 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 1 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

Einheitliche Rechtsvorschriften APTU (Anhang F zum COTIF 1999)

Einheitliche Technische Vorschriften (ETV) zum Teilsystem - Fahrzeuge

GÜTERWAGEN - (ETV WAG) - ANLAGE S

BREMSEN

BREMSLEISTUNG

Erläuternde Anmerkung:

Die Textpassagen dieser ETV, die nicht in Spaltenform gedruckt sind, sind identisch mit den entsprechenden EU Vorschriften. Die in zwei Spalten gedruckten Textpassagen sind nicht identisch, sie enthalten in der linken Spalte die ETV Vorschriften und in der rechten Spalte die entsprechenden EU Vorschriften. Der Text in der rechten Spalte dient lediglich der Information und ist nicht Teil der OTIF Vorschriften.

OTIF ETV

| Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

S.1 BESTIMMUNG DER BREMSLEISTUNG VON FAHRZEUGEN MIT UIC-DRUCKLUFTBREMSEN FÜR PERSONENZÜGE

S.1.1 ALLGEMEINES

Das am Wagen angeschriebene Bremsgewicht gibt die Bremsleistung des Wagens in einem 500 m langen Zug in Bremsstellung P an.

Das Bremsgewicht eines Wagenzuges setzt sich im Prinzip zusammen aus der Summe der an den einzelnen Fahrzeugen des Zuges angeschriebenen Bremsgewichte der in Betrieb befindlichen Bremsen.

Dieses Bremsgewicht gilt für die Bremsstellung P und für Wagenzuglängen ≤ 500 m.

S.1.2 BESTIMMUNG DER BREMSLEISTUNG DURCH BERECHNUNG

S.1.2.1 Bestimmung der Bremsleistung mit dem Faktor k

Das Bremsgewicht B eines Güterwagens wird mittels Berechnung bestimmt, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

- Höchstgeschwindigkeit ≤ 120 km/h,
- zweiseitig abgebremste Räder mit Nenndurchmesser von 920 bis 1 000 mm,
- Bremsklotzsohlen aus Grauguss P10,
- Bremsklötze vom Typ Bg (Einfachklotz) oder Bgu (Doppelklotz),
- Kraft pro Bremsklotz bei Bg von 5 bis 40 kN, bei Bgu von 5 bis 55 kN.

Das Bremsgewicht wird nach folgender Formel berechnet:

¹ TSI Güterwagen - Anlage des am 8.12.2006 im Amtsblatt der Europäischen Union L344 veröffentlichten Beschlusses 2006/861/EC der Kommission, in der durch den Beschluss der Kommission 2009/107/EC (erschieden im Amtsblatt der Europäischen Union am 14.2.2009) abgeänderten Version.

² Wird auf kein EU Dokument verwiesen, so ist die Kapitel/Paragraphen Nummer die gleiche wie im OTIF Text.

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 2 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

| Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

$$\text{Equation (S1): } B[t] = \frac{k [-] \times \sum F_{\text{dyn}} [\text{kN}]}{9,81 [\text{m/sec}^2]}$$

Dabei ist $\sum F_{\text{dyn}}$ die Summe aller während der Fahrt auf die Bremsklotzsohlen wirkenden Kräfte, und k ist ein dimensionsloser Faktor, der sich nach der Art der Bremsklötze (B_g oder B_{gu}) und der Kontaktkraft jeder Bremsklotzsohle richtet.

$\sum F_{\text{dyn}}$ ist mit folgender Formel zu berechnen: $\sum F_{\text{dyn}} = (F_t \times i - i^* \times F_R) \times \eta_{\text{dyn}}$

Dabei ist:

F_t = Effektive Kraft am Bremszylinder [kN], nach Abzug der Rückstellkräfte von Bremszylinder und Bremsgestänge

i = Gesamtübersetzung des Bremsgestänges

i^* = Übersetzung nach dem zentralen Bremsgestänge (in der Regel 4 für Wagen mit zwei Radsätzen und 8 für Drehgestellwagen)

η_{dyn} = Mittlerer Wirkungsgrad des Bremsgestänges bei fahrendem Fahrzeug (Mittelwert zwischen zwei Instandhaltungsterminen).

η_{dyn} kann, je nach Gestängeart, bis zu 0,91 betragen.

