



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Bundesnetzagentur

Eisenbahn Bundesamt



DIE BAHNINDUSTRIE.

VDB VERBAND DER BAHNINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND E.V.



VERBAND DER GÜTERWAGENHALTER IN DEUTSCHLAND E. V.



Die Verkehrs-
unternehmen

Ergänzungsregelung¹ Nr. B 017

zur

bremstechnischen Ausrüstung von Fahrzeugen zum Betrieb auf Steilstrecken

Stand: Rev. 2.0 vom 18.05.2021

Rev.- Nr.	Datum	Verantwortung	Bemerkungen
1.0	28.10.2013	Ak Bremse	Zur Veröffentlichung freigegeben
2.0	18.05.2021	Lk Fahrzeuge	Durch den Lenkungskreis Fahrzeuge am 18.05.2021 genehmigte Version

Bereich: Bremsausrüstung

Inhalt: Es wird die besondere bremstechnische Ausrüstung von Fahrzeugen als Voraussetzung für den Einsatz auf Steilstrecken beschrieben.

¹ Die „Ergänzungsregelungen zur Bremse“ ergänzen die „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Eisenbahnfahrzeugen“.

Inhaltsverzeichnis:

1	Gültigkeit dieser Regelungen	4
2	Einführung	4
2.1	Anwendungsbereich.....	4
2.2	Schutzziele	5
2.3	Fahrzeugmasse	5
3	Bremsausrüstung für ein Triebfahrzeug	5
4	Bremsausrüstung für Wagen	8
5	Bremsausrüstung für Nebenfahrzeuge	8
6	Feststellbremsen	9
7	Mitführen von Festlegemitteln zum Sichern	9
8	Anwendung der Bremsgewichte	10
9	Praktische Nachweise	11
9.1	Allgemeines.....	11
9.2	Grundsätzliche Prüfungen im Stand.....	12
9.3	Fahrprüfungen.....	12
9.3.1	Einführung	12
9.3.2	Bremsungen bis zum Stillstand	13
9.3.3	Absenkfahrten.....	13
9.3.4	Sonstige Prüfungen	14
10	Anhang	15
10.1	Steilstrecken öffentlicher Infrastruktur in Deutschland (informativ).....	15
10.2	Beispiel eines auf Steilstrecken verwendbaren Radvorlegers (informativ)	15
10.3	Matrix der Grenzwerte für die Anhaltewege in Bremsstellung P/R	16
10.4	Matrix der Grenzwerte für die Anhaltewege in Bremsstellung G	17

Abkürzungsverzeichnis:

BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen
DB AG	Deutsche Bahn AG
EBO	Eisenbahn Bau/ und Betriebsordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ESBO	Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
KoRil	Konzernrichtlinie (der DB AG)
v.T.	von Tausend (entspricht ‰)

Referenzdokumente:

B001	Ergänzungsregelung zur Anordnung und Ausführung von Bremsanschriften
B013	Ergänzungsregelung zu Zusatzbremsen
DIN EN 14033-1	Bahnanwendungen - Oberbau - Schienengebundene Bau- und Instandhaltungsmaschinen - Teil 1: Technische Anforderungen an das Fahren
DIN EN 14198	Bahnanwendungen – Bremsen – Anforderungen an die Bremsausrüstung lokbespannter Züge
DIN EN 14531-1	Bahnanwendungen - Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung - Teil 1: Allgemeine Algorithmen für Einzelfahrzeuge und Fahrzeugverbände unter Berücksichtigung von Durchschnittswerten
DIN EN 14531-2	Bahnanwendungen - Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung - Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge
DIN EN 15663	Bahnanwendungen – Fahrzeugreferenzmassen
DIN EN 15746-1	Bahnanwendungen - Oberbau - Zwei-Wege-Maschinen und zugehörige Ausstattung - Teil 1: Technische Anforderungen an das Fahren und den Arbeitseinsatz
DIN EN 16185-1	Bahnanwendungen – Bremssysteme für Triebzüge - Teil 1: Anforderungen und Definitionen
DIN EN 16834	Bahnanwendungen – Bremse – Bremsvermögen
DIN EN ISO/IEC 17025	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
EBO	Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung
ESBO	Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen
KoRil 465.0001	Konzernrichtlinie (DB AG) Betrieb auf Steilstrecken, Besondere Vorschriften über das Bremsen

1 Gültigkeit dieser Regelungen

Diese Regelungen erhalten Gültigkeit ab dem 01.06.2021.

Konstruktive Ausführungen in vorhandenen Fahrzeugen behalten weiterhin ihre Zulassung, vorausgesetzt sie zeigen keine betriebsgefährdenden Mängel. Andernfalls sind sie den in diesem Regelwerk definierten Merkmalen anzupassen, um der Produkthaftung gerecht zu werden. Dies gilt auch für Ersatzlieferungen.

2 Einführung

2.1 Anwendungsbereich

Diese Ergänzungsregelung enthält die Vorschriften für die besondere bremstechnische Ausrüstung von Fahrzeugen als Voraussetzung für den Einsatz auf Steilstrecken. Das Fahrzeug muss darüber hinaus eine Zulassung gemäß den einschlägigen gesetzlichen Vorgaben besitzen oder erhalten.

Als Steilstrecke sind Eisenbahnstrecken des öffentlichen Verkehrs definiert, die eine maßgebende Neigung von mehr als 40 ‰ aufweisen (vgl. EBO § 35, Abs. 5²). Die Merkmale besonders steiler Gefällestrassen stellen demzufolge besondere Anforderungen an das Bremsvermögen und das Bremsverhalten und damit zugleich an die technische Ausrüstung von Schienenfahrzeugen. Entsprechend stellten die Eisenbahnverwaltungen betreffender Strecken im Einklang mit den Forderungen aus den jeweiligen Betriebsvorschriften „besondere Vorschriften über das Bremsen auf Strecken mit einer Neigung vom mehr als 40 v.T.“ auf. Diese wurden beispielsweise mittels Anhangs zu den Fahrdienstvorschriften, später den Beteiligten per spezieller, sogenannter Steilstreckenvorschriften bekannt gegeben. Neben den bremsbetrieblichen Regelungen waren darin technische Anforderungen gestellt, die die Fahrzeuge erfüllen mussten und müssen. Im Zuge des Inkrafttretens des Eisenbahnneuordnungsgesetzes und der Gründung der DB AG wurde unter Einbeziehung dieser Einzelvorschriften eine für alle betreffenden Strecken gültige Konzernrichtlinie (KoRil 465.0001) erstellt. Diese Richtlinie bezieht sich jedoch nur auf Strecken der DB Netz AG. Mittlerweile wird die Mehrzahl der Steilstrecken in Deutschland durch nicht dem DB-Konzern angehörende Bahnverwaltungen mit eigenen Vorschriften betrieben. Aus historischen Gründen sind diese jeweiligen Vorschriften noch mehr oder weniger an die KoRil 465.0001 angelehnt.

