzeugs.

3.2.2. Die Leistungsanforderungen an ein BAS der Kategorie A gelten als erfüllt, wenn eine spezifische Bremscharakteristik bestimmt werden kann, bei der die für $(F_{ABS} - F_T)$ erforderliche Pedalkraft um 40 % bis 80 % geringer ist als bei $(F_{ABS,extrapoliert} - F_T)$.

3.2.3. F_T und a_T sind Schwellenwerte für Kraft und Verzögerung (siehe Abbildung 1a). Die Werte für F_T und a_T sind dem technischen Dienst bei der Beantragung der Typgenehmigung mitzuteilen. Der a_T -Wert muss zwischen $3,5 \text{ m/s}^2$ und $5,0 \text{ m/s}^2$ betragen.

Abbildung 1a

Charakteristische Pedalkraft, die für die maximale Verzögerung mit einem BAS der Kategorie A erforderlich ist



3.2.4. Ausgehend vom Koordinatenursprung ist eine gerade Linie durch den Punkt F_T, a_T zu ziehen (siehe Abbildung 1a). Der Wert für die Pedalkraft F am Schnittpunkt zwischen dieser Linie und einer mittels der Formel $a = a_{ABS}$ bestimmten waagrechten Linie wird als $F_{ABS,extrapoliert}$ definiert:

$$F_{ABS,extrapoliert} = \frac{F_T \cdot a_{ABS}}{a_T}$$

3.2.5. Bei Fahrzeugen der Klasse N_1 mit einer Höchstmasse von mehr als 2 500 kg oder bei Fahrzeugen der Klasse M_1 , die von solchen Fahrzeugen der Klasse N_1 abgeleitet sind, kann sich der Hersteller alternativ dafür entscheiden, die Pedalkraftwerte für F_T , $F_{ABS,min}$, $F_{ABS,max}$ und $F_{ABS,extrapoliert}$ vom charakteristischen Ansprechdruck in der Bremsleitung anstatt von der charakteristischen Verzögerung des Fahrzeugs abzuleiten. Die Messung erfolgt bei steigender Pedalkraft.

3.2.5.1. Der Druck, bei dem der Regelzyklus des ABV beginnt, ist durch fünf Prüfungen mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $100 \pm 2 \text{ km/h}$ zu bestimmen, bei denen das Bremspedal bis zum Ansprechen des ABV betätigt und dann der entsprechende Druckwert gemäß der Aufzeichnung des Drucks an den Vorderrädern aufgezeichnet wird; anschließend ist daraus der Durchschnittswert P_{ABS} zu ermitteln.

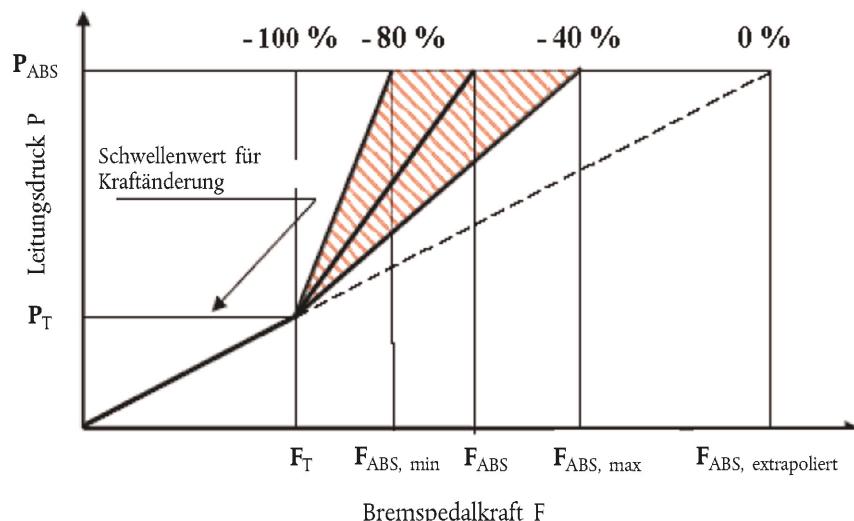
3.2.5.2. Der Ansprechdruck P_T ist vom Hersteller anzugeben; er muss einer Verzögerung im Bereich von $2,5$ bis $4,5 \text{ m/s}^2$ entsprechen.