F_R = Gegenwirkende Kraft des Bremsgestängestellers (in der Regel 2 kN)

Die „ k “-Kurven zur Berechnung des Bremsgewichts ergeben sich durch mathematische Formeln folgenden Typs:

$$\text{Gleichung (S2): } k = a_0 + a_1 \times F_{\text{dyn}} + a_2 \times F_{\text{dyn}}^2 + a_3 \times F_{\text{dyn}}^3$$

où:

	a_0	a_1	a_2	a_3
k_{B_g}	2,145	$- 5,38 \times 10^{-2}$	$7,8 \times 10^{-4}$	$- 5,36 \times 10^{-6}$
$k_{B_{gu}}$	2,137	$- 5,14 \times 10^{-2}$	$8,32 \times 10^{-4}$	$- 6,04 \times 10^{-6}$

S.1.2.2 Güterwagen, für die die Voraussetzung zur Berechnung der Bremsleistung nach Abschnitt S. 1.2.1 nicht gegeben ist.

Die nachstehend beschriebene Berechnungsmethode ist für die Konstruktion der Bremsanlage von Güterwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit $\leq 120 \text{ km/h}$ anzuwenden. Das anzuschreibende Bremsgewicht ist durch Versuche nachzuweisen.

Das Bremsgewicht wird üblicherweise in zwei Schritten ermittelt:

1. Berechnung des Bremswegs aufgrund der in den verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen aufgetragenen Bremsleistung.
2. Bestimmung der Bremshundertstel aus dem berechneten Bremsweg mit Hilfe der Bewertungskurve in Bild S1 (Wagen isoliert betrachtet).

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 3 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

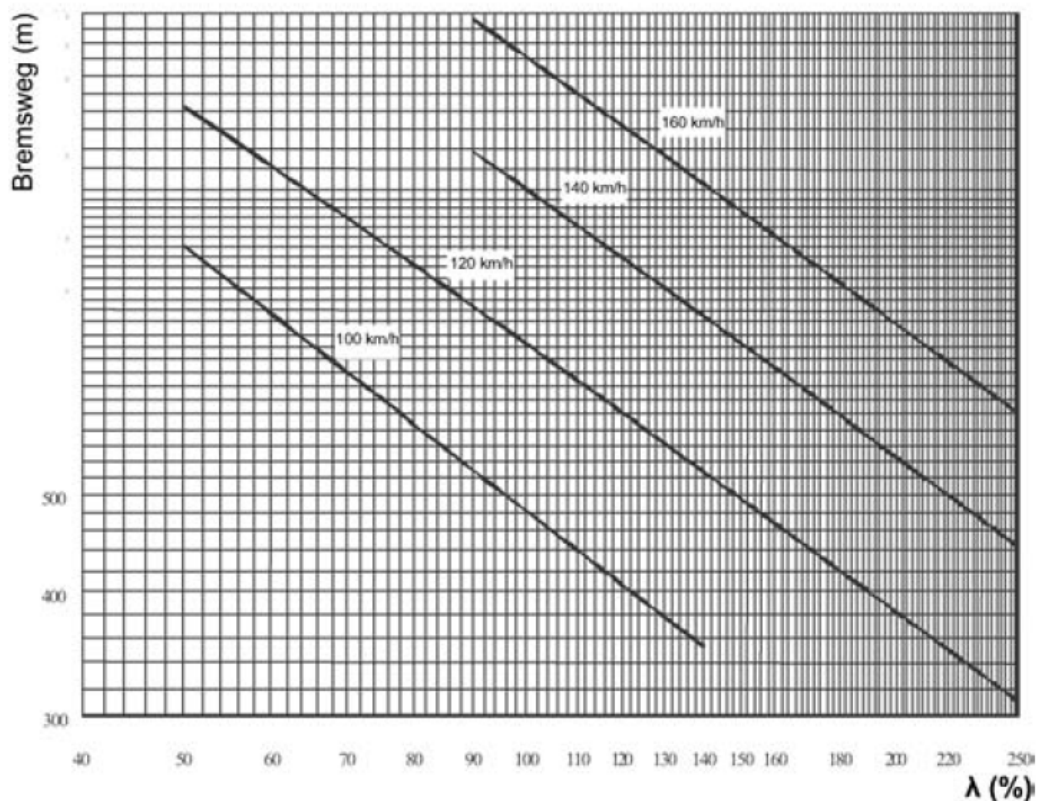
OTIF ETV

Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

Bild S1

Bewertungskurve



Der Bremsweg ist Schritt für Schritt (Abschnitt S. 4.1) oder durch Verzögerungsstufen (Abschnitt S. 4.2) zu berechnen.