Zweck dieser Ergänzungsregelung ist es, eine allgemeingültige Festlegung zur bremstechnischen Ausstattung eines Fahrzeuges für den Einsatz auf Steilstrecken zu geben (anstelle der technischen Forderungen aus der KoRil 465.0001). Sie enthält die zusätzlichen Anforderungen für die besondere bremstechnische Ausrüstung von Fahrzeugen als Voraussetzung für den Einsatz auf Steilstrecken. Die Prüfung der Steilstreckentauglichkeit ergänzt die bestehende oder zu erwerbende Zulassung und erweitert sie auf Neigungsverhältnisse größer 40 ‰.

Die betrieblichen Anweisungen aus den vorhandenen Steilstrecken-Vorschriften (z.B. KoRil 465.0001) zur Befähigung des Personals, Besetzen von Fahrzeugen, besondere Maßnahmen vor und bei Befahren einer Steilstrecke usw. sind nicht Bestandteil dieser Ergänzungsregelung. Diese liegen in der Zuständigkeit der jeweiligen EIU bzw. EVU in Abhängigkeit von den konkreten Verhältnissen.

Von den in dieser Ergänzungsregelung gestellten technischen Anforderungen darf nur dann abgewichen werden, wenn nachgewiesen wird, dass die Schutzziele auch auf anderem Wege erreicht werden.

² EBO § 35 Abs. 5: „Die Eisenbahnverwaltungen haben über das Bremsen auf Strecken mit einer Neigung von mehr als 40 v.T. besondere Vorschriften aufzustellen und den in § 35 Absatz 3 genannten Aufsichtsbehörden zur Genehmigung vorzulegen.“

In Analogie zur EBO können diese Ergänzungsregelungen auch im Bereich von Schmalspurbahnen Anwendung finden (siehe § 35 Abs. 5 ESBO³), da allein eine andere Spurweite keine anderen technischen Anforderungen bedingt.

Diese Ergänzungsregelung ist auch auf Straßenbahnfahrzeuge nach BOStrab (z. B. sogenannte Stadtbahnen, bzw. Tram Trains) anzuwenden, wenn diese Fahrzeuge auf Eisenbahnstrecken äquivalenter Neigungsverhältnisse übergehen. Auf gesonderte Steilstreckenprüfungen für diese Fahrzeuge kann verzichtet werden, wenn durch die Prüfungen im Rahmen der Inbetriebnahmegenehmigung nach § 62 BOStrab (vormals: Abnahme nach § 62 BOStrab) nachgewiesen wird, dass die Schutzziele dieser Ergänzungsregelung erfüllt werden.

2.2 Schutzziele

Die maßgebende Neigung von mehr als 40 ‰ auf Steilstrecken stellt infolge der Hangabtriebskraft und der umzusetzenden Bremsenergie erhöhte Anforderungen an die Bremsausrüstung, bestehend aus dem Hauptbremssystem gemäß DIN EN 14198 und weiteren Bremseinrichtungen, der darauf verkehrenden Fahrzeuge.

Das Hauptbremssystem allein muss im Stande sein, sowohl das Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit zu verhindern als auch jederzeit den Zug bis zum Stillstand abzubremsen.

Weitere Bremseinrichtungen dienen:

- als Rückfallebene bei Störung des Hauptbremssystems,
- der thermischen Entlastung des Hauptbremssystems.

Ablösefunktionen oder Lastverschiebungen zwischen den verschiedenen Bremssystemen dürfen nicht zu unzulässigen Geschwindigkeitserhöhungen führen.

Die Bremsausrüstung muss geeignet sein, in den zu befahrenden Steilstreckenabschnitten ein stillstehendes Fahrzeug bzw. einen stillstehenden Zug dauerhaft zu sichern (ggf. unter Zuhilfenahme von Festlegemitteln, siehe Kapitel 7).

2.3 Fahrzeugmasse

Die in diesem Dokument als die „höchste bremstechnisch relevante Masse“ bezeichnete Fahrzeugmasse ist:

- für Lokomotiven die Auslegungsmasse im betriebsbereiten Zustand nach DIN EN 15663.
- für Reisezugwagen die bremstechnische Höchstmasse nach DIN EN 14198
- für Güterwagen die Auslegungsmasse bei normaler Zuladung nach DIN EN 15663
- für Triebzüge die bremstechnische Höchstmasse nach DIN EN 16185-1
- für Hochgeschwindigkeits-Triebzüge die bremstechnische Höchstmasse nach DIN EN 14198 für Reisezugwagen von Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrszügen
- für Bau- und Instandhaltungsmaschinen die Höchstmasse der Maschine mit Nutzlast nach DIN EN 14033-1
- für Zweiwege-Maschinen und zugehörige Ausrüstungen die maximale Betriebsmasse nach DIN EN 15746-1

3 Bremsausrüstung für ein Triebfahrzeug

Triebfahrzeuge im Sinne des § 18 Abs. 3 EBO, die auf Steilstrecken eingesetzt werden, müssen die nachfolgend definierten Voraussetzungen erfüllen. Hierzu ist unter Beachtung des Kapitels 9 eine besondere Eignungsprüfung der Bremsen für Steilstrecken erforderlich.

³ ESBO § 35 Abs. 5: „Über das Bremsen auf Strecken mit einer maßgebenden Neigung von mehr als 40 ‰ sind von den in Absatz 3 genannten Behörden besondere Vorschriften zu erlassen. Die maßgebende Neigung einer Strecke ist die Neigung der Verbindungslinie der beiden 2.000 m voneinander entfernten Punkte des Streckenabschnitts mit dem größten Höhenunterschied.“

Triebfahrzeuge müssen mit folgenden Bremssystemen ausgestattet sein:

- a) einer durchgehenden, selbsttätigen, unerschöpfbaren, mehrlösigen Zugbremse als Hauptbremssystem, welches dem Sicherheitsniveau nach DIN EN 14198 entspricht, mindestens mit Bremsstellung P,
- b) einer Feststellbremse gemäß Kapitel 6,
- c) mindestens einer weiteren Bremseinrichtung, die vom Wirken des Bremssystems nach 3a) unabhängig arbeitet und grundsätzlich separat bedienbar ist. Bei Störungen innerhalb einer der Bremseinrichtungen muss die Bedienbarkeit und Wirksamkeit der anderen Bremseinrichtung erhalten bleiben.
Ausnahmsweise gilt für Züge mit einem zugweiten Bremsmanagementsystem mit Vorrangbetrieb der dynamischen Bremse(n) ohne separate Bedienbarkeit, dass diese zu der genannten Forderung mit separater Bedienbarkeit gleichwertig sind, wenn eine vergleichbare Funktionalität und die gleiche Sicherheit gegenüber den Schutzziele nachgewiesen werden,
- d) mit einer Zusatzbremse gemäß Ergänzungsregelung Nr. B013, sofern sie danach erforderlich ist.