3.2.5.3. Abbildung 1b ist wie unter Absatz 3.2.4 beschrieben zu konstruieren, zur Bestimmung der in Absatz 3.2.5 genannten Parameter sind jedoch Messungen des Drucks in der Bremsleitung zu verwenden; dabei ist:

$$F_{ABS,extrapoliert} = \frac{F_T \cdot P_{ABS}}{P_T}$$

Abbildung 1b

Charakteristische Pedalkraft, die für die maximale Verzögerung mit einem BAS der Kategorie A erforderlich ist



3.3. Datenauswertung

Das Vorliegen eines BAS der Kategorie A gilt als erwiesen, wenn:

$$F_{ABS,\min} \leq F_{ABS} \leq F_{ABS,\max}$$

Dabei sind:

$$F_{ABS,\max} - F_T \leq (F_{ABS,\text{extrapoliert}} - F_T) \cdot 0,6$$

und

$$F_{ABS,\min} - F_T \geq (F_{ABS,\text{extrapoliert}} - F_T) \cdot 0,2.$$

4. BEURTEILUNG DES VORLIEGENS EINES BAS DER KATEGORIE B

Ein BAS der Kategorie B muss die Prüfungsanforderungen der Absätze 4.1 und 4.2 dieses Teils erfüllen.

4.1. Prüfung 1: Bezugsprüfung zur Bestimmung von F_{ABS} und a_{ABS}

4.1.1. Die Referenzwerte F_{ABS} und a_{ABS} sind nach dem in Anlage 4 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

4.2. Prüfung 2: Aktivierung des BAS

Das Fahrzeug muss mit der in Absatz 2.4 dieses Teils genannten Prüfgeschwindigkeit geradeaus fahren. Der Fahrer muss das Bremspedal entsprechend der Abbildung 2 rasch niedertreten, um eine Notbremsung zu simulieren, durch die der BAS aktiviert und ein vollständiger Regelzyklus des ABV ausgelöst wird.

Zur Aktivierung des BAS ist das Bremspedal gemäß den Angaben des Fahrzeugherstellers zu betätigen. Der Hersteller muss dem technischen Dienst bei der Beantragung der Typgenehmigung mitteilen, welche Pedalkraft notwendig ist. Dem technischen Dienst ist der zufriedenstellende Nachweis zu erbringen, dass der BAS unter den vom Hersteller beschriebenen Bedingungen gemäß Anhang 1 Absatz 22.1.2 anspricht.

Nachdem $t = t_0 + 0,8$ s und bis das Fahrzeug auf eine Geschwindigkeit von 15 km/h abgebremst ist, muss die Pedalkraft zwischen dem oberen Wert $F_{ABS,\text{oben}}$ und dem unteren Wert $F_{ABS,\text{unten}}$ liegen, wobei der obere Wert $F_{ABS,\text{oben}}$ gleich 0,7 F_{ABS} und der untere Wert $F_{ABS,\text{unten}}$ gleich 0,5 F_{ABS} beträgt.

