

DIN EN 16207



ICS 45.040

Entwurf

Einsprüche bis 2021-11-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 16207:2020-02

**Bahnanwendungen –
Bremse –
Anforderungen an Funktion und Leistungsfähigkeit von
Magnetschienenbremssystemen für Schienenfahrzeuge;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16207:2021**

Railway applications –
Braking –
Functional and performance criteria of Magnetic Track Brake systems for use in railway rolling stock;
German and English version prEN 16207:2021

Applications ferroviaires –
Freinage –
Critères pour la fonction et la performance des systèmes de freinage magnétiques pour véhicules ferroviaires;
Version allemande et anglaise prEN 16207:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-09-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) oder Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 88 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16207:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-03 AA „Bremse“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 16207:2020-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) Anforderungen an Endstücke der Magnetelemente (siehe 5.5) wurden überarbeitet;
- c) Anforderungen an Ansteuerung der Mg-Bremse (siehe 5.10) wurden überarbeitet;
- d) Inhalt der Tabelle C.1 „Liste für Endstücke und Hauptmaße“ wurde aktualisiert;
- e) neuer Anhang D „Validierungsverfahren für neue Endstücke von Mg-Bremsen“ wurde hinzugefügt;
- f) Anhang ZA wurde nach der Richtlinie (EU) 2016/797 aktualisiert;
- g) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

<i>Titel de:</i>	Bahnanwendungen — Bremse — Anforderungen an Funktion und Leistungsfähigkeit von Magnetschienenbremssystemen für Schienenfahrzeuge
<i>Titel en:</i>	Railway applications — Braking — Functional and performance criteria of Magnetic Track Brake systems for use in railway rolling stock
<i>Titel fr:</i>	Applications ferroviaires — Freinage — Critères pour la fonction et la performance des systèmes de freinage magnétiques pour véhicules ferroviaires

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Abkürzungen	8
4 Aufgabe und Zweck der Mg-Bremse.....	9
5 Konstruktive Anforderungen.....	10
5.1 Von der Mg-Bremse freizuhaltende Räume.....	10
5.2 Verzögerungskraft.....	11
5.3 Führung des Magneten bei Wirksamkeit im Gleisbereich.....	11
5.4 Ruhestellung der Mg-Bremse über der Schienenoberkante.....	11
5.5 Magnetelemente.....	12
5.5.1 Endstücke	12
5.5.2 Polschuhe.....	12
5.6 Freiraum für Radbearbeitungsmaschinen und Transportrollen.....	12
5.7 Festigkeitsanforderungen	13
5.8 Mechanische Befestigung der Mg-Bremsteile im Fahrwerk	15
5.9 Zusätzliche Anforderungen an Permanentmagnete.....	15
5.10 Ansteuerung der Mg-Bremse.....	15
6 Lastkombinationen für Bauteilprüfungen	16
6.1 Mg-Bremse ist angerechnet im Schnellbremsvermögen.....	16
6.2 Mg-Bremse ist nicht angerechnet im Schnellbremsvermögen	17
7 Diagnose der Mg-Bremse	17
8 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Schnittstellen	18
8.1 Verträglichkeit mit Zugortungssystemen.....	18
8.2 Drehgestellanbauteile im Bereich der Mg-Bremse	18
8.3 EMV-Prüfungen nach EN 50121-3-2.....	18
9 Typ- und Serienprüfungen	18
9.1 Typprüfung.....	18
9.1.1 Allgemeines.....	18
9.1.2 Magnetische Prüfung.....	19
9.1.3 Elektrische Prüfung.....	19
9.1.4 Thermische Prüfung.....	19
9.1.5 Mechanische Prüfung.....	19
9.1.6 Andere Prüfungen und Nachweise	20
9.2 Serienprüfung.....	20
10 Fahrzeugintegrationsprüfungen.....	20
Anhang A (normativ) Lastannahmen für die Mg-Bremse	22
A.1 Allgemeines.....	22
A.2 Ruhestellung (Hochlage).....	22
A.2.1 Lastfallerläuterung.....	22
A.2.2 Beschleunigungen	24

A.2.3	Anregung durch Flachstellen	24
A.2.4	Stoß (Ruck) durch Hochschnellen der elektromagnetischen Mg-Bremse	24
A.3	Arbeitsstellung (Bremsstellung)	24
A.3.1	Lastfallerläuterung.....	24
A.3.2	Längskraft $F_{B,x}$ aus Mg-Bremung.....	25
A.3.3	Aspekte der Kraftübertragung.....	25
A.4	Gleisbremsen	27
A.4.1	Allgemeines	27
A.4.2	Lastfallerläuterung.....	27
A.5	FME(C)A.....	28
A.6	Lastkollektiv für den Betriebssicherheitsnachweis.....	28
A.7	Lastkollektiv für Bauteilprüfungen, Beispiel für ein Lastkollektiv mit 10 000 Bremsungen.....	30
A.8	Prüfablauf.....	30
A.9	Prüfergebnis.....	30
Anhang B (normativ) Messung der magnetischen Anzugskraft — Funktionsprüfung der Bremsmagnete.....		31
B.1	Messung der magnetischen Anzugskraft von Mg-Bremsmagneten	31
B.2	Mittelwertbildung der Anzugskraft bei Starrmagneten.....	32
B.3	Mittelwertbildung der Anzugskraft bei Gliedermagneten.....	32
Anhang C (normativ) Endstücke von Mg-Bremsen		34
Anhang D (normativ) Validierungsverfahren für neue Endstücke von Mg-Bremsen.....		38
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie (EU) 2016/797		41
Literaturhinweise.....		43

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16207:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 16207:2014+A1:2019 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Gegenüber der vorherigen Ausgabe wurden die folgenden technischen Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) Anforderungen an Endstücke von Magnetelementen (siehe 5.5) wurden geändert;
- c) Anforderungen an die Ansteuerung der Mg-Bremse (5.10) wurden geändert;
- d) der Inhalt der Tabelle C.1 „Liste für Endstücke und Hauptmaße“ wurde aktualisiert;
- e) ein neuer normativer Anhang D „Validierungsverfahren für neue Endstücke von Mg-Bremsen“ wurde hinzugefügt;
- f) Anhang ZA wurde in Übereinstimmung mit der Richtlinie (EU) 2016/797 aktualisiert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Funktionsweise, Position, Einschränkungen und Steuerung für Magnetschienenbremssysteme (Mg-Bremssysteme) fest, die in Drehgestelle von Vollbahnzügen eingebaut sind und bei Geschwindigkeiten bis zu 280 km/h für Schnellbremsungen sowie unter Bedingungen mit niedrigem Kraftschluss genutzt werden. Dieses Dokument beschäftigt sich daher nur mit Mg-Bremsen in Hochaufhängung und nicht mit hoch/tief bzw. tief aufgehängten Mg-Bremsen.