Für die genannten Bremssysteme gilt:

Das Hauptbremssystem gemäß 3a) muss derart ausgelegt sein, dass

- ein Einfachfehler nicht zu einem Bremskraftverlust von mehr als 50 % führt. Hierbei ist es zulässig, die Zusatzbremse gemäß 3d) als Rückfallebene für das Hauptbremssystem zu nutzen.
- bei Beharrungsfahrt mit der für das Fahrzeug auf der Steilstrecke zugelassenen Höchstgeschwindigkeit der Regelbereich des Bremsstellers zu maximal 4/5 ausgenutzt bzw. der Druck in der Hauptluftleitung nicht unter 3,8 bar abgesenkt wird.⁴
- die thermische Leistungsfähigkeit bei Talfahrt das sichere Abbremsen bis zum Stillstand gewährleistet⁵.
- die Beharrungsfahrt mit der für das Fahrzeug auf der Steilstrecke zugelassenen Höchstgeschwindigkeit mit der jeweils höchsten bremsstechnisch relevanten Masse (siehe Kapitel 2.3) mit anschließender Schnellbremsung bis zum Stillstand gewährleistet ist.

Die Feststellbremse gemäß 3b) muss gemäß Kapitel 6 ausgeführt und vom aktiven Führerraum aus bedienbar sein.

Die weiteren Bremseinrichtungen nach 3c) können sein:

- elektrodynamische Bremse,
- hydrodynamische Bremse,
- Motor- und Getriebekbremse,
- Gegendruckbremse,
- separat bedienbare und direkt angesteuerte Magnetschienenbremse.

Wird die weitere Bremseinrichtung nach 3c) über ein zugweites Bremsmanagementsystem mit Vorrangbetrieb dieser weiteren Bremseinrichtung(en) ohne separate Bedienbarkeit realisiert, muss dem Triebfahrzeugführer eine Wahlmöglichkeit zwischen dem Vorrangbetrieb der weiteren Bremseinrichtung(en) und einem Betrieb mit gleichmäßiger Kraftschlussausnutzung längs des Zuges angeboten werden.

⁴ Es wird empfohlen, die Ausnutzung des Regelbereichs des Bremsstellers auf 2/3 bzw. die Druckabsenkung auf 4 bar zu beschränken.

⁵ Diese Anforderung ist erfüllt, wenn die in den Datenblättern des Herstellers genannten Temperaturgrenzwerte nicht überschritten werden. Es wird daher empfohlen, das Triebfahrzeug mit einem dynamischen Bremssystem auszurüsten, welches zur thermischen Entlastung des Hauptbremssystems beiträgt.

Triebfahrzeuge, welche eine Zulassung gemäß den gesetzlichen Vorgaben vor dem Inkrafttreten dieser Ergänzungsregelung erhalten haben und nicht über eine der genannten weiteren Bremseinrichtungen nach 3c) verfügen, dürfen nur dann auf Steilstrecken eingesetzt werden, wenn die Druckluftbremse für jedes Drehgestell eine eigene unabhängige Bremssteuerung/Steuereinheit (z. B. ein eigenes Steuerventil) hat und diese jeweils separat ausgeschaltet werden kann. Zur Ermittlung des Bremsgewichtes siehe Kapitel 8.

Bei Lokomotiven muss die thermische Leistungsfähigkeit des Hauptbremssystems nach 3a) sowie der gleichzeitig wirkenden weiteren Bremseinrichtung nach 3c) bei Talfahrt ausreichen, eine ungebremste Anhängemasse von 50 t⁶ bei Beharrungsfahrt mit der für die Lokomotive auf der Steilstrecke maximal zulässigen Geschwindigkeit zu befördern.

Die Leistungsfähigkeit der weiteren Bremseinrichtung nach 3c) alleine muss bei Talfahrt mit der für das Fahrzeug auf der Steilstrecke zugelassenen Höchstgeschwindigkeit mit der jeweils höchsten bremstechnisch relevanten Masse folgende Merkmale erfüllen:

- Gewährleistung der Beharrungsfahrt, eine Kombination aus maximal zwei der unter 3c) genannten weiteren Bremseinrichtungen ist zulässig.
- Zusammen mit der Zusatzbremse nach 3d) oder der Feststellbremse nach 3b) muss die weitere Bremseinrichtung nach 3c) bei Ausfall der leistungsstärksten autarken Einheit des Hauptbremssystems das Abbremsen bis zum Stillstand gewährleisten. Es muss sichergestellt sein, dass der verbleibende intakte Teil des Hauptbremssystems dabei thermisch nicht überlastet und der Anhalteweg nach anzuwendender Bremsstufe eingehalten wird.

Kommt es bei einer Schnellbremsung oder einer mit dem Zugbremssteller angeforderten Betriebsbremsung, bei der jeweils die dynamische Bremse anstelle des Hauptbremssystems wirksam ist, zu einem Ausfall der dynamischen Bremse, so darf es beim Übergang auf das Hauptbremssystem (Ablösefunktion) während einer Schnell- oder Vollbremsung zu einer Geschwindigkeitserhöhung für eine Zeit von nicht länger als 4 s kommen. Die maximale Geschwindigkeitserhöhung darf dabei 3 km/h⁷ betragen.