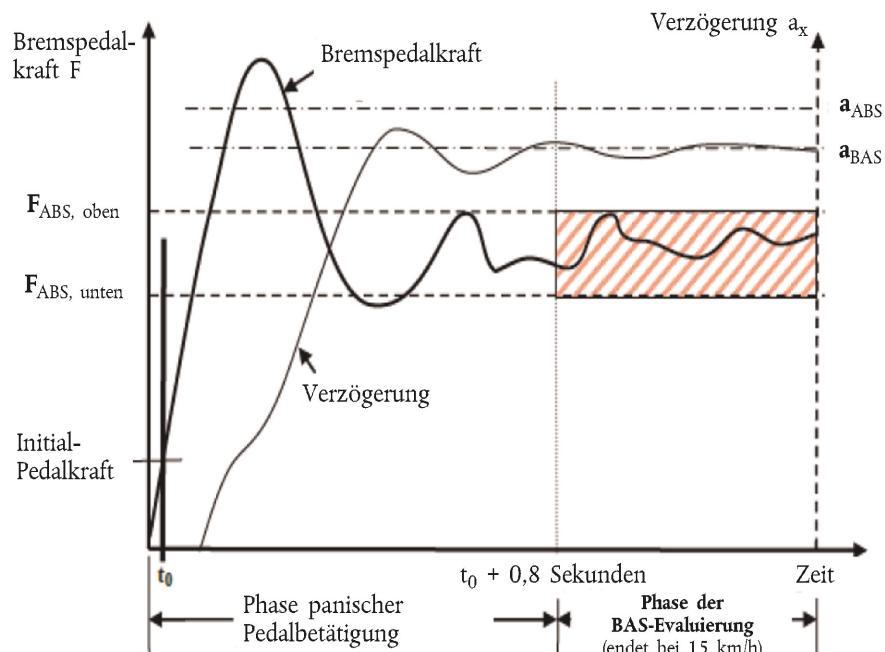
Sofern die Anforderung unter Absatz 4.3 erfüllt ist, gelten die Anforderungen auch dann als erfüllt, wenn die Pedalkraft unter $F_{ABS,\text{unten}}$ sinkt, nachdem $t = t_0 + 0,8$ s.

4.3. Datenauswertung

Das Vorliegen eines BAS der Kategorie B gilt als erwiesen, wenn zwischen dem Zeitpunkt, an dem $t = t_0 + 0,8$ s und dem Zeitpunkt, an dem das Fahrzeug bis auf 15 km/h abgebremst ist, eine mittlere Verzögerung (a_{BAS}) von mindestens 0,85 a_{ABS} aufrechterhalten wird.

Abbildung 2

Beispiel für die Prüfung 2 bei einem BAS-System der Kategorie B



Anlage 1**Nutzung der fahrdynamischen Stabilisierungssimulation**

Die Wirksamkeit des elektronischen Fahrdynamikregelsystems kann durch Computersimulation ermittelt werden.

1. NUTZUNG DER SIMULATION

- 1.1. Die Fahrzeugstabilisierungsfunktion ist vom Fahrzeughersteller der Typgenehmigungsbehörde oder dem technischen Dienst durch eine Simulation der in Anhang 9 Absatz 5.9 enthaltenen fahrdynamischen Manöver nachzuweisen.
- 1.2. Die Simulation muss es erlauben, die Wirkung der Fahrzeugstabilisierungsfunktion anhand folgender Kriterien nachzuweisen:
 - a) Gierrate eine Sekunde nach Beendigung der Sinus-Dwell-Lenkeingabe (Zeit $T_0 + 1$),
 - b) Gierrate 1,75 Sekunden nach Beendigung der Sinus-Dwell-Lenkeingabe,
 - c) seitliche Verschiebung des Fahrzeugschwerpunkts in Bezug auf seinen anfänglichen Geradeauskurs.
- 1.3. Die Simulation erfolgt mit einem validierten Modellierungs- und Simulationsinstrument; dabei sind die in Anhang 9 Teil A Absatz 5.9 genannten fahrdynamischen Manöver unter den Prüfbedingungen von Anhang 9 Absatz 4 durchzuführen.

Anlage 2 dieses Anhangs enthält das Verfahren, nach dem das Simulationsinstrument zu validieren ist.