Die angegebenen Berechnungsmethoden gelten im Prinzip für einen Einzelwagen.

Der Bremsweg ist für jede der Anfangsgeschwindigkeiten in Abschnitt S. 1.3.2 und für die Lastbedingungen in Abschnitt S. 1.3.2 zu berechnen unter Berücksichtigung:

- des mittleren dynamischen Wirkungsgrades zwischen zwei Instandhaltungsterminen,
- einer Bremszylinderfüllzeit von 4 s,
- des niedrigsten mittleren Reibwertes für die an dieser Wagengattung eingesetzten Reibmaterialien


Nachdem die Bremswege berechnet sind, ist das Bremsgewicht mit dem Verfahren in Abschnitt S. 1.3.2 zu ermitteln, jedoch mit den berechneten Bremswegen anstelle der in den Versuchen gemessenen mittleren Bremswege.

Für die in Abschnitt S. 1.2.1 beschriebenen Wagen, die eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h haben, kann das für 120 km/h berechnete Bremsgewicht (vgl. Abschnitt S. 1.2.1) auch für die Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h verwendet werden.

Das Bremsgewicht kann mit diesem Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung der folgenden Zusatzpunkte ermittelt werden:

- Der Bremsweg ist für Bremsungen aus 100, 120, 140 und 160 km/h bis zur Höchstgeschwindigkeit des Wagens zu berechnen;
- Nachdem die Bremswege berechnet sind, ist das Bremsgewicht mit dem Verfahren in Abschnitt S. 1.3.2 zu ermitteln, jedoch mit den berechneten Bremswegen anstelle der in den Versuchen gemessenen mittleren Bremswege.

Das endgültig anzuschreibende Bremsgewicht ist durch Versuche nachzuweisen (Abschnitt S. 1.3).

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 4 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

| Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

S.1.3 BESTIMMUNG DES BREMSGEWICHTS DURCH VERSUCHE

Dieses Verfahren ist obligatorisch, wenn es keine zugelassene Berechnungsmethode gibt. Das Verfahren kann außerdem für die in Abschnitt S. 1.2.1 (P10-Bremsklotzsohlen) beschriebenen Güterwagen angewandt werden. Wenn die Versuche ein Bremsgewicht ergeben, das höher ist als der berechnete Wert, wird der berechnete Wert nicht geändert; wenn die Versuche ein Bremsgewicht ergeben, das niedriger ist als der berechnete Wert, ist die Ursache hierfür festzustellen.

Folgende Versuche können ausgeführt werden:

- Versuche mit einem Einzelwagen

In diesen Versuchen ist der Bremsweg eines Zuges oder Wagens bei einer Schnellbremsung von v_0 auf geradem und ebenem Gleis zu messen. Der Bremsweg ist ab dem Punkt zu messen, an dem die Schnellbremsung eingeleitet wurde.

S.1.3.1 Wagen mit einer Höchstgeschwindigkeit ≤ 120 km/h

S.1.3.1.1 Versuche an einem Einzelwagen (Abhängeversuche)

Das fragliche Fahrzeug ist an eine Lokomotive anzuhängen und auf eine Geschwindigkeit von v_0 zu beschleunigen. Nachdem diese Geschwindigkeit erreicht ist, ist die mechanische Kupplung zu öffnen und eine Schnellbremsung durchzuführen. Der Bremsweg ist ab dem Punkt zu messen, an dem die Schnellbremsung eingeleitet wurde.

S.1.3.1.2 Zusammensetzung der abzuhängenden Fahrzeuge

- Ein Wagen im Fall eines Standard-Drehgestellwagens;
- Eine Gruppe von drei Wagen im Fall von Güterwagen mit zwei Radsätzen;
- Eine Gruppe von zwei Wagen im Fall von Gelenkfahrzeugen ohne Drehgestelle;
- Eine betrieblich nicht trennbare Einheit.

Die Abhängeversuche sind bei 100 km/h und 120 km/h durchzuführen.