Dieses Dokument beinhaltet auch Prüfverfahren und Zulassungsbedingungen für Mg-Bremssysteme. Außerdem werden die Schnittstellen zur elektrischen Ausrüstung, zum Drehgestell, zum Oberbau und zu anderen Bremssystemen festgelegt.

Auf der Basis bestehender Internationaler und nationaler Normen werden zusätzliche Anforderungen festgelegt an:

- Einsatzbedingungen der Mg-Bremse;
- Verzögerungs- und Bremskräfte;
- Funktions- und Konstruktionsmerkmale;
- Festigkeitsanforderungen;
- Typ-, Serien- und Fahrzeugintegrationsprüfungen.

Zur Konstruktion und Berechnung wird eine „Referenzfläche“ (das Normalquadrat) eingeführt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 10025-2:2019, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 13674-1:2011+A1:2017, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienen — Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m*

EN 14198:2016+A2:2021, *Bahnanwendungen — Bremsen — Anforderungen an die Bremsausrüstung lokbespannter Züge*

EN 14478:2017, *Bahnanwendungen — Bremsen — Fachbegriffe*

EN 14531-2:2015, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Berechnung der Anhalte- und Verzögerungsbremswege und der Feststellbremsung — Teil 2: Schrittweise Berechnungen für Zugverbände oder Einzelfahrzeuge*

EN 15179:2007, *Bahnanwendungen — Bremsen — Anforderungen für die Bremsausrüstung von Reisezugwagen*

EN 15273-1:2013+A1:2016, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 1: Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Infrastruktur und Fahrzeuge*

EN 15734-1:2010,¹ *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Hochgeschwindigkeitszüge — Teil 1: Anforderungen und Definitionen*

EN 15734-2:2010,² *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Hochgeschwindigkeitszüge — Teil 2: Prüfverfahren*

EN 16185-1:2014+A1:2020, *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Triebzüge — Teil 1: Anforderungen und Definitionen*

EN 16185-2:2014+A1:2019, *Bahnanwendungen — Bremssysteme für Triebzüge — Teil 2: Prüfverfahren*

EN 16834:2019, *Bahnanwendungen — Bremse — Bremsvermögen*

EN 45545-2:2020, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten*

EN 50124-1:2017, *Bahnanwendungen — Isolationskoordination — Teil 1: Grundlegende Anforderungen — Luft- und Kriechstrecken für alle elektrischen und elektronischen Betriebsmittel*

EN 50126-1:2017, *Bahnanwendungen — Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) — Teil 1: Generischer RAMS-Prozess*

EN 50129:2018,³ *Bahnanwendungen — Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme — Sicherheitsbezogene elektronische Systeme für Signaltechnik*

EN 50657:2017, *Bahnanwendungen — Anwendungen für Schienenfahrzeuge — Software auf Schienenfahrzeugen*

EN 60077-1:2017, *Bahnanwendungen — Elektrische Betriebsmittel auf Schienenfahrzeugen — Teil 1: Allgemeine Betriebsbedingungen und allgemeine Regeln (IEC 60077-1:2017)*

EN 60529:1991,⁴ *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989)*

EN 61373:2010, *Bahnanwendungen — Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen — Prüfungen für Schwingen und Schocken (IEC 61373:2010)*

EN ISO 2409:2020, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409:2020)*

EN ISO 4628-3:2016, *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Beurteilung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen — Teil 3: Bewertung des Rostgrades (ISO 4628-3:2016)*

EN ISO 9227:2017, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2017)*

1 Geändert durch EN 15734-1:2010/AC:2013 und EN 15734-1:2010/prA1:2021.

2 Geändert durch EN 15734-2:2010/AC:2012 und EN 15734-2:2010/prA1:2021.

3 Geändert durch EN 50129:2018/AC:2019-04.

4 Geändert durch EN 60529:1991/A1:2000 und EN 60529:1991/A2:2013.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 14478:2017 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1.1

Betätigungszyylinder

Bauteil, mit dem die Mg-Bremse auf die Schiene abgesenkt wird, üblicherweise ein Pneumatikzylinder mit Rückstellfeder

3.1.2

Endstücke

führen die Magnete auf den Schienen

Anmerkung 1 zum Begriff: Endstücke tragen auch zur Bremskraft bei.

Anmerkung 2 zum Begriff: Endstücke verschleifen.

3.1.3

Hochaufhängung

Ausführungsform einer Mg-Bremse, in welcher die Magnete untereinander durch Spurhalter verbunden sind und in ihrer Ruhestellung mittels Federkraft über Zentriereinrichtungen in Hochlage im Fahrwerksrahmen gehalten werden und in der zum Anlegen der Magnete eine Energiequelle angewendet wird, die sie auf die Schienen absenkt

3.1.4

Hoch-/Tiefaufhängung

Ausführungsform einer Mg-Bremse, in welcher die Magnete untereinander ebenfalls durch Spurhalter verbunden sind und in ihrer Ruhestellung über Zentriereinrichtungen in Hochlage im Fahrwerksrahmen gehalten werden, von wo sie unter Nutzung einer externen Energiequelle in ihre Tieflage bewegt werden, wohingegen sich die Magnete in ihrer Tieflage in einer Höhe befinden, die es erlaubt, dass die Magnete bei Erregung gegen eine Federkraft auf die Schiene gezogen werden

3.1.5

Tiefaufhängung

Ausführungsform einer Mg-Bremse, in welcher die Magnete mittels Federkraft in einer Höhe über der Schienenoberkante gehalten werden, die es erlaubt, dass die Magnete bei Erregung auf die Schiene gezogen werden

3.1.6

Polschuhe

Reibelemente des Magneten, welche die Bremskraft erzeugen

Anmerkung 1 zum Begriff: Polschuhe verschleifen und sind daher austauschbar.

3.1.7

Ruhestellung

Stellung der Mg-Bremse, in welcher sich die Magnete in einem merklichen Abstand zur Schienenoberkante befinden, sofern kein Bremsbefehl anliegt, und in der die Magnete durch das Drehgestell geführt und gehalten werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Stellung entspricht der geometrisch definierten Ruhestellung bei Hochaufhängung und bei Hoch-/Tiefaufhängung.

3.1.8

Aufschieferungen

Materialaufschweißungen

Ansammlung metallischer Abriebteilchen an der Unterseite der Polschuhe einer Mg-Bremse

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Vorhandensein dieser Materialaufschweißungen verringert das Bremsvermögen der Mg-Bremse. Es ist daher notwendig, sie im Rahmen der Instandhaltungsarbeiten zu entfernen.