Anlage 2**Instrument für die fahrdynamische Stabilisierungssimulation und seine Validierung****1. BESCHREIBUNG DES SIMULATIONSINSTRUMENTS**

1.1. Das Simulationsverfahren muss die wichtigsten Faktoren berücksichtigen, die die Richtungs- und Wankbewegung des Fahrzeugs beeinflussen. Ein typisches Modell könnte in expliziter oder impliziter Form die folgenden Fahrzeug-Parameter enthalten:

- a) Achse/Rad,
- b) Aufhängung,
- c) Reifen,
- d) Fahrgestell/Fahrzeugaufbau,
- e) Antrieb/Antriebsstrang (falls zutreffend),
- f) Bremssystem,
- g) Nutzlast.

1.2. Die Fahrzeugstabilisierungsfunktion ist wie folgt in das Simulationsmodell zu übernehmen:

- a) als Teilsystem (Software-Modell) des Simulationsinstruments oder
- b) als Teil des elektronischen Steuergeräts mit Hardware-in-the-Loop-Konfiguration.

2. VALIDIERUNG DES SIMULATIONSINSTRUMENTS

2.1. Die Validität des verwendeten Modellierungs- und Simulationsinstruments ist durch Vergleiche mit praktischen Fahrzeugprüfungen zu überprüfen. Für die Validierungsprüfungen sind die in Anhang 9 Teil A Absatz 5.9 enthaltenen fahrdynamischen Manöver durchzuführen.

Während der Prüfungen sind die nachstehenden Bewegungsvariablen (soweit zutreffend) nach den Vorschriften der Norm ISO 15037 Teil 1:2005: Allgemeine Prüfungsbedingungen für Personenkraftwagen oder Teil 2:2002: Allgemeine Prüfungsbedingungen für Nutzfahrzeuge und Omnibusse (je nach Fahrzeugklasse) aufzuzeichnen oder zu berechnen:

- a) Lenkradwinkel (δH),
- b) Geschwindigkeit in Längsrichtung ($v X$),
- c) Schleuderwinkel (β) oder Quergeschwindigkeit ($v Y$) (wahlweise),
- d) Längsbeschleunigung ($a X$) (wahlweise),
- e) Querbeschleunigung ($a Y$),
- f) Gierrate ($d\psi/dt$),
- g) Wankgeschwindigkeit ($d\Phi/dt$),
- h) Nickgeschwindigkeit ($d\vartheta/dt$),
- i) Wankwinkel (Φ),
- j) Nickwinkel (ϑ).

-
- 2.2. Es soll gezeigt werden, dass das simulierte Fahrzeugverhalten und der simulierte Betrieb der Fahrzeugstabilisierungsfunktion mit Beobachtungen bei praktischen Fahrzeugprüfungen vergleichbar sind.
 - 2.3. Der Simulator gilt als validiert, wenn seine Ergebnisse mit den praktischen Prüfungsergebnissen vergleichbar sind, die während der fahrdynamischen Manöver gemäß Anhang 9 Teil A Absatz 5.9 mit einem bestimmten Fahrzeugtyp erzielt wurden. Der Vergleich wird anhand des Verhältnisses von Aktivierung und Reihenfolge der Fahrzeugstabilisierungsfunktion bei der Simulation und den praktischen Fahrzeugprüfungen durchgeführt.
 - 2.4. Die physikalischen Parameter, die bei dem Bezugsfahrzeug und den simulierten Fahrzeugkonfigurationen unterschiedlich sind, sind bei der Simulation entsprechend zu ändern.
 - 2.5. Ein Simulator-Prüfbericht ist gemäß dem Muster in Anlage 3 dieses Anhangs zu erstellen und dem Genehmigungsbericht in einfacher Kopie beizufügen.
-

Anlage 3

Prüfbericht über das Simulationsinstrument für die Fahrzeugstabilisierungsfunktion

Prüfprotokollnummer:

1. Typ-Identifizierung
 - 1.1. Name und Anschrift des Herstellers des Simulationsinstruments
 - 1.2. Identifizierung des Simulationsinstruments: Name/Modell/Nummer (Hardware und Software)
2. Anwendungsbereich
 - 2.1. Fahrzeugtyp:
 - 2.2. Fahrzeugkonfigurationen:
3. Fahrzeugprüfung
 - 3.1. Beschreibung der Fahrzeuge:
 - 3.1.1. Identifizierung der Fahrzeuge: Fabrikat/Modell/Fahrzeug-Identifizierungsnummer
 - 3.1.2. Beschreibung des Fahrzeugs einschließlich Aufhängung/Räder, Motor und Kraftübertragung, Bremsysteme, Steuersystem, Bezeichnung/Modell/Identifizierungsnummer:
 - 3.1.3. Bei der Simulation verwendete Fahrzeugdaten (explizit):
- 3.2. Beschreibung der Prüforte, der Straßen-/Prüfgeländebedingungen, Angabe von Temperatur und Daten:
- 3.3. Ergebnisse mit ein- und ausgeschalteter Fahrzeugstabilisierungsfunktion ggf. einschließlich der in Anhang 9 Anlage 2 Absatz 2.1 genannten Bewegungsgrößen:
4. Simulationsergebnisse
 - 4.1. Fahrzeug-Parameter und die in der Simulation verwendeten Werte, die nicht vom Prüffahrzeug stammen (implizit):
 - 4.2. Gierstabilität und seitliche Verschiebung gemäß Anhang 9 Teil A Absätze 3.1 bis 3.3:
5. Die Durchführung dieser Prüfung und die Angabe der Ergebnisse erfolgten nach der Regelung Nr. 13-H Anhang 9 Anlage 2 in der zuletzt durch Ergänzung 7 geänderten Fassung.

Name des die Prüfung durchführenden technischen Dienstes ⁽¹⁾

Unterschrift: Datum:

Genehmigungsbehörde ⁽¹⁾

Unterschrift: Datum:

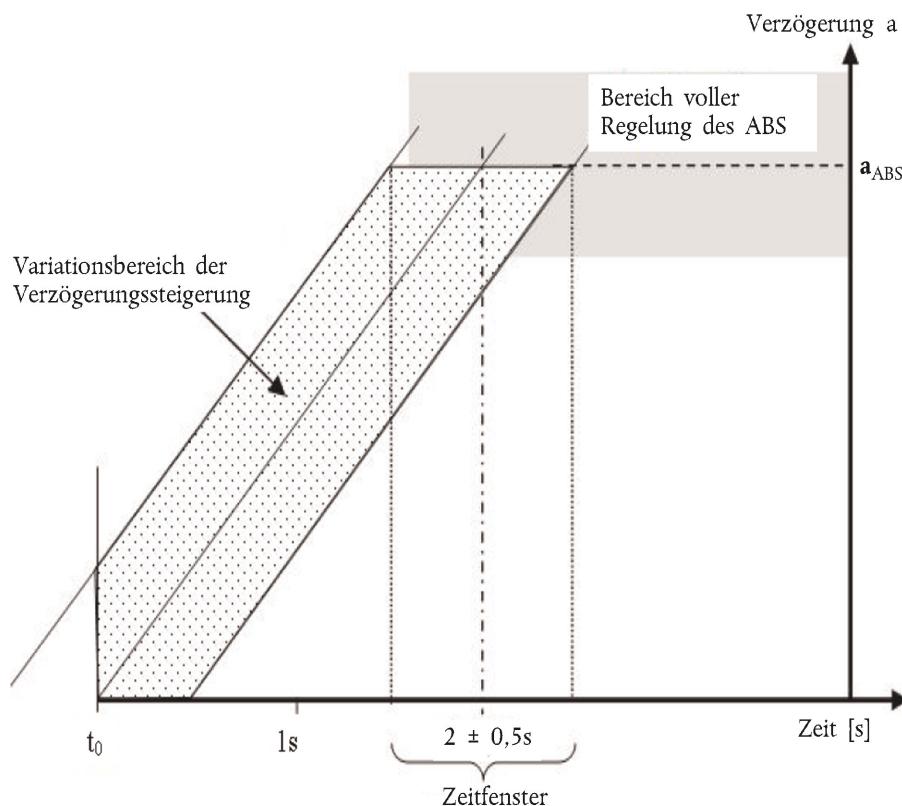
⁽¹⁾ Von unterschiedlichen Personen zu unterschreiben, falls der technische Dienst und die Genehmigungsbehörde identisch sind.