Wenn eine „leer-beladen“-Umstellvorrichtung vorhanden ist, sind die Abhängeversuche wie folgt durchzuführen:

- in Position „leer“ in der Nähe des Umstellgewichts (vorausgesetzt, dies ist beim fraglichen Fahrzeugtyp möglich). Im Fall einer automatischen „leer-beladen“-Umstellvorrichtung müssen die Versuche ebenfalls in Position „leer“ in der Nähe des Umstellgewichts durchgeführt werden, jedoch mit einer Last, die weit genug unter dem Umstellgewicht liegt, so dass die automatische Umstellvorrichtung in Position „leer“ stabil ist.
- bei voller Last in Position „beladen“.

Bei Fahrzeugen mit automatischer kontinuierlicher Lastabbremung sind folgende Abhängeversuche durchzuführen:

- im Leerzustand (Eigengewicht), in Stellung „leer“, um zu prüfen, dass der vorgeschriebene, maximale λ Wert nicht überschritten wird
- mit maximaler Last (die das maximale Bremsgewicht ergibt).
- Abhängeversuche sind außerdem durchzuführen, um das Bremsgewicht am Punkt der höchsten Energiedissipation zu überprüfen.

Die allgemeinen Versuchsbedingungen sind in Abschnitt S. 3.1 zu finden.

Der gemessene Bremsweg ist nach der Methode in Abschnitt S. 3.2 auf Nominalversuchsbedingungen ($v_{0\text{ nom}}$) zu korrigieren.

Vom mittleren Bremsweg s (Mittel der zulässigen korrigierten Werte) sind die Bremshundertstel des Fahrzeugs entweder aus der Kurve für 120 km/h und/oder der Kurve für 100 km/h in Bild S1 oder mit der Formel in Tabelle S1 zu bestimmen. Der sich daraus ergebende kleinste Bremshundertstelwert wird genommen.

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 5 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

| Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

Tabelle S1

Berechnung von λ

$$S = \frac{C}{\lambda + D}$$

$$S = \frac{C}{S} - D$$

V [km/h]	C	D
100	52 840	10
120	83 634	19
140	119 179	19
160	161 280	19

Diese Formeln gelten innerhalb der Grenzen, die den Extremwerten der Kurven in Bild S1 entsprechen.

Wenn das am Fahrzeug anzuschreibende Bremsgewicht durch Versuche bestimmt wird, ist das Versuchsergebnis um den „mittleren“ dynamischen Wirkungsgrad zwischen zwei Instandhaltungsterminen (0,83 für die in Abschnitt S. 1.2.1 beschriebenen Wagen) zu korrigieren.

Bei P10-Bremsklotzsohlen ist das Bremsgewicht nach folgender Methode für die dynamische Leistung am Bremssohlenhalter zu korrigieren:

- a) Bremsgestängewirkungsgrad während des Fahrversuchs so genau wie möglich bestimmen, um $\eta_{\text{dyn test}}$ zu ermitteln.

Wo diese Messung nicht durchgeführt wurde, kann $\eta_{\text{dyn test}} = 0,91$ für Neufahrzeuge mit konventionellem Bremsgestänge verwendet werden.

Für andere Fahrzeuge, bei denen $\eta_{\text{dyn test}}$ nicht gemessen wurde, ist folgende Formel anwendbar:

$$\eta_{\text{dyn test}} = \frac{1 + \eta_{\text{stat test}}}{2}$$

Diese Formel gilt nicht für $\eta_{\text{stat test}}$ -Werte von weniger als 0,6. $\eta_{\text{dyn test}}$ darf nie höher sein als 0,91.

- b) Mit B_{test} als Bremsgewicht pro Bremssohlenhalter im Versuch können die oben stehenden Gleichungen (1) und (2) zur Berechnung von $F_{\text{dyn test}}$ durch direktes Ableesen des Wertes verwendet werden.

- c) Die korrigierte dynamische Leistung ergibt sich wie folgt:

$$F_{\text{dyn corr}} = F_{\text{dyn test}} \times \frac{0,83}{\eta_{\text{dyn test}}}$$

- d) Mit diesem Wert für $F_{\text{dyn corr}}$ lassen sich dieselben Tabellen zur Ermittlung der korrigierten Bremsgewichte pro Bremsklotzsohlenhalter, B_{corr} , verwenden.

S.1.3.2 Wagen mit einer Höchstgeschwindigkeit von mehr als 120 km/h, aber nicht mehr als 160 km/h

Die Methode ist identisch mit der in Abschnitt S. 1.3.1 beschriebenen Methode, mit zwei zusätzlichen Versuchsreihen, eine aus 140 km/h und die andere aus 160 km/h, wenn der Wagen mit Geschwindigkeiten von 160 km/h fahren kann.