Sollte die unabhängige und separat bedienbare Bremseinrichtung nach 3c) während eines Bremsvorganges durch die Fahrzeugsteuerung deaktiviert werden, muss es dem Triebfahrzeugführer möglich sein, diese im laufenden Bremsvorgang durch eine bewusste Bedienhandlung wieder zu aktivieren. Diese Forderung gilt nicht während einer Schnellbremsung. Die Reaktivierbarkeit durch den Triebfahrzeugführer ist beschränkt auf Szenarien, bei welchen die Deaktivierung auf Grund von Bremsmanagementfunktionen oder Überwachungskriterien zeitweise erfolgt, wie z. B. Gleitschutzauslösungen oder kurzzeitige Übertemperaturen, nicht jedoch bei dauerhaften Fehlerzuständen, wie z. B. Ausfall von Bauteilen o. ä., wenn sie während einer Fahrt auf der Steilstrecke eintreten.

Ist als weitere Bremseinrichtung nach 3c) eine Magnetschienenbremse vorhanden, muss deren elektrische Energieversorgung für die oben genannten Anforderungen sichergestellt sein. Die Magnetschienenbremse muss durch eine bewusste Bedienhandlung aktiviert werden können und dabei bis zum Stillstand wirken.

Triebfahrzeuge mit Scheibenbremsen oder Verbundstoffbremsklotzsohlen müssen mit einer dynamischen Bremse ausgerüstet sein.

Ist das Triebfahrzeug nicht mit einer Klotzbremse mit Graugusssohle (P10-Sohle) ausgerüstet, ist die Eignung der jeweiligen Reibpaarung für den Steilstreckeneinsatz gemäß Kapitel 0 praktisch nachzuweisen und zu dokumentieren.

Das Zusammenspiel zwischen Antriebs- und Bremssteuerung muss ein Anfahren gegen eine wirksame Bremse ermöglichen.

⁶ Für den Bereich der ESBO ist mindestens die Hälfte der Dienstmasse der betreffenden Lokomotive anzuwenden.

⁷ bezogen auf die Geschwindigkeit im Moment des Ausfalls der dynamischen Bremse.

Das Luftversorgungssystem muss so ausgelegt sein, dass im Steilstreckenbetrieb der Hauptluftbehälterdruck immer größer als 6 bar ist.

Triebfahrzeuge müssen mit Sandstreueinrichtungen ausgerüstet sein.

Soll ein Triebfahrzeug von einem Steuerwagen aus betrieben werden, so sind die obenstehenden Anforderungen auch in dieser Konstellation zu erfüllen. Dies gilt nicht für die Betätigung der Feststellbremse einer geführten Lokomotive.

4 Bremsausrüstung für Wagen

Grundsätzlich dürfen Wagen, die über eine Zulassung wie in 2.1 genannt verfügen, auf Steilstrecken verkehren, wenn sie die nachfolgenden Anforderungen erfüllen.

Wagen müssen mit einer durchgehenden, selbsttätigen, unerschöpfbaren, mehrlössigen Zugbremse als Hauptbremssystem ausgerüstet sein, welches dem Sicherheitsniveau nach DIN EN 14198 entspricht, mindestens mit Bremsstellung P.

Reisezugwagen müssen mit einer Feststellbremse gemäß Kapitel 6 ausgerüstet sein, die mindestens auf zwei Radsätze wirkt.

Güterwagen sollen mit einer Feststellbremse ausgerüstet sein.

Ist der Wagen nicht mit einer Klotzbremse mit Graugusssohle (P 10-Sohle) ausgerüstet, ist die Eignung der jeweiligen Reibpaarung für den Steilstreckeneinsatz gemäß Kapitel 0 praktisch nachzuweisen und zu dokumentieren. Liegt dieser praktische Nachweis nicht vor, darf nach Kapitel 8 verfahren werden.

Für den Einsatz von Wagen, die die vorgenannten Anforderungen nicht erfüllen, sind betriebliche Regelungen zu treffen, die einen sicheren Betrieb auf der Steilstrecke gewährleisten.

Steuerwagen müssen mit Sandstreueinrichtungen ausgerüstet sein.

5 Bremsausrüstung für Nebenfahrzeuge

Nebenfahrzeuge, die auf Steilstrecken eingesetzt werden, müssen die nachfolgend definierten Voraussetzungen erfüllen. Hierzu ist unter Beachtung des Kapitels 9 eine besondere Eignungsprüfung der Bremsen für Steilstrecken durchzuführen.

Nebenfahrzeuge mit eigenem Fahrtrieb müssen mit folgenden Bremssystemen ausgerüstet sein:

- Hauptbremssystem, das auf alle Radsätze wirkt,
- Feststellbremse.

Sie sollen mit Motor-, Getriebe- oder dynamischer Bremse ausgerüstet sein. Falls diese Anforderung nicht erfüllt wird, sind betriebliche Regelungen zu treffen, die einen sicheren Betrieb auf der Steilstrecke gewährleisten.

Für Nebenfahrzeuge, die aufgrund der Bauart und der Bremsausrüstung den Anforderungen für Regelfahrzeuge entsprechen, gelten die in dieser Vorschrift festgelegten Regeln für Triebfahrzeuge bzw. Wagen nach Kapitel 3 bzw. 4.

Nebenfahrzeuge, die Anhänger mitführen können, müssen mit einer durchgehenden, selbsttätigen Bremse ausgerüstet sein.

Anhänger für Nebenfahrzeuge müssen mit einer selbsttätigen Bremse ausgerüstet sein, die vom führenden Nebenfahrzeug aus angesteuert werden kann.

Ist das Nebenfahrzeug nicht mit einer Klotzbremse mit Graugusssohle (P 10-Sohle) ausgerüstet, ist die Eignung der jeweiligen Reibpaarung für den Steilstreckeneinsatz gemäß Kapitel 9 praktisch nachzuweisen und zu dokumentieren.

Nebenfahrzeuge mit eigenem Antrieb müssen mit Sandstreueinrichtungen ausgerüstet sein.

Zweiwegefahrzeuge, deren Masse und damit auch die Antriebs- und Bremskraft nicht ausschließlich über die Schienenräder auf die Schiene übertragen wird, dürfen nicht mit eigener Kraft verkehren und sind als ungebremste Fahrzeuge zu behandeln.

6 Feststellbremsen

Als Feststellbremsen sind zulässig

- Handbremsen, die vom Boden aus, auf der Bühne, im Wagen oder vom Führerraum aus bedienbar sind,
- Federspeicherbremsen,
- Druckluftbremsen mit einer automatisch wirkenden Federspeicherbremse als Rückfallebene, die bei Druckverlust die Haltekraft der Druckluftbremse kontinuierlich ersetzt,
- Permanentmagnetschienenbremsen.

Die Feststellbremse muss das Fahrzeug in den maßgebenden Neigungen der zu befahrenden Steilstreckenabschnitte mit der höchsten bremstechnisch relevanten Masse (siehe Kapitel 2.3) gegen Abrollen und Abrutschen sichern.