Anlage 4

Methode zur Bestimmung von F_{ABS} und a_{ABS}

- 1.1. Die Bremspedalkraft F_{ABS} ist die Pedalkraft, die bei einem bestimmten Fahrzeug mindestens aufzubringen ist, um die größtmögliche Verzögerung zu erreichen, welche die Auslösung eines vollen Regelzyklus des ABV anzeigt. a_{ABS} ist die Verzögerung für ein bestimmtes Fahrzeug während der ABV-Verzögerung gemäß Absatz 1.7.
- 1.2. Das Bremspedal ist langsam (bei Systemen der Kategorien B ohne Aktivierung des Bremsassistenzsystems) zu betätigen und die Verzögerung kontinuierlich zu steigern, bis ein vollständiger Regelzyklus des ABV ausgelöst wird (Abbildung 3).
- 1.3. Die volle Verzögerung muss innerhalb von $2,0 \pm 0,5$ s erreicht werden. Die über die Zeit aufgezeichnete Verzögerungskurve muss in einem Bereich von $\pm 0,5$ s um die Mittellinie des Verzögerungskurvenbereichs liegen. Das Beispiel in Abbildung 3 hat seinen Ursprung zum Zeitpunkt t_0 und kreuzt die a_{ABS} -Linie bei zwei Sekunden. Ist die volle Verzögerung erreicht, so ist das Bremspedal niederzutreten, so dass das ABV weiterhin voll regelt. Der Zeitpunkt der vollen Aktivierung des ABV-Systems wird als der Zeitpunkt definiert, zu dem die Pedalkraft F_{ABS} erreicht wird. Die Messung muss innerhalb des Variationsbereichs der Verzögerungssteigerung liegen (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3
Verzögerungsbereich zur Bestimmung von F_{ABS} und a_{ABS}



- 1.4. Es sind fünf Prüfungen durchzuführen, die die Anforderungen von Absatz 1.3 erfüllen müssen. Bei jedem gültigen Test ist die Verzögerung des Fahrzeugs als Funktion der aufgezeichneten Bremspedalkraft einzutragen. Nur Daten, die bei Geschwindigkeiten über 15 km/h aufgezeichnet wurden, sind für die in den folgenden Absätzen beschriebenen Berechnungen zu verwenden.
- 1.5. Zur Bestimmung von a_{ABS} und F_{ABS} ist für die Verzögerung des Fahrzeugs sowie für die Pedalkraft ein 2-Hz-Tiefpassfilter zu verwenden.

-
- 1.6. Aus den fünf individuellen Kurven „Verzögerung gegen Bremspedalkraft“ wird durch Berechnung der mittleren Verzögerung der fünf Kurven ein Durchschnitt gebildet, wobei die Pedalkraft in 1-N-Schritten zu steigern ist. Das Ergebnis ist die Kurve der mittleren Verzögerung im Vergleich zur Bremspedalkraft, die in dieser Anlage als die „maF-Kurve“ bezeichnet wird.
 - 1.7. Der Höchstwert für die Verzögerung des Fahrzeugs wird mittels der maF-Kurve bestimmt und als „ a_{\max} “ bezeichnet.
 - 1.8. Aus allen Werten der „maF-Kurve“, die mehr als 90 Prozent dieses Verzögerungswertes a_{\max} erreichen, wird ein Durchschnitt gebildet. Dieser Wert von „ a “ ist die Verzögerung a_{ABS} , auf die in diesem Anhang Bezug genommen wird.
 - 1.9. Die Mindestpedalkraft (F_{ABS}), die ausreicht, um die Verzögerung a_{ABS} zu erreichen, wird als der Wert von F definiert, der auf der maF-Kurve $a = a_{ABS}$ entspricht.
-