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 6 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

| Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

Die gemessenen Bremswege sind anhand der Methode in Abschnitt S. 3.2 auf die Nominalversuchsbedingungen ($V_{o\ nom}$) zu korrigieren.

Die korrigierten mittleren Bremswege dienen zur Bestimmung von 4 Werten für λ (λ_{100} , λ_{120} , λ_{140} , λ_{160}) aus den Kurven in Bild S1 (oder aus den Formeln für diese Kurven — siehe Tabelle S1).

Es wird der Mindestwert von λ_{100} , λ_{120} , λ_{140} und λ_{160} genommen.

S.2 BESTIMMUNG DER BREMSLEISTUNG VON FAHRZEUGEN MIT UIC-DRUCKLUFTBREMSEN FÜR GÜTERZÜGE

Das Bremsgewicht eines Güterwagens in Bremsstellung G wird als identisch mit dem in Bremsstellung P ermittelten Bremsgewicht angenommen.

Es erfolgt keine separate Bewertung der Bremsleistung von Güterwagen in Bremsstellung G.

S.3 DURCHFÜHRUNG DER VERSUCHE

S.3.1 METHODE ZUR VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

S.3.1.1 Wetterbedingungen

Um eine Verfälschung der Versuchsergebnisse durch schlechte Wetterbedingungen zu vermeiden, sind die Versuche bei geringem Wind und trockener Schiene durchzuführen.

S.3.1.2 Anzahl Versuche

Es sind mindestens 4 gültige Versuche durchzuführen, aus denen dann der Mittelwert zu berechnen ist. Alle gemessenen Bremswege sind gemäß Abschnitt S. 3.2, Punkt 1 zu korrigieren.

Der Mittelwert wird akzeptiert, wenn er die folgenden Kriterien erfüllt, die gleichzeitig zu prüfen sind:

Kriterium 1: $\frac{\text{Standardabweichung der Probe } (\sigma_n)}{\text{Mittelwert der Probe } (\bar{s})} \leq 3,0 \%$ und

Kriterium 2: $|\text{Extremwerte } (s_e) - \text{Mittelwert } (\bar{s})| \leq 1,95 \times \sigma_n$

Dabei ist s_e der am weitesten vom Mittelwert entfernte Bremsweg.

Wenn eines der beiden Kriterien nicht erfüllt ist, ist ein ergänzender Versuch durchzuführen (unter Zurückweisung des Extremwerts „ s_e “, wenn Kriterium 2 nicht erfüllt ist, und $n \geq 5$).

Mit den so erhaltenen neuen Werten werden nun die Kriterien 1 und 2 geprüft, wobei:

$s_i = s_i$ = der im Versuch „i“ gemessene Bremsweg, nach Korrektur,

s . lder mittlere Bremsweg,

n = die Anzahl Versuche,


σ_n = die Standardabweichung der Probe

ist und

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum |s_i - \bar{s}|^2}{n}}$$

Die Anzahl gültiger Versuche muss mindestens 70 % der Gesamtzahl durchgeführter Versuche betragen. Die gemäß Abschnitt S. 3.2, Punkt 1b, durchgeführten Versuche werden dabei nicht in die Gesamtzahl Versuche eingerechnet.

Ist nach insgesamt 10 Versuchen eines der beiden Kriterien immer noch nicht erfüllt, ist

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 7 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

die Versuchsreihe abubrechen und die Bremsanlage zu kontrollieren. Die Versuchsunterbrechung ist im Prüfprotokoll zu notieren.

S.3.1.3 Zustand der Reibkomponenten und Scheiben/Räder

Vor Beginn der Versuche sind die Reibkomponenten (Bremsklötze/Bremssohlen) zu mindestens 70 % Kontaktfläche einzufahren.

Kürzere Bremswege lassen sich nach 3 bis 5 mm Abnutzung bei Graugussbremsklotzsohlen erzielen. Wenn die Versuche auch Bremsungen zum Stillstand auf nasser Schiene umfassen, ist die führende Kante des Bremsklotzes/der Bremsklotzsohle in Laufrichtung einzufahren.