Zur Ermittlung der Sicherheit gegen Abrutschen ist ein Kraftschlussbeiwert Rad/Schiene von $\mu = 0,12$ zugrunde zu legen.

Für alle Berechnungen gilt DIN EN 14531-1 oder DIN EN 14531-2.

7 Mitführen von Festlegemitteln zum Sichern

Zum Sichern gegen unbeabsichtigte Bewegungen müssen auf Triebfahrzeugen und Nebenzugfahrzeugen mit eigenem Fahrtrieb Festlegemittel (Radvorleger oder Hemmschuhe) mitgeführt werden. Auf den Fahrzeugen ist ein entsprechender Aufbewahrungsort vorzusehen. Es sind mindestens so viele Festlegemittel mitzuführen, dass das ungebremste Triebfahrzeug bzw. ungebremste Nebenzugfahrzeug bei der jeweils höchsten bremstechnisch relevanten Masse (siehe Kapitel 2.3) in der maximalen Neigung allein durch die Festlegemittel gesichert werden kann. Mindestens ist jedoch auf Triebfahrzeugen und Nebenzugfahrzeugen mit eigenem Fahrtrieb folgende Anzahl mitzuführen:

- bis 50 t höchste bremstechnisch relevante Masse: 2 Festlegemittel,
- über 50 t höchste bremstechnisch relevante Masse: 4 Festlegemittel.

Werden zum Sichern des Fahrzeuges mehr als die angegebenen Festlegemittel benötigt, so ist die Anzahl entsprechend zu erhöhen (Nachweisführung siehe Kapitel 9).

8 Anwendung der Bremsgewichte

Fahrzeuge mit Scheibenbremse oder Verbundstoffbremsklotzsohlen ohne besonderen Eignungsnachweis dürfen auf Steilstrecken nur eingesetzt werden, wenn im Zug mindestens 71 Brems Hundertstel vorhanden sind.

Befinden sich im Zug Fahrzeuge mit Scheibenbremse oder Verbundstoffbremsklotzsohlen ohne besonderen Eignungsnachweis der Reibpaarung, so dürfen für den Zugverband höchstens 100 Brems Hundertstel für den Betrieb auf der Steilstrecke angerechnet werden.

Wagen mit Verbundstoffbremsklotzsohlen ohne besonderen Eignungsnachweis dürfen auf Steilstrecken ausnahmsweise eingesetzt werden, wenn im Zug mindestens zwei Drittel der Fahrzeuge mit wirkender Druckluftbremse mit Graugussbremsklotzsohlen (P 10-Sohle) ausgerüstet sind.

Wenn für Fahrzeuge mit Scheibenbremsen oder Verbundstoffbremsklotzsohlen ein besonderer Eignungsnachweis der Reibpaarung erbracht und ein gesondertes Bremsgewicht für Steilstrecken ermittelt wurde, ist es mit einem Zusatz zu den Bremsanschriften gemäß Ergänzungsregelung B001 auszuweisen.

Befinden sich im Zug Wagen mit Scheibenbremse oder Verbundstoffbremsklotzsohlen und ist kein separates Bremsgewicht für Steilstrecken ausgewiesen, dürfen bei einer maßgebenden Neigung von größer/gleich 60 ‰ nur 70 % des Bremsgewichtes des Zuges der Bremsstellung P angerechnet werden.

Unter der Voraussetzung, dass sich im Zug keine Fahrzeuge mit Scheibenbremse oder Verbundstoffbremsklotzsohlen ohne besonderen Eignungsnachweis der Reibpaarung befinden, gelten die vorstehenden Absätze eins bis fünf dieses Kapitels nicht.

Für Triebfahrzeuge, welche nicht über eine der weiteren Bremseinrichtungen nach Kapitel 3c) verfügen, jedoch mit einer eigenen unabhängigen Bremssteuerung/Steuereinheit für jedes Drehgestell ausgerüstet sind, darf auf Steilstrecken nur 50 % des regulären Bremsgewichtes angerechnet werden. Dieses verminderte (halbierte) Bremsgewicht ist mit einem Zusatz zu den Bremsanschriften gemäß Ergänzungsregelung B001 auszuweisen.

Das Bremsgewicht der dynamischen Bremse und der Magnetschienenbremse darf nicht angerechnet werden.

Verfügt ein Fahrzeug, für das ein besonderer Eignungsnachweis der Reibpaarung erbracht wurde, in Bremsstellung P über ein Bremsgewicht, woraus mehr als 125 Brems Hundertstel folgen, so ist ein gesondertes Bremsgewicht für Steilstrecken festzulegen, welches zu höchstens 125 Brems Hundertsteln führt und mit einem Zusatz zu den Bremsanschriften gemäß Ergänzungsregelung B001 auszuweisen ist.

Für ein Fahrzeug, welches über die Bremsstellung R verfügt und für das ein besonderer Eignungsnachweis der Reibpaarung erbracht wurde, ist ein gesondertes Bremsgewicht für Steilstrecken nach folgender Regel zu ermitteln und mit einem Zusatz zu den Bremsanschriften gemäß Ergänzungsregelung B001 auszuweisen:

- Verfügt das Fahrzeug in Bremsstellung R nur über eine Kraftstufe, ist ein Bremsgewicht auszuweisen, welches in allen Beladestufen zu höchstens 130 Brems Hundertsteln führt.
- Verfügt das Fahrzeug in Bremsstellung R über mehr als eine Kraftstufe, ist zur Bestimmung des gesonderten Bremsgewichtes für Steilstrecken eine Bremsbewertung nach DIN EN 16834 mindestens aus 100 km/h in der niedrigsten Kraftstufe vorzunehmen.
- In beiden Fällen darf das so ermittelte Bremsgewicht das gemäß Kapitel 9.3 ermittelte Bremsgewicht nicht überschreiten.

9 Praktische Nachweise

9.1 Allgemeines

Zur Erlangung der Steilstreckenzulassung eines Triebfahrzeuges oder eines Nebenzugfahrzeuges mit Fahrtrieb sind auf einer Referenzstrecke die nachfolgend genannten praktischen Nachweise zu führen und zu dokumentieren.