3.1.9

Arbeitsstellung

Stellung der Mg-Bremse, in welcher die Magnete in Kontakt mit den Schienen sind und sich dabei selbst durch das Magnetfeld zentrieren, und in der bei erregten Magneten durch Reibung die Bremskraft erzeugt wird

3.2 Abkürzungen

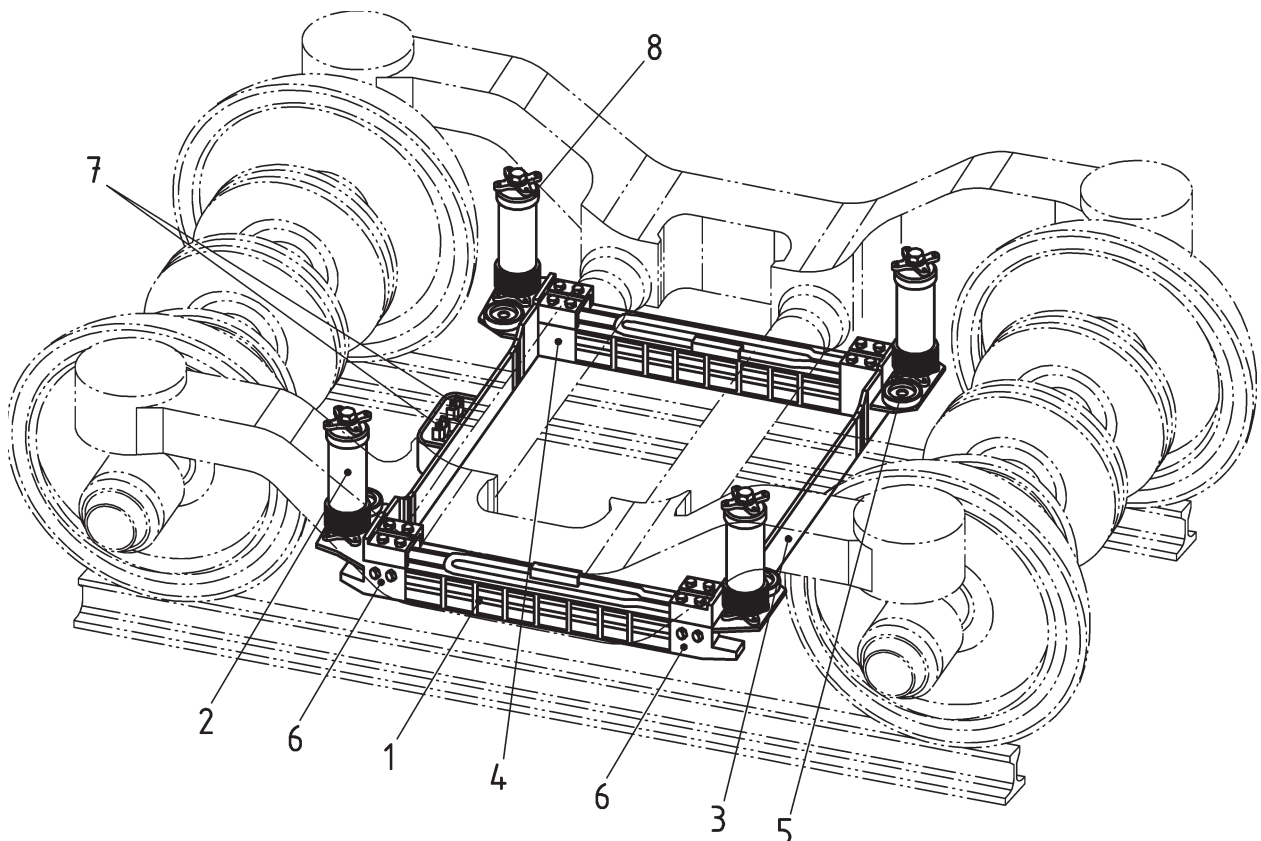
Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

HLL	Hauptluftleitung
CCS	Steuerbefehl und Signaltechnik (en: Control Command and Signalling)
DC	Gleichstrom (en: Direct Current)
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
FME(C)A	Failure Mode Effect (Criticality) Analysis
g	Fallbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$)
IP67	IP-Code: ein Kodiersystem, das die Schutzgrade durch Gehäuse angibt, die einen Schutz bieten gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen, das Eindringen von festen Fremdkörpern, das Eindringen von Wasser und das weitere Informationen in Zusammenhang mit diesem Schutz nach EN 60529 angibt
Mg-Bremse	Magnetschienenbremse für den Einbau in ein Drehgestell/Fahrwerk
PD2	Grad der Verunreinigung zur Bewertung von Kriechstrecken und Freiräumen nach EN 50124-1
q	Freiraum, in Millimeter, zwischen Radsatzwelle und unterem Drehgestellrahmen, nach EN 15273-1:2013+A1:2016
R+Mg	Bremsstellung mit wirkender Mg-Bremse in Übereinstimmung mit EN 14198
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität (en: Technical Specification for Interoperability)
U_N	nominale Batteriespannung
GS	Gleitschutz

4 Aufgabe und Zweck der Mg-Bremse

Die Mg-Bremse ist eine zusätzliche Bremsenrichtung, die unmittelbar auf die Schienen wirkt und daher nicht vom Kraftschluss zwischen Rad und Schiene abhängig ist. Ihre Wirkung beruht auf Reibung infolge magnetischer Anzugskraft (Haftkraft) auf der Schiene. Die magnetische Anzugskraft kann elektrisch oder durch Dauermagnete erzeugt werden. Die Mg-Bremse wird erforderlichenfalls zur Ergänzung der vom Kraftschluss zwischen Rad und Schiene abhängigen Bremsenrichtung in das Drehgestell oder Fahrwerk eingebaut. Die Bremsmagnete sind im Drehgestell zwischen den Radsatzwellen angeordnet.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für eine in ein Drehgestell eingebaute Mg-Bremse in Hochaufhängung in vereinfachter Darstellung.