Es wird empfohlen, die Versuche an klotzgebremsten Fahrzeugen mit (entweder neuen oder reprofilierten) Rädern vorzunehmen, die mindestens 1 200 km gelaufen sind.

Es wird empfohlen, dass die Anfangstemperatur der Bremsscheiben/Räder zwischen 50 °C und 60 °C liegt.

S.3.2 METHODE ZUR AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

S.3.2.1 Korrektur der Bremswege aus jedem Versuch

Der in Versuch „j“ gemessene Bremsweg ist zur Berücksichtigung folgender Faktoren zu korrigieren:

- Nenngeschwindigkeit in Relation zur im Versuch gemessenen Ausgangsgeschwindigkeit;
- Neigung des Versuchsgleises.

Die Korrektur erfolgt durch Anwendung folgender Formel:

$$\frac{V_{jnom}^2}{2 \times 3,6^2 \times s_{jcorr}} = \frac{V_{jmeas}^2}{2 \times 3,6^2 \times s_{jmeas}} - \frac{g}{p} \times \frac{i}{1000}$$

Durch Transformation ergibt sich:

$$s_{jcorr} = \frac{3,933 \times p \times V_{jnom}^2}{3,933 \times p \times V_{jmeas}^2 - i \times s_{jmeas}} \times s_{jmeas}$$

Dabei ist:

s_{jcorr} [m] = korrigierter Bremsweg (der der Nenngeschwindigkeit in Versuch j entspricht);

s_{jmess} [m] = in Versuch j gemessener Bremsweg;

V_{jnom} [km/h] = anfängliche Nenngeschwindigkeit im Versuch j;

V_{jmeas} [km/h] = im Versuch j gemessene Ausgangsgeschwindigkeit;

p = Trägheitskoeffizient der „rotierenden Massen“, folgendermaßen definiert:

$$p = 1 + \frac{m_r}{m}$$

Dabei ist:

m = Masse des Versuchszuges oder –fahrzeugs.

m_r = äquivalente Masse der rotierenden Komponenten.


(Wenn kein exakter Wert bekannt ist, ist $p = 1,15$ für Lokomotiven und $p = 1,04$ für Reisezugwagen zu verwenden);

i [mm/m] = mittlere Neigung über s_{jmess} auf dem Versuchsgleis, diese ist bei einer Steigung positiv (+) und bei einem Gefälle negativ (-).

Die folgenden beiden Kriterien sind zur Validierung des Versuchs zu überprüfen:

- a) $|i| < 3$ mm/m (in Ausnahmefällen 5 mm/m)

und

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 8 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

$$b) V_{jmeas} - V_{jnom} \leq 4 \text{ km/h}$$

S.3.2.2 Korrektur des mittleren Bremswegs \bar{s}

Der mittlere Bremsweg s , der gemäß Abschnitt S. 3.1 ermittelt wurde, ist zur Berücksichtigung folgender Faktoren zu korrigieren:

- a) Der in Versuchen ermittelte dynamische Bremsgestängewirkungsgrad verglichen mit dem mittleren im Betrieb auftretenden Wert und, bei Scheibenbremsen, der mittlere Raddurchmesser an den getesteten Fahrzeugen verglichen mit dem Durchmesser des halb abgenutzten Rades. Bei Wagen mit P10-Grauguss-Klotzbremsen und konventionellem Bremsgestänge ist der dynamische Wirkungsgrad nach der Methode in Abschnitt S. 1.3.1 zu korrigieren.

Der mittlere Bremsweg ist nach folgenden Formeln zu korrigieren:

$$F_{corr} = F_{test} \times \frac{\eta_m}{\eta_{test}} \times \frac{d_{test}}{d_m}$$

und

$$\bar{s}_{corr} = t_e \times V_{nom} + \frac{F_{test} + W_m}{F_{corr} + W_m} \times \{\bar{s} - V_{nom} \times t_e\}$$

Dabei ist:

\bar{s}_{corr} [m] = dkorrigierter mittlerer Bremsweg;

\bar{s} [m] = mittlerer Bremsweg im Versuch;

t_e [s] = äquivalente Zeit für die Entwicklung der Bremskraft;

V_{nom} [m/s] = anfängliche Nenngeschwindigkeit im Versuch;

d_{test} [mm] = mittlerer Raddurchmesser am Versuchsfahrzeug;

d_m [mm] = Durchmesser des halb abgenutzten Rades;

F_{corr} [kN] = korrigierte Bremsleistung;

F_{test} [kN] = mittlere Bremsleistung im Versuch;

η_m = Bremsgestängewirkungsgrad unter durchschnittlichen Betriebsbedingungen;

η_{test} = Bremsgestängewirkungsgrad im Versuch;

W_m [kN] = mittlerer Fahrwiderstand.