Sollen nicht angetriebene Fahrzeuge (Güter- und Reisezugwagen bzw. Nebenzugfahrzeuge), die mit Scheibenbremsen oder Verbundstoffbremsklotzsohlen bzw. nicht mit Graugusssohlen (P 10-Sohle) ausgerüstet sind, nicht unter den betrieblichen Einschränkungen nach Kapitel 8 eingesetzt werden, müssen praktische Nachweise der Eignung der Reibpaarung geführt werden. Über den Nachweis der Reibpaarung hinausgehende praktische Prüfungen sind für diese Fahrzeuge nicht erforderlich.

Für einen Nachweis der praktischen Eignung der Reibpaarung ist die jeweilige Reibpaarung im Prüfbericht explizit aufzuführen (z.B. Hersteller und Typ des Bremsbelages sowie Werkstoff der Brems Scheibe bzw. sinngemäß Hersteller und Typ der Verbundstoffbremsklotzsohlen). Für jede Reibpaarung ist ein eigener praktischer Nachweis zu führen.

Für Steuerwagen sind die Funktionen zu prüfen, die für den Steilstreckenbetrieb der zu steuernden Lokomotive notwendig sind.

Für eine allgemeine Steilstreckenzulassung sind die Nachweise für die thermisch anspruchsvollste Strecke Hirschsprung – Hinterzarten zu erbringen⁸. Für die Versuche zur Ermittlung der Anhaltewege und der Festhaltungswirkung sowie bei den Absenkfahrten darf dabei die Hangabtriebskraft und die Bremsenergie der steilsten Strecke, nämlich 68 ‰, durch Aufballastierung des Fahrzeuges oder Beigeben einer entsprechenden ungebremsten Anhängelast simuliert werden.

Anderenfalls gilt die Zulassung nur für die Strecken, deren Parameter durch die Nachweise abgedeckt werden. Dies kann z. B. für elektrische Triebfahrzeuge sinnvoll sein, die aufgrund ihrer Traktionsausrüstung nur bestimmte Strecken befahren können oder sollen.

Die Prüfungen müssen von einer fachkundigen Instanz durchgeführt werden, z. B. durch eine Prüfstelle, die die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 erfüllt.

Dabei sind die folgenden Randbedingungen einzuhalten:

- Die bremstechnische Prüfung nach den „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Schienenfahrzeugen“ einschließlich der relevanten Ergänzungsregelungen wurde erfolgreich abgeschlossen.⁹ Dies darf bei neu gebauten Fahrzeugen auch parallel erfolgen.
- Die Nachweise sind bei der jeweils höchsten bremstechnisch relevanten Masse (gemäß Kapitel 2.3) des zu prüfenden Fahrzeuges zu erbringen.
- Für die Prüfungen ist das Fahrzeug gemäß den „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Schienenfahrzeugen“ mit Messtechnik auszurüsten.
- Bei den Bremsungen bis zum Stillstand zur Bewertung des Anhalteweges sind jeweils vier verwertbare Messungen durchzuführen.
- Die Reibpartner inkl. der Polschuhe ggf. vorhandener Magnetschienenbremsen müssen zu Beginn der Fahrprüfungen eingeschliffen sein (gemäß den „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Schienenfahrzeugen“).

In Vorbereitung der Prüfung ist eine projektspezifische Prüfspezifikation zu erstellen.

⁸ Diese Strecke weist von allen deutschen Steilstrecken den größten Höhenunterschied und gleichzeitig das längste zusammenhängende Gefälle auf. Sie ist allerdings nicht die steilste der Steilstrecken.

⁹ Für Fahrzeuge, die vor Inkrafttreten besagter „Regelungen“ eine Zulassung gemäß den einschlägigen gesetzlichen Vorgaben erhalten haben, müssen mindestens die Ergebnisse der bremstechnischen Prüfungen für diese Zulassung vorliegen. Weichen diese in Prüfumfang und Qualität von den Anforderungen der „Regelungen“ ab, sind ggf. Zusatzversuche erforderlich.

Die im Folgenden beschriebenen Prüfungen sind unter Betrachtung der spezifischen technischen Ausführung des Fahrzeuges verbindlich.

9.2 Grundsätzliche Prüfungen im Stand

Die im Folgenden benannten grundsätzlichen Prüfungen dienen dem Nachweis des bestimmungsgemäßen Zustandes des Fahrzeuges als Voraussetzung für die nach den Standprüfungen durchzuführenden Fahrprüfungen. Die Prüfungen müssen gemäß den „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Schienenfahrzeugen“ durchgeführt werden.

- Überprüfung der Fahrzeugdaten auf Übereinstimmung mit der Fahrzeugdokumentation und Richtigkeit.
- Prüfung auf Übereinstimmung der Bremsbauteile und der relevanten Fahrzeugsoftware mit der Fahrzeugdokumentation, der Bremsberechnung und dem Bremskonzept.
- Erfassung und Dokumentation der steilstreckenspezifischen Ausrüstungen (z. B. Festlegemittel).
- Kontrolle der Bremsanlage zwecks Feststellung der bestimmungsgemäßen Grundfunktionen.
- Beurteilung des Zustandes der Reibpartner der Reibungsbremsen vor und nach den Prüfungen (Bremsbeläge, Bremsscheiben, Bremsklötze, Radlauflächen, ggf. Radreifenmarkierungen, Magnetschienenbremsen).
- Nachweis der Festhaltewirkung des Hauptbremssystems unter Bezug auf die Hinweise zur Streckenneigung im Kapitel 9.1. Diese Prüfung darf auch auf einem ebenen und geraden Gleis mit einer der Hangabtriebskraft entsprechenden Zugkraft durchgeführt werden.
- Nachweis der Festhaltewirkung der Feststellbremse gemäß Kapitel 6 unter Bezug auf die Hinweise zur Streckenneigung im Kapitel 9.1. Diese Prüfung darf auch auf einem ebenen und geraden Gleis mit einer der Hangabtriebskraft entsprechenden Zugkraft durchgeführt werden. Ist eine Haltebremse vorhanden, so ist deren Funktion sinngemäß zu prüfen.
- Bei Triebfahrzeugen Überprüfung von Ausfallsituationen gemäß Kapitel 3 im Stand.
- Prüfung der Funktionen der Sandstreueinrichtung.

9.3 Fahrprüfungen

9.3.1 Einführung

Bremsungen bis zum Stillstand sind als Schnellbremsungen jeweils aus der für die Talfahrt mit der für das Fahrzeug im Steilstreckenbetrieb vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit durchzuführen. Diese fahrzeugspezifische Höchstgeschwindigkeit kann kleiner als die Streckenhöchstgeschwindigkeit der Versuchsstrecke sein. Im Falle nicht ausreichender Bremsleistung ist die gemäß Bremstafel maßgebliche Höchstgeschwindigkeit im Gefälle des Versuchsabschnittes zu beachten.