Legende

- 1 Magnet mit segmentierten oder nicht segmentierten (starren) Polschuhen
- 2 Betätigungszyylinder
- 3 Spurhalter
- 4 Mitnehmer, nicht magnetisch
- 5 Zentriereinrichtung zur Begrenzung von seitlichen Bewegungen in der Ruhestellung
- 6 spezielle Endstücke für Weicheneinlauf
- 7 elektrische Schnittstelle
- 8 pneumatische Schnittstelle

Bild 1 — Einbau einer Mg-Bremse in ein Drehgestell (Beispiel)

Die Mg-Bremse wird im Allgemeinen in folgenden Fällen angewendet:

a) bei Schnellbremsungen:

Die Mg-Bremse wird bei einer Schnellbremsung automatisch aktiviert. Wenn die Mg-Bremse zum Schnellbremsvermögen beiträgt, unterliegt sie hinsichtlich ihrer Wirkbereitschaft besonderen Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit. Ihr Anteil an der Verzögerung kann in diesem Fall auf das Bremsgewicht/die Gesamtverzögerung des Fahrzeugs angerechnet werden.

b) bei Bremsungen unter Bedingungen mit niedrigem Kraftschluss oder in starken Gefällen:

Die Mg-Bremse darf auf Anforderung des Triebfahrzeugführers als zusätzliche kraftschlussunabhängige Bremse aktiviert werden.

Falls Fahrzeuge mit wirkender Mg-Bremse in Rangierbereichen zu bewegen sind, muss eine Unterdrückung der Mg-Bremse möglich sein, und die Freiraumeinschränkungen nach EN 15273-1:2013+A1:2016, Bild C.4 müssen eingehalten werden.

ANMERKUNG 1 Es besteht das Risiko, dass Ablaufberge, Gleisbremsen und andere Rangier- und Hemmeinrichtungen in Kontakt zu den Mg-Bremsen gelangen können, besonders in Gleisbögen mit einem Radius $R < 150$ m.

ANMERKUNG 2 Fahrzeuge, die wegen ihrer Konstruktion beim Passieren von Ablaufbergen einen Schaden erleiden können, werden durch EN 15877-2:2013, Bild 76 gekennzeichnet. Fahrzeuge, die nicht zum Fahren über Gleisbremsen vorgesehen sind, werden durch EN 15877-2:2013, Bild 58 gekennzeichnet.

5 Konstruktive Anforderungen

5.1 Von der Mg-Bremse freizuhaltende Räume

Durch die Lage der Bremsmagnete über der Schiene muss ein Freiraum sichergestellt werden, der unter allen betrieblichen Konfigurationen/Bedingungen ausreichend groß ist, um zu verhindern, dass ein Kontakt der nicht aktivierten Magnete mit der Schiene (infolge von Schwingungen oder Einfederungen) unabhängig von der Geschwindigkeit, auch unter extremen Bedingungen mit Radverschleiß und neuen Bremsmagneten, erfolgt.

Die einzuhaltenden Freiräume müssen die seitliche Auslenkung und vertikale Höhenlage der Mg-Bremse des fahrbereiten Fahrzeugs berücksichtigen. Die einzuhaltenden Freiräume der Fahrzeuge orientieren sich grundsätzlich an folgenden Bestimmungen:

- a) Die nach EN 15273-1:2013+A1:2016, Bild C.4 zulässigen Freiräume, inklusive Raum „e“, für die untere Begrenzung der Fahrzeuge dürfen durch Teile der Mg-Bremse in Ruhe und Arbeitsstellung nicht überschritten werden. In Arbeitsstellung zentrieren sich die Magnete infolge der magnetischen Kraft auf der Schiene, daher ist der Nachweis der Profelfreiheit nur für die Ruhestellung zu erbringen.
- b) Für die kurze Zeit des Übergangs von der Ruhestellung in die Arbeitsstellung und umgekehrt muss die Profelfreiheit mit der Arbeitsstellung gleichgesetzt werden.
- c) Sollte in Arbeitsstellung der Raum „e“ in Anspruch genommen werden und sollte eine Berührung zwischen Magneten und Gleiskörper erfolgen, z. B. beim Durchfahren von Weichen, Kreuzungen und Straßenquerungen, muss eine sichere Rückführung der Magnete in den Raum „d“ ohne Beeinträchtigung der Funktion sichergestellt werden.
- d) Bei den zu erbringenden Freigängigkeitsuntersuchungen müssen die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:
 - 1) der Abnutzungszustand der Räder;
 - 2) der Polschuhzustand;
 - 3) die Federwege des Drehgestells.

5.2 Verzögerungskraft

Die Verzögerungswirkung der Mg-Bremse ist abhängig von der magnetischen Anzugskraft der Bremse auf der Schiene, ihrer Wirklänge, dem Werkstoff und dem Zustand der Magnete beim Bremsvorgang. Die Bremskraft entsteht durch Reibung zwischen den Magneten und der Schiene als kombinierter Effekt aus magnetischer Anzugskraft und dem Kraftschlussbeiwert zwischen Reibelement und Schiene.

Für die Dimensionierung und Konstruktion müssen Bremsberechnungen nach EN 14531-2:2015 angestellt werden. Das Bremsvermögen muss durch Versuche nachgewiesen werden.

Die Mg-Bremse muss ihre Verzögerungswirkung möglichst unter allen für den Eisenbahnbetrieb typischen Umweltbedingungen erbringen. Im Winter ist zur Vermeidung störender Eisablagerungen an den Polschuhen ein Warmhaltebetrieb zulässig.

Die magnetische Anzugskraft der Magnete auf dem Schienenkopf muss in den technischen Unterlagen des Herstellers definiert werden; sie wird nach den in 9.1.2 beschriebenen Verfahren angegeben und gemessen.

5.3 Führung des Magneten bei Wirksamkeit im Gleisbereich

Im Grundsatz müssen jeder Magnet oder im Verbund beide gegenüber liegenden Magnete sich in wirkender Stellung optimal auf den Schienenkopf einstellen. Dazu muss die Mg-Bremse in Arbeitsstellung im Drehgestell ausreichend quer verschiebbar sein. Das bedeutet, dass für die Mg-Bremse ein ausreichender seitlicher Freiraum vorgesehen werden muss. In EN 15273-1:2013+A1:2016 ist der Freiraum zwischen der Radsatzwelle und dem Drehgestellrahmen definiert mit q :

$$x = \text{seitlicher Abstand} + q$$

Für die Normalspur (1 435 mm) muss der Abstand der Mittellinien der Magnete $(1\,510 \pm 10)$ mm betragen, siehe Anhang C. Bei Anwendung an anderen Spurweiten muss der Abstand der Mittellinien entsprechend angepasst werden.

In einem Drehgestell müssen immer zwei gleiche Magnete mit Polschuhen gleicher Bauweise enthalten sein. Geeignete Einrichtungen (z. B. Spurhalter) müssen vorgesehen werden, um die Polschuhe zueinander parallel zu halten.