Anlage 5

Datenverarbeitung für das BAS
(siehe Anhang 9 Teil B Absatz 2.2.3)

1. ANALOGE DATENVERARBEITUNG

Die Bandbreite des gesamten kombinierten Messwertaufnehmer/Schreiber-Systems darf nicht weniger als 30 Hz betragen.

Zur notwendigen Filterung der Signale sind Tiefpassfilter der vierten oder einer höheren Ordnung zu verwenden. Die Durchlassbreite (von 0 Hz bis zur Frequenz f_o bei -3 dB) darf nicht unter 30 Hz betragen. Bei der Amplitude muss die Abweichung im maßgeblichen Frequenzbereich von 0 bis 30 Hz unter $\pm 0,5\%$ betragen. Alle analogen Signale sind mit Filtern zu verarbeiten, deren Phaseneigenschaften ausreichend ähnlich sind, um zu gewährleisten, dass die Unterschiede bei der Zeitverzögerung aufgrund der Filterung im Rahmen der für Zeitmessungen erforderlichen Genauigkeit liegen.

Hinweis: Bei der analogen Filterung von Signalen mit unterschiedlichem Frequenzgehalt können Phasenverschiebungen auftreten. Daher ist eine Datenverarbeitungsmethode wie unter Absatz 2 beschrieben vorzuziehen.

2. DIGITALE DATENVERARBEITUNG

2.1. Allgemeine Bemerkungen

Bei der Erstellung analoger Signale ist zur Vermeidung von Aliasingeffekten, Nacheilung und Zeitverzögerung auf die Amplitudendämpfung des Filters und die Datenabtastrate zu achten. Zur besseren Abtastung und Digitalisierung sowie zur Minimierung von Digitalisierungsfehlern ist eine Signalverstärkung vor der Abtastung erforderlich; es ist auf die Bitzahl pro Abtastwert, die Zahl der Abtastwerte pro Zyklus, auf Abtast-Halte-Verstärker und die zeitliche Staffelung der Abtastung zu achten. Zur zusätzlichen phasenlosen digitalen Filterung sind Durchlassbänder und Stoppbänder sowie deren Dämpfung und zulässige Welligkeit zu wählen und Filter-Phasenverzögerungen zu berichtigen. Alle diese Faktoren sind zu berücksichtigen, um insgesamt eine relative Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ bei der Datenerfassung zu erreichen.

2.2. Aliasingeffekte

Zur Vermeidung von nicht korrigierbaren Aliasingeffekten sind die analogen Signale vor der Abtastung und Digitalisierung in geeigneter Weise zu filtern. Bei der Wahl der Reihenfolge der verwendeten Filter und ihrer Durchlassbreite ist sowohl der erforderliche Verstärkungsverlauf im maßgeblichen Frequenzbereich als auch die Datenabtastrate zu berücksichtigen.

Aufgrund der Filtereigenschaften und der Datenabtastrate muss zumindest gewährleistet sein, dass

- a) im maßgeblichen Frequenzbereich von 0 Hz bis $f_{max} = 30$ Hz die Dämpfung geringer ist als die Auflösung des Datenerfassungssystems und
- b) bei der halben Datenabtastrate (d. h. der Nyquistfrequenz) der Betrag aller Frequenzkomponenten von Signal und Rauschen so weit verringert wird, dass er unter der Systemauflösung liegt.

Für eine Auflösung von 0,05 % soll die Filterdämpfung im Frequenzbereich zwischen 0 und 30 Hz unter 0,05 % und bei allen Frequenzen oberhalb der halben Abtastfrequenz über 99,95 % liegen.