Bei den Versuchen ist das in der Ebene ermittelte Bremsgewicht zu Grunde zu legen. Als Grenzwert für das Hauptbremssystem gelten die Anhaltewege gemäß der Matrix in Anhang 10. Sie dienen dem Nachweis des Schutzziels, dass das Fahrzeug unter Berücksichtigung der Streckenverhältnisse und der betrieblichen Anforderungen sicher zum Stillstand abgebremst werden kann (siehe auch Kapitel 2.2). Zum Vergleich mit der Matrix¹⁰ sind die tatsächliche Bremsausgangsgeschwindigkeit und der gemessene Anhalteweg zu verwenden. Korrekturen der Anhaltewege, wie sie in DIN EN 16834 vorgesehen sind, finden hier nicht statt. Aus diesem Grund können auch die Kriterien zur Gültigkeit einer Versuchsreihe nicht angewendet werden¹¹. Deshalb

¹⁰ Für die Bremsstellung G muss die Bewertungsmatrix noch aufgestellt werden, sofern dies künftig erforderlich wird.

¹¹ An dieser Stelle liegt es in der Verantwortung des Prüfinstitutes, bei unverhältnismäßig großen Streuungen der Anhaltewege eine Versuchsreihe abzubrechen. Vor der Fortführung der Versuche ist die Ursache zu ermitteln und zu beseitigen.

sind Zwischenwerte für die Bremsausgangsgeschwindigkeit und die Bremsleistung durch Interpolation zu bestimmen.

Wenn der Grenzwert der Matrix in Anhang 10 nicht eingehalten wird, ist für den Betrieb auf Steilstrecken ein besonderes Bremsgewicht auszuweisen.

Das besondere Bremsgewicht für den Betrieb auf Steilstrecken ist aus dem Mittelwert der sich aus den einzelnen Bremsversuchen ergebenden Bremsleistung unter Anwendung der Matrix in Anhang 10 zu ermitteln.

Für den Nachweis der am Fahrzeug vorhandenen Ersatzsysteme des Hauptbremssystems gilt als Grenzwert der Anhalteweg nach Bremstafel.

Sogenannte Absenkfahrten werden jeweils vom geographisch höchsten betrieblich maßgebenden Punkt bis ans Ende der Gefällestrasse realisiert. Sie dienen dem Nachweis des Schutzziels, dass mit dem Fahrzeug auch unter thermisch ungünstigsten Bedingungen sicher die maximal zulässige Geschwindigkeit bei Talfahrt gehalten werden kann.

9.3.2 Bremsungen bis zum Stillstand

- Prüfung der Anhaltewege in den Bremsstellungen P und R (sofern jeweils vorhanden) des allein wirkenden Hauptbremssystems aus der maximal zulässigen Geschwindigkeit bis zum Stillstand. Bei Nichteinhaltung der Anhaltewege ist die maximal zulässige Geschwindigkeit des Fahrzeuges für die Talfahrt beim Steilstreckeneinsatz zu reduzieren und die Prüfung mit dieser reduzierten Bremsausgangsgeschwindigkeit zu wiederholen.
- Prüfung der Anhaltewege in den Bremsstellungen P und R (sofern jeweils vorhanden) in Kombination mit den weiteren Bremseinrichtungen nach Kapitel 3c) aus der maximal zulässigen Geschwindigkeit bis zum Stillstand (die Kombination darf durch die Fahrzeugsteuerung oder manuell hergestellt werden). Bei Nichteinhaltung der Anhaltewege ist die maximal zulässige Geschwindigkeit des Fahrzeuges für die Talfahrt beim Steilstreckeneinsatz zu reduzieren und die Prüfung mit dieser reduzierten Bremsausgangsgeschwindigkeit zu wiederholen.
- Prüfung, ob bei Ausfall der leistungsstärksten autarken Einheit des Hauptbremssystems das Fahrzeug durch Aktivieren der Zusatzbremse nach Kapitel 3d) oder der Feststellbremse nach Kapitel 3b) zusammen mit der weiteren Bremseinrichtung nach Kapitel 3c) zum Stillstand kommt. Dabei gilt der Grenzwert der Anhaltewege nach Bremstafel (ohne Abzug).

9.3.3 Absenkfahrten

- Prüfung des Regulierverhaltens des Hauptbremssystems unter stufenweisem Absenken der Geschwindigkeit, Anhalten mit einer Schnellbremsung.
- Prüfung des Regulierverhaltens der weiteren Bremseinrichtung nach Kapitel 3c) unter stufenweisem Absenken der Geschwindigkeit.
- Prüfung des Regulierverhaltens des Hauptbremssystems bei Beharrungsfahrt mit der für das Fahrzeug im Steilstreckenbetrieb vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit für die Talfahrt.
- Prüfung des Regulierverhaltens mit der für das Fahrzeug im Steilstreckenbetrieb vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit für die Talfahrt bei Ausfall der leistungsstärksten abschaltbaren Bremseinheit des Hauptbremssystems (bei Erfordernis darf ein weiteres Bremssystem nach Kapitel 3b), 3c) oder 3d) einbezogen werden).
- Prüfung der Leistungsfähigkeit der weiteren Bremseinrichtung nach Kapitel 3c) zur Gewährleistung der Beharrungsfahrt mit der für das Fahrzeug im Steilstreckenbetrieb vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit für die Talfahrt. Eine Kombination aus maximal zwei der genannten zusätzlichen Bremseinrichtungen ist zulässig.
- Bei Lokomotiven: Prüfung des Regulierverhaltens und der thermischen Leistungsfähigkeit des Hauptbremssystems sowie der gleichzeitig wirkenden weiteren Bremseinrichtung nach Kapitel 3 bei Beharrungsfahrt mit der für das Fahrzeug im Steilstreckenbetrieb vorgesehenen

Höchstgeschwindigkeit für die Talfahrt bei Mitführung einer ungebremsten Anhängelast gemäß Kapitel 3.

- Prüfung der Funktion der Magnetschienenbremse und Nachweis der ausreichenden Batteriekapazität nach einer Absenkefahrt, falls die Magnetschienenbremse als weitere Bremseinrichtung gemäß Kapitel 3c) verwendet wird.