Bei Schienenkopfunterbrechungen (Weichen, Kreuzungen) müssen die stabile Führung des Magneten in der Längsachse des Schienenkopfes und seine geometrische Position zur Vertikalachse optimal ausgeführt werden, um ein weitgehend gleichbleibendes Bremsvermögen und eine geringstmögliche mechanische Belastung der Mg-Führung im Fahrwerk sicherzustellen. Die wirkende Mg-Bremse muss in der Lage sein, Weichen und Kreuzungsbereiche (einschließlich der Bereiche mit festem Herzstück) zu durchfahren. Als Referenz zur Überprüfung dieser Eigenschaft gilt eine Weiche mit einem Tangentenabzweigungswinkel von $\text{tg } \alpha \geq 0,034$.

5.4 Ruhestellung der Mg-Bremse über der Schienenoberkante

Die Mg-Bremse muss so angeordnet werden, dass sie bei einem aktiven Fahrzeug in Ruhestellung bei bis zum Betriebsgrenzmaß abgenutzten Rädern und unter Berücksichtigung einer statischen Einfederung des Fahrwerks

- innerhalb der Raums „b“ nach EN 15273-1:2013+A1:2016, Bild C.4 bleibt und
- einen Abstand von 40 mm bis 100 mm über der Schienenoberkante einhält.

Dabei darf angenommen werden, dass die festen Teile von Weichen und Kreuzungen eine Höhe von 80 mm über der Schienenoberkante nicht überschreiten.

5.5 Magnetelemente

5.5.1 Endstücke

Die Endstücke eines Magneten haben mehrere Aufgaben zu erfüllen:

- Sie schützen die magnetischen Polschuhe, die die Bremskraft übertragen, vor mechanischen Beschädigungen.
- Sie unterstützen die Führung der Magnete in Arbeitsstellung über Weichen und Kreuzungen und reduzieren die Entgleisungsgefahr.
- Sie leisten einen Betrag zur Gesamtverzögerung durch die Magnete.

Um diese Aufgaben sicherzustellen, müssen die Endstücke am Stützrahmen der Mg-Bremse befestigt sein und eine geeignete Geometrie aufweisen. Bereits validierte Endstücke sind in Anhang C aufgeführt. Alle anderen Endstücke müssen nach Anhang D bewertet werden.

5.5.2 Polschuhe

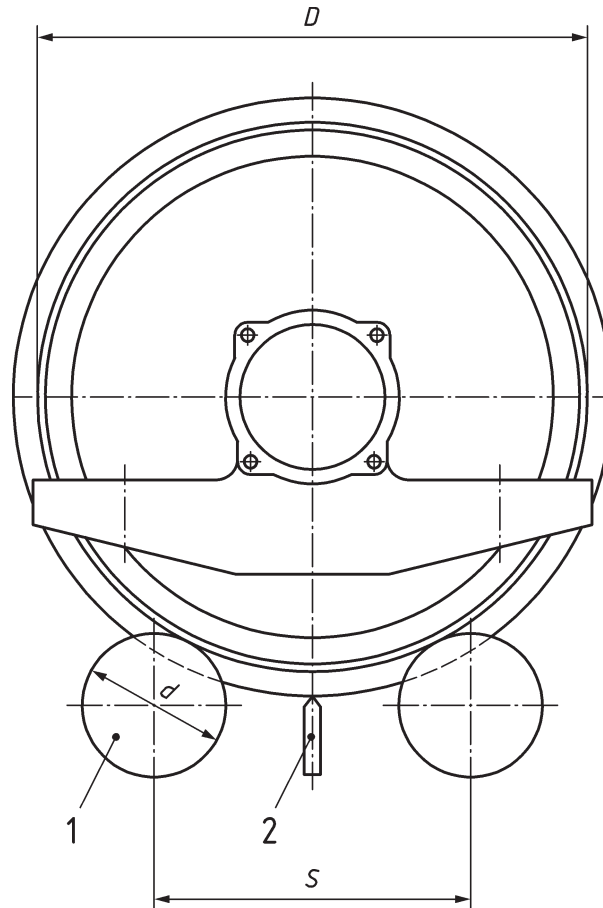
Der Magnet kann aus einem einzelnen, starren Polschuh bestehen, was im Allgemeinen für Anwendungen im Bereich niedriger Geschwindigkeiten der Fall ist. Im Vollbahnbetrieb ist der Stand der Technik durch segmentierte Magnete mit mehreren, innerhalb des Stützrahmens frei beweglichen Polschuhen gekennzeichnet (Gliedermagnet).

Die Breite des Polschuhs, die im Kontakt mit dem Schienenkopf ist, muss im Verschleißbereich 65 mm bis 72 mm betragen, die maximale Breite des Polschuhs darf 140 mm nicht überschreiten. Die Magnete dürfen mit austauschbaren Reibelementen ausgestattet sein, sodass ein einfacher Wechsel der Reibelemente ohne Ausbau der Magnete durchzuführen ist. Der maximal zulässige Verschleiß am Polschuh und/oder am Reibelement muss klar erkennbar sein.

Die Gesamtlänge L , über die die Mg-Bremse im Kontakt mit der Schiene ist, sollte mindestens 1 000 mm betragen.

5.6 Freiraum für Radbearbeitungsmaschinen und Transportrollen

Die Mg-Bremse muss so eingebaut werden, dass in der Nähe zu den Rädern ein ausreichender Freiraum vorhanden ist, um Instandhaltungs- oder Reparaturarbeiten mit Unterflurdrehmaschinen durchzuführen. Ein Beispiel für den zu diesen Zwecken erforderlichen Freiraum wird in Bild 2 gezeigt.



Legende

- D Raddurchmesser
- d Durchmesser der Antriebsrolle
- S Abstand der Achsen der Antriebsrollen
- 1 Antriebsrolle der Drehmaschine
- 2 Drehmeißel

Bild 2 — Typische Unterflurdrehbank-Anordnung

ANMERKUNG Übliche Abmessungen für Drehmaschinen sind:

- Durchmesser der Antriebsrolle $d = 220$ mm;
- Abstand der Achsen der Antriebsrollen $S = 440$ mm.

Zur Verwendung von Transportrollen muss es möglich sein, die Magnete oder ihre Endstücke ohne Beschädigungen abzubauen.