- b) Reale Füllzeit in Relation zu nominal 4 s. Diese Korrektur ist nur auf Versuche mit einem Einzelfahrzeug anzuwenden.

Es gilt die folgende Korrekturformel:

$$\bar{s}_{corr} = \left(2 - \frac{t_s}{2}\right) \times V_{nom} + \bar{s}$$

Dabei ist:

\bar{s}_{corr} [m] = korrigierter mittlerer Bremsweg;

\bar{s} [m] = mittlerer Bremsweg;

t_s [s] = gemessene mittlere Füllzeit für die Bremszylinder;

V_{nom} [m/s] = anfängliche Nenngeschwindigkeit in den Versuchen.

S.4 AUSWERTUNG DER BREMSLEISTUNG DURCH BERECHNUNG

S.4.1 SCHRITTWEISE BERECHNUNG

Die Berechnung des Anhaltewegs kann schrittweise mit der allgemeinen Methode auf Basis der dynamischen Gleichung vorgenommen werden; der Algorithmus ist wie folgt definiert:

 OTIF	FAHRZEUGE GÜTERWAGEN – ANLAGE S			ETV WAG - S Seite 9 von 9
Status: ANTRAG	Fassung: 01	Ref.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Datum: 15.09.2011

OTIF ETV

| Entsprechender Text in den EU Vorschriften ¹

EU Ref ²

Schritt 1: $\sum F_i + W_i = m_e \times a_i$

mit:

 $\sum F_i$ = Summe der Verzögerungskräfte aller wirkenden Bremsen

 W_i = Verzögerungswiderstand zur Zeit i ;

 m_e = Äquivalente Fahrzeugmasse (inkl. rotierender Massen);

 a_i = Verzögerung zur Zeit i .

Schritt 2: $a_i = \frac{\sum F_i + W_i}{m_e}$

Schritt 3: $V_{i+1} = V_i - a_i \times \Delta t$

mit:

 Δt = Zeitberechnungsintervall ($\Delta t \leq 1s$);

 v_i = Anfangsgeschwindigkeit von Intervall Δt ;

 v_{i+1} = Endgeschwindigkeit von Intervall Δt ;

Schritt 4: $V_{mi} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}$

mit:

 v_{mi} = mittlere Geschwindigkeit im Zeitintervall Δt .

Schritt 5: $\Delta s_i = V_{mi} \times \Delta t$

mit:

 Δs_i = Fahrstrecke im Intervall Δt .

Die Strecke Δs_i kann auch mit einer der folgenden Formeln berechnet werden:

Schritt 5 bis: $\Delta s_i = V_i \times \Delta t - \frac{1}{2} \times a_i \times \Delta t^2$

Schritt 5 ter: $\Delta s_i = \frac{V_i^2 - V_{i+1}^2}{2 \times a_i}$

Unter der Annahme, dass die Bremskraft über das Intervall konstant ist, führen alle Formeln zu demselben Ergebnis.

Schritt 6: $s = \sum (V_{mi} \times \Delta t)$

 s = Gesamtbremsweg (bis zu $v=0$)

S.4.2 BERECHNUNG ÜBER VERZÖGERUNGSSTUFEN

In Fällen, in denen die Fahrzeuge mit Bremsen ausgerüstet sind, deren Verzögerungskräfte in Stufen für einige Geschwindigkeitsintervalle konstant bleiben, oder wenn das Mittel dieser Kraft bekannt ist, ist die folgende vereinfachte Berechnung möglich:

Schritt 1: $a_{mi} = \frac{\sum F_{mi} + W_{mi}}{m_e}$

 F_{mi} , W_{mi} und: a_{mi} konstante Werte oder Mittelwert im Geschwindigkeitsintervall v_i à v_{i+1} .

Schritt 2: $\Delta s_i = \frac{V_i^2 - V_{i+1}^2}{2 \times a_{mi}}$

mit Δs_i = Fahrstrecke in diesem Geschwindigkeitsintervall

Schritt 3: $s = t_e \times V_0 + \sum \Delta s_i$