9.3.4 Sonstige Prüfungen

- Prüfung der Sicherung mit Festlegemitteln im Maximalgefälle (Ermittlung der mindestens mitzuführenden Festlegemittel gemäß Kapitel 7). Erfolgt diese Prüfung nicht auf der steilsten vorgesehenen Einsatzstrecke, so darf die zusätzlich zu berücksichtigende Hangabtriebskraft dieser Strecke durch Aufballastierung des Fahrzeuges oder Beigeben einer entsprechenden ungebremsten Anhängelast simuliert werden.
- Der Hauptluftbehälterdruck bleibt während aller Prüfungen > 6 bar.
- Prüfung der vom Hauptbremssystem unabhängigen Bedienbarkeit der zusätzlichen Bremssysteme.
- Prüfung der Ablösefunktionen der dynamischen Bremse durch das Hauptbremssystem bei Ausfall bzw. Fehler der dynamischen Bremse; Ausführung der Prüfung nach vollständigem Aufbau der Bremskraft der dynamischen Bremse.
- Prüfung der Reaktivierbarkeit der dynamischen Bremse durch bewusste Bedienhandlung des Triebfahrzeugführers nach regulärer Abschaltung z. B. durch den Gleitschutz, eine von der Geschwindigkeit abhängige Steuerung oder nach einer Schnellbremsung.
- Prüfung der Bedienbarkeit der Magnetschienenbremse einschließlich deren Wirkung bis zum Stillstand.
- Prüfung des Anfahrens gegen die wirksame Bremse in der maximalen Steigung.

10 Anhang

10.1 Steilstrecken öffentlicher Infrastruktur in Deutschland (informativ)

Regelspur (EBO):

- Linz (Rhein) – Kalenborn
- Boppard - Buchholz (Hunsrück)
- Hirschsprung - Hinterzarten („Höllentalbahn“, Schwarzwald)
- Baiersbronn - Freudenstadt Hbf (Schwarzwald)
- Stützerbach - Schleusingen („Rennsteigbahn“, Thüringen)
- Suhl-Neundorf - Suhl-Friedberg (Thüringen)
- Blankenburg - Königshütte („Rübelandbahn“, Harz)
- Bad Reichenhall - Hallthurm (Oberbayern)

Schmalspur (ESBO):

- Oberzissen - Engeln („Brohltalbahn“, Spurweite 1.000 mm)

Die Parameter dieser Strecken (u.a. maximale/maßgebende Neigung, Länge, zugelassene Streckenhöchstgeschwindigkeit, zulässige Anhaltewege, Bremstafel) können beim jeweiligen Infrastrukturbetreiber über die Nutzungsbedingungen abgefragt werden.

10.2 Beispiel eines auf Steilstrecken verwendbaren Radvorlegers (informativ)



Doppelseitig wirkender Radvorleger (am Schienenkopf festschraubbar) Foto: O. Gröpler, Minden

10.3 Matrix der Grenzwerte für die Anhaltewege in Bremsstellung P und R

Gilt für Züge, Lokomotiven, Triebwagen und Triebzüge in Bremsstellung P und R												
Gefälle in ‰	Brh in ‰	Bei einer Bremsausgangsgeschwindigkeit (in km/h) von dürfen zur Erlangung der angegeben Bremswertstel im jeweiligen Gefälle folgende Anhaltewege (in m) nicht überschritten werden										
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
41	40	132	382	916								
41	45	84	185	341	528	761						
41	50	63	129	222	333	467	637	852				
41	55	52	101	168	248	343	459	603	778	986		
41	60	45	84	137	200	273	363	470	599	750	921	
41	65	39	73	117	169	229	302	388	490	608	741	891
41	70	35	65	103	147	198	260	332	417	514	623	745
41	75	32	59	92	131	176	229	291	364	447	539	642
41	80	30	54	84	119	158	206	260	324	396	476	565
41	85	28	50	77	109	145	187	236	293	357	427	506
41	90	26	47	72	101	134	172	216	267	325	389	459
41	95	25	44	67	95	124	160	200	247	299	357	420
41	100	24	41	64	89	117	149	187	229	278	330	388
50	50	153	453									
50	55	95	206	372	563	815						
50	60	72	142	239	352	493	674	911				
50	65	58	111	180	261	360	482	635	825			
50	70	50	92	147	210	286	379	492	629	788	971	
50	75	44	79	125	177	239	314	404	511	634	774	932
50	80	39	70	109	154	207	270	345	433	533	647	774
50	85	36	64	98	137	183	238	302	377	462	557	664
50	90	33	58	89	124	165	213	269	335	409	491	582
50	95	31	54	82	114	151	194	244	302	367	440	520
50	100	29	50	76	106	139	178	223	276	334	399	471
50	105	27	47	71	99	129	165	207	254	307	366	431
50	110	26	45	67	93	121	154	192	236	285	339	398
55	55	163	538									
55	60	98	218	397	601	879						
55	65	73	146	247	364	513	706	966				
55	70	60	113	184	266	369	496	657	860			
55	75	51	93	149	213	291	386	503	646	813		
55	80	44	80	126	179	242	318	411	521	648	794	959
55	85	40	71	110	155	208	272	349	439	542	658	790
55	90	36	64	98	138	184	239	304	380	467	564	673
55	95	33	58	89	124	165	214	270	337	412	495	589
55	100	31	54	82	114	150	194	244	303	369	442	524
55	105	29	50	76	105	139	178	223	276	335	401	473
55	110	27	47	71	98	129	165	206	254	307	367	432
55	115	26	45	67	92	120	154	192	235	284	338	398
55	120	25	42	63	87	113	144	179	220	265	315	369
55	125	24	40	60	83	107	136	169	206	249	294	345
55	130	23	38	58	79	102	129	160	195	234	277	324
61	60	220										
61	65	113	266	502	767							
61	70	81	164	281	414	590	828					
61	75	64	123	201	291	405	549	737	981			
61	80	54	100	159	227	312	416	546	707	898		
61	85	47	85	133	188	256	337	437	558	698	859	
61	90	42	74	115	162	218	285	366	463	574	700	843
61	95	38	67	102	143	191	248	317	398	489	593	710
61	100	35	61	92	128	171	221	280	350	428	516	615
68	70	138	400	888								
68	75	90	196	348	521	763						
68	80	69	136	228	333	470	650	898				
68	85	57	107	173	249	344	465	620	818			
68	90	49	89	141	201	275	366	478	618	782	973	
68	95	43	77	120	170	230	303	392	500	624	767	931
68	100	39	68	105	148	199	260	334	421	522	636	766

10.4 Matrix der Grenzwerte für die Anhaltewege in Bremsstellung G

bleibt offen