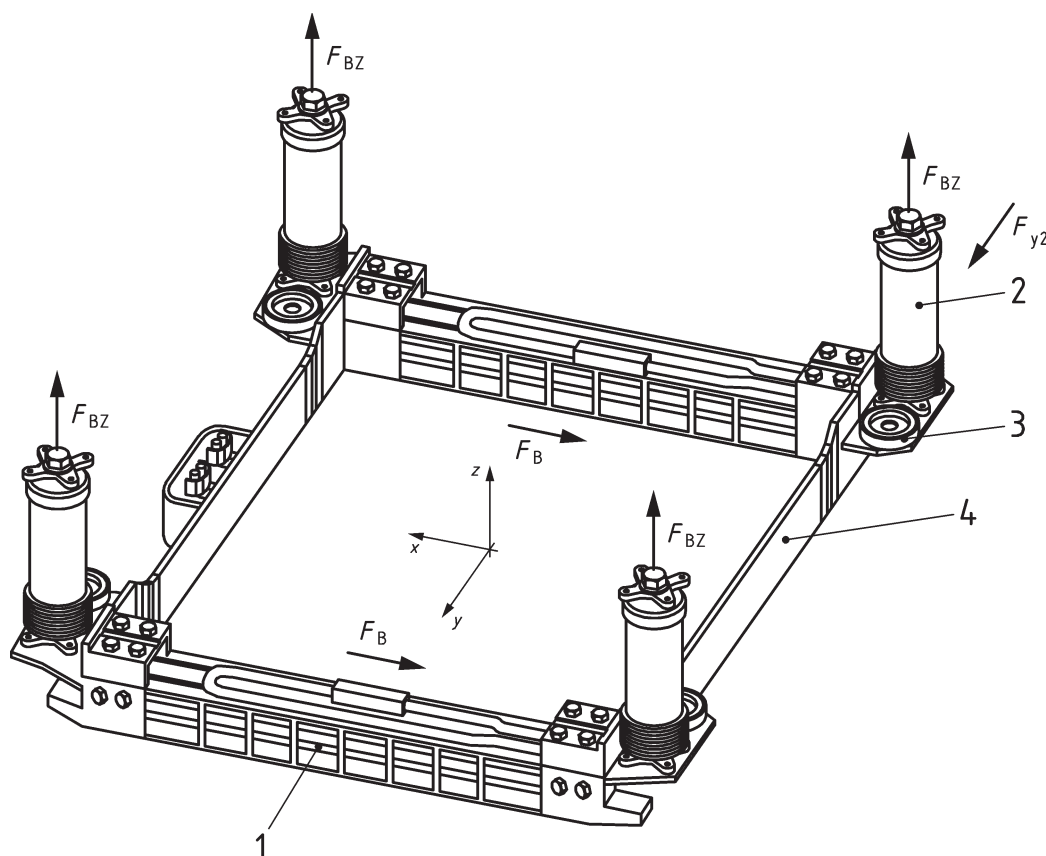
5.7 Festigkeitsanforderungen

Die Mg-Bremse (Magnete, Betätigungszyylinder, Spurhalter, Mitnehmer im Fahrwerk — siehe Bild 1) sollte so ausgeführt werden, dass

- keine Resonanzschwingungen auf den Drehgestellrahmen und Teile der Mg-Bremse ausgeübt werden,
- allen aus den Führungselementen des Drehgestellrahmens resultierenden Bewegungen und Belastungen ohne Beschädigungen standgehalten werden kann,

- in Arbeitsstellung der Bremse die durch Störungen im Gleis, Unterbrechungen in Weichen und Berührungen mit Gleisführungselementen auftretenden Kräfte nicht zu augenblicklichen oder dauerhaften Schäden führen, die eine Funktionsgefährdung der Mg-Bremse darstellen,
- die aus dem Bremsvorgang resultierenden Längskräfte vom Drehgestellrahmen aufgenommen werden können.

Anhang A enthält weitere Vorgaben hinsichtlich der anzusetzenden Kräfte, die sich aus dem Zusammenwirken der Mg-Bremse mit dem Oberbau (siehe Bild 3) ergeben.



Legende

- 1 Magnet mit segmentierten oder nicht segmentierten (starren) Polschuhen
- 2 Betätigungszyylinder
- 3 Zentriereinrichtung zur Begrenzung von seitlichen Bewegungen in der Ruhestellung
- 4 Spurhalter

Bild 3 — Bezeichnungen

In der Bauform Hochaufhängung wird die Mg-Bremse mittels Federkraft in ihrer Ruhestellung (Hochlage) gehalten und am Fahrwerk durch Zentrierelemente fixiert. In dieser Ruhestellung ist die Mg-Bremse formschlüssig mit dem Drehgestellrahmen verbunden und unterliegt demzufolge einer Reihe von auf den Rahmen wirkenden Kräften, die sich aus elastischen Formänderungen des Drehgestellrahmens ergeben.

Um unabhängig von der realen Konstruktion eine vergleichbare Bewertung zu ermöglichen, wurde eine quadratische, horizontale Ebene mit einer Seitenlänge von etwa 1 000 mm als „Referenzfläche“ (Normalquadrat) definiert. Verschiebungen, Verwindungen und Verkantungen des Fahrwerks werden unabhängig von den realen, in der Konstruktionsphase festgelegten Zentrierelementen auf die Eckpunkte dieser „Referenzfläche“ bezogen; die entsprechenden Daten müssen festgelegt werden.

5.8 Mechanische Befestigung der Mg-Bremsteile im Fahrwerk

Alle Teile der Mg-Bremse und ihre Aufhängung am Fahrzeug/Fahrwerk müssen so ausgelegt werden, dass unter Einwirkung der in der Praxis auftretenden statischen und dynamischen Belastungen ein Lösen oder Verlust von Teilen ausgeschlossen ist. Das Versagen einzelner Befestigungselemente darf nicht dazu führen, dass sich Teile der Mg-Bremse im Gleis verfangen. Für Schraubenverbindungen muss durch Anwendung einer Redundanz oder geeigneter Sicherungselemente sichergestellt werden, dass beim Versagen einer Schraube die Funktion der Mg-Bremse aufrechterhalten bleibt.

Seilsicherungen und Fangschlingen werden aufgrund mangelnder Sicherheit als ungeeignet angesehen.

Die Magnete müssen so angeordnet werden oder so angeordnet werden können, dass alle Aufschieferungen (Materialaufschweißungen) problemlos ohne Ausbau der Magnete entfernt werden können.

Stromkabel und Kabelkästen der Mg-Bremse müssen vor aufprallenden Steinen und Eisblöcken geschützt werden.

5.9 Zusätzliche Anforderungen an Permanentmagnete

Es muss möglich sein, bei Bedarf die Richtung des Magnetflusses einer Permanentmagnetbremse mittels einer lokalen Schalteinrichtung zu verändern, um die Anzugskräfte bei Bedarf zu unterbrechen.

Es ist zulässig, eine Permanentmagnetbremse als Feststellbremse zu nutzen.