Hinweis: Für einen Butterworth-Filter wird die Dämpfung folgendermaßen berechnet:

$$A^2 = \frac{1}{1 + [f_{max}/f_0]^{2n}} \quad \text{und} \quad A^2 = \frac{1}{1 + [f_N/f_0]^{2n}}$$

Dabei ist

n der Filterbefehl,

f_{max} der maßgebliche Frequenzbereich (30 Hz),

f_o die Grenzfrequenz des Filters,

f_N die Nyquistfrequenz.

Für einen Filter der vierten Ordnung gilt

bei $A = 0,9995$: $f_o = 2,37 \cdot f_{max}$,

bei $A = 0,0005$: $f_s = 2 \cdot (6,69 \cdot f_o)$, dabei ist f_s , die Abtastfrequenz = $2 \cdot f_N$.

2.3. Phasenverschiebungen durch Filter und Zeitverzögerungen durch das Filtern zur Verhütung von Aliasing-Effekten

Übermäßiges analoges Filtern ist zu vermeiden, und alle Filter müssen ausreichend ähnliche Phaseneigenschaften aufweisen, um zu gewährleisten, dass die Unterschiede bei der Zeitverzögerung im Rahmen der für Zeitmessungen erforderlichen Genauigkeit liegen. Phasenverschiebungen sind von besonderer Bedeutung, wenn die gemessenen Variablen zur Bildung neuer Variablen miteinander multipliziert werden, denn bei der Multiplikation von Amplituden addieren sich Phasenverschiebungen und die damit verbundenen zeitlichen Verzögerungen. Phasenverschiebungen und Zeitverzögerungen werden durch Erhöhung von f_o reduziert. Soweit Gleichungen zur Beschreibung der vor der Abtastung verwendeten Filter bekannt sind, sind Phasenverschiebungen und Zeitverzögerungen durch einfache Algorithmenanwendung im Frequenzbereich zu eliminieren.

Hinweis: Im Frequenzbereich, in dem die Filteramplitude flach bleibt, kann die Phasenverschiebung Φ eines Butterworth-Filters näherungsweise folgendermaßen bestimmt werden:

$\Phi = 81 \cdot (f/f_o)$ Grad für die zweite Ordnung,

$\Phi = 150 \cdot (f/f_o)$ Grad für die vierte Ordnung,

$\Phi = 294 \cdot (f/f_o)$ Grad für die achte Ordnung.

Die Zeitverzögerung für alle Filterordnungen ist: $t = (\Phi/360) \cdot (1/f_o)$.

2.4. Datenerfassung und -digitalisierung

Bei 30 Hz ändert sich die Signalamplitude um bis zu 18 % pro Millisekunde. Um Dynamikeffekte durch wechselnde analoge Eingaben auf 0,1 % zu begrenzen, muss die Erfassungs- und Digitalisierungszeit weniger als 32 μ s betragen. Alle zu vergleichenden Datenpaare oder -sätze sind gleichzeitig oder innerhalb einer ausreichend kurzen Zeit zu erfassen.

2.5. Systemanforderungen

Das Datenverarbeitungssystem muss eine Auflösung von 12 bit ($\pm 0,05\%$) oder mehr und eine Genauigkeit von $\pm 0,1\%$ (2 lbs) aufweisen. Filter zur Verhütung von Aliasingeffekten müssen Filter der vierten oder einer höheren Ordnung sein, und der maßgebliche Frequenzbereich f_{max} muss zwischen 0 und 30 Hz liegen.

Für Filter vierten Ordnung muss die Durchlassbreite f_o (von 0 Hz bis zur Frequenz f_o) größer als $2,37 \cdot f_{max}$ sein, wenn Phasenfehler nachträglich bei der digitalen Datenverarbeitung berichtigt werden, ansonsten größer als $5 \cdot f_{max}$. Für Filter vierten Ordnung muss die Datenabtastfrequenz f_s über $13,4 \cdot f_o$ liegen.