Es sollte beachtet werden, dass das Feststellbremsvermögen durch ungünstige Schienenkopfbedingungen verloren geht, z. B. beim Abstellen des Fahrzeugs in Kurven oder auf geneigten Gleisen (wenn die Zentrierung der Mg-Bremse auf dem Schienenkopf nicht sichergestellt werden kann).

5.10 Ansteuerung der Mg-Bremse

Ist die Mg-Bremse Teil des angerechneten Schnellbremsvermögens, muss sie durch ein automatisches System zur Bremsansteuerung entsprechend EN 14198:2016+A2:2021, EN 15734-1:2010¹ oder EN 16185-1:2014+A1:2020 aktiviert werden. Die Anwendung von Software ist erlaubt, wenn das gleiche Sicherheitsniveau in Übereinstimmung mit EN 50657:2017 nachgewiesen wird.

Schnellbremsanforderungen müssen dabei automatisch entweder durch einen Druckabfall in der Hauptluftleitung (HLL) unter 3 bar oder durch ein direktes Schnellbremssignal erkannt werden.

Die Mg-Bremse muss von einer Höchstgeschwindigkeit von 280 km/h bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h genutzt werden, sofern eine Begrenzung der Ruckwerte vorgesehen ist. Die Ansteuerung der Mg-Bremse darf unabhängig von einer Schnellbremsanforderung durch den Triebfahrzeugführer erfolgen, z. B. zur Anwendung der Mg-Bremse für Bremsungen bei niedrigen Kraftschlussbedingungen oder in Gefällen größer als 40 ‰. Um durch diese Anwendung einen Stillstand des Fahrzeugs zu ermöglichen, müssen die zusätzlichen Belastungen bei den Bemessungslasten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Für den Fahrgastbereich des Fahrzeugs sind in EN 13452-1 geeignete Ruck-Grenzwerte festgelegt.

ANMERKUNG 2 Die französischen Infrastruktur-Regelungen untersagen den Einsatz einer Mg-Bremse bei Geschwindigkeiten größer als 220 km/h.

Zur Vermeidung übermäßiger Rucke (Stöße) darf die Mg-Bremse bei Geschwindigkeiten unter 50 km/h abgeschaltet werden. Sie muss spätestens dann wieder wirksam werden, wenn die Geschwindigkeit 50 km/h überschreitet. Liegt kein Schnellbremssignal an oder steigt bei Vorhandensein eines automatischen Druckluft-Bremssystems der Druck in der Hauptluftleitung (HLL) über 3 bar, wird die Mg-Bremse unabhängig von der Geschwindigkeit deaktiviert. Die Geschwindigkeitsschwelle muss lokal von jedem Steuergerät der Mg-Bremse gebildet werden. Das Steuergerät der Mg-Bremse muss in Übereinstimmung mit EN 50126-1:2017, EN 50657:2017 und EN 50129:2018³ entwickelt werden. Wird das Geschwindigkeitssignal nicht von der Gleitschutzanlage bereitgestellt, muss nachgewiesen werden, dass das gleiche Sicherheitsniveau erreicht ist.

Zum Aktivieren der Mg-Bremse ist Energie erforderlich, die über Schaltschütze oder elektronische Leistungsschalter bereitgestellt wird. Jedes Mg-Steuergerät muss individuell und unabhängig vom Bremsleitungsbefehl reagieren und eine Mg-Bremse oder maximal zwei Mg-Bremssätze in nicht trennbaren Zueinheiten ansteuern. Die Spannungsversorgung muss abgesichert ausgeführt werden und muss Priorität gegenüber anderen Verbrauchern besitzen.

Wenn ein Bremsbefehl empfangen wird, muss Folgendes ablaufen:

- a) die Betätigungszyylinder sind mit Druck zu beaufschlagen, und der Strom ist einzuschalten;
- b) die Zeit bis zum Wirken der Mg-Bremse (von der Erkennung des Schnellbremsignals bis zur Entwicklung von 50 % der Anzugskraft) muss weniger als 3 s betragen;
- c) die durch die Mg-Bremse verursachte Kraft zur Entlastung des Drehgestells darf unabhängig vom Radverschleiß bei neuen Magneten und von auftretenden Federwegen je Magnet nicht größer sein als 10 kN (d. h. 20 kN je Drehgestell);
- d) die Mg-Bremse darf nicht als Folge einer Schnellbremsung wirksam werden:
 - 1) bei einem Stillstand (Geschwindigkeit unter 5 km/h);
 - 2) bei Fehlen eines Geschwindigkeitssignals;
 - 3) wenn sich der Zug im Stilllegemodus befindet;
- e) es muss möglich sein, das Geschwindigkeitssignal bei Durchführung einer Funktionsprüfung der Mg-Bremse zu simulieren.

Ist die Mg-Bremse wirksam, muss sichergestellt werden, dass die Ansteuerung nicht auf nur eine Seite begrenzt ist.

Die Mg-Bremse darf nur betätigt werden, wenn der Zug/das Fahrzeug für einen Betrieb in der Bremsstellung „P+Mg“ oder in der Bremsstellung „R+Mg“ konfiguriert ist.

Es muss eine Ausschaltvorrichtung für die lokale Steuereinheit vorgesehen werden, mit der die einzelne Mg-Bremse ohne Auswirkungen auf andere unabhängige Einheiten des Zuges ausgeschaltet werden kann, und der Schaltzustand muss klar erkennbar sein. Zur Aufrechterhaltung von Teilfunktionen sollte dieses Ausschalten auf Drehgestellebene möglich sein.

6 Lastkombinationen für Bauteilprüfungen

6.1 Mg-Bremse ist angerechnet im Schnellbremsvermögen

Die Versorgung mit elektrischer Energie muss aus der Bordstromversorgung des Fahrzeugs unter Anwendung einer leistungsstarken Batterie erfolgen. Der Magnetisierungsstrom wird über eine Schaltvorrichtung direkt zugeschaltet und muss zur Betätigung der Mg-Bremse auch dann noch zur Verfügung stehen, wenn andere Fahrzeugsysteme ausgeschaltet sind.

Die Batteriekapazität muss so dimensioniert werden, dass die Mg-Bremse ohne Notwendigkeit einer Batterienachladung, ausgehend von U_N und eingeschaltetem Bordnetz, für zehn aufeinander folgende Bremsungen aus der Höchstgeschwindigkeit ohne erkennbaren Leistungsverlust aktiviert werden kann. Für die zehnte Bremsung muss am Magneten noch eine Nennspannung $U_N - 30\%$ (Klemmenspannung) verfügbar sein, wobei die Anzugskraft maximal 5 % unter der Nominalspannung des Magneten liegen darf.

Wenn die Funktion der Ladegeräte der Fahrzeugbatterie überwacht wird, darf die Batteriekapazität so verringert werden, dass drei aufeinander folgende Schnellbremsungen aus der Höchstgeschwindigkeit möglich sind.

Die bei einem Fahrzeug durch die Verkabelung zu erwartenden Spannungsabfälle bis zu den Klemmen der Mg-Bremse müssen angegeben werden.

Die Mg-Bremse muss durch Sicherungen in der positiven und der negativen Spannungsversorgung gegen Kurzschluss abgesichert werden.

Genormte Nennspannungswerte für die Mg-Bremse sind 24 V, 36 V, 72 V, 110 V (immer Gleichstrom).

Die Steuerung der Stromversorgung der Magnete muss so ausgeführt sein, dass keine Beeinflussungen anderer Bordsysteme entstehen.

Die Mg-Bremse muss mit Druckluft aus einem separaten Druckluftspeicher versorgt werden, der aus der Hauptluftbehälterleitung über ein Rückschlagventil gespeist wird.

Für den Fall, dass die Versorgung durch die Hauptluftbehälterleitung ausfällt, muss der Druckluftspeicher für die Mg-Bremse ein so ausreichendes Volumen haben, dass ein zweimaliges Absenken der Mg-Bremsen möglich ist.

Die Mg-Bremse darf keinen Systemdruck größer als 6 bar für ihre Funktion erfordern und muss Drücke bis maximal 10 bar tolerieren. Die Druckluftversorgung wird im Rahmen des Gesamt-Bremskonzepts überwacht und ist daher nicht Gegenstand dieses Dokuments.

Werden andere Energieträger als Druckluft für die Betätigung der Mg-Bremse angewendet, gelten für sie ebenfalls die Bedingungen dieses Abschnitts.

6.2 Mg-Bremse ist nicht angerechnet im Schnellbremsvermögen

Es gelten die gleichen allgemeinen Anforderungen wie in 6.1 mit Ausnahme der Anforderungen an die Batterie- und Druckluftbehälterkapazität. Bei ausgefallener Energieversorgung wird eine Batterie- und Druckluftbehälterkapazität empfohlen, die für einen Einsatz der Mg-Bremse aus der Höchstgeschwindigkeit mit Nenn-Anzugskraft ausreicht.

7 Diagnose der Mg-Bremse

Ist die Mg-Bremse angerechnet im Schnellbremsvermögen, muss es möglich sein, ihre ordnungsgemäße Funktion innerhalb der manuellen oder automatischen Bremsprobe während des Fahrzeugstillstands zu prüfen. Dazu ist die Funktionsprüfung der Mg-Bremse in die Bremsprobe des Zuges mit einzubinden. Die ordnungsgemäße Funktion der Mg-Bremse ist technisch gegeben, wenn im Stillstand nach Einleitung einer Schnellbremsung und einer simulierten Geschwindigkeit mindestens die Informationen „Erregerstrom fließt“ und „Ruhestellung verlassen“ vorliegen.

Prüfeinrichtungen müssen vor Ort bereitgestellt werden, sodass sie für das Betriebspersonal ebenso zugänglich sind wie die Zustandsanzeigen zur Versorgung mit pneumatischer und elektrischer Energie und zum Simulieren des Geschwindigkeitssignals.

Für die Durchführung einer automatischen Bremsprobe durch ein elektronisches Diagnosesystem, das in das Zugsteuersystem eingebunden ist, muss einen Sicherheitsnachweis nach EN 50126-1:2017 und EN 50129:2018³ erbracht werden. Während der Bremsprobe müssen alle Mg-Bremsen des Zuges von einem zentralen Punkt angesteuert und überwacht werden. Kann die Zuverlässigkeit einer zentralisierten automatischen Bremsprobe nicht nachgewiesen werden, muss eine lokale Prüfeinrichtung bereitgestellt werden.

Eine deaktivierte/ausgeschaltete Mg-Bremse oder eine ungenügende, die vorschriftsmäßige Funktion verhindernde Versorgung mit elektrischer bzw. pneumatischer Energie muss angezeigt werden. Für betriebsrelevante Anforderungen muss eine Warnung auf dem Fahrzeug ausgegeben werden. Sie sollte auch in das Managementsystem des Zuges integriert werden können, um den Triebfahrzeugführer von der Nichtverfügbarkeit der Mg-Bremse in Kenntnis zu setzen.

8 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Schnittstellen

8.1 Verträglichkeit mit Zugortungssystemen

Unabhängig davon, ob die Mg-Bremse wirkt oder nicht, darf sie Zugortungssysteme (Signal und Gleisschaltmittel) nicht stören (kompatible Signaleinrichtungen und Achszählanlagen).

ANMERKUNG 1 Die Toleranzgrenzen für die elektromagnetische Verträglichkeit an der Schnittstelle zwischen magnetischer Gleisbremse (Fahrzeug) und Zugortungssystemen (Infrastruktur) sind noch nicht endgültig definiert.

Die Verträglichkeit der Mg-Bremse mit Zugortungssystemen ist in der Ruhestellung gegeben, wenn der Abstand der Mg-Bremse zur Schienenoberkante mindestens 40 mm oder mehr beträgt und die Mg-Bremse nicht aktiviert ist. Die maximale Breite für den Magneten und die Endstücke muss weniger als 140 mm betragen.

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen siehe prERA/ERTMS/033281 rev 5.0, chapter 3.1.3.5.

8.2 Drehgestellanbauteile im Bereich der Mg-Bremse

Antennen erfordern für eine fehlerfreie Funktion umgebende Bereiche, in denen sich kein Metall oder ferromagnetisches Material befinden darf. Diese Bereiche können deutlich größer sein als die Antenne selbst. Für den Einbau der Mg-Bremse sind diese freizuhaltenen Räume zu beachten.

Bei einer im Drehgestell in der Nähe von Antennen oder Sensoren eingebauten Mg-Bremse ist es empfehlenswert zu überprüfen, ob die magnetische Signalübertragung zwischen Infrastruktur und Fahrzeug nicht durch die Mg-Bremse gestört wird.

8.3 EMV-Prüfungen nach EN 50121-3-2

Die in EN 50121-3-2 angegebenen Anforderungen treffen nicht zu, da die Mg-Bremse ein passives Bauteil ist, das mit Permanentmagneten ausgestattet ist oder zur Anwendung mit Gleichstrom aus der Fahrzeugbatterie versorgt wird (Magnetbremse).

9 Typ- und Serienprüfungen

9.1 Typprüfung

9.1.1 Allgemeines

Mg-Bremsen oder Teile der Mg-Bremse, die als Ersatz für Originalteile vorgesehen sind, müssen vor Beginn der Serienfertigung einer Typprüfung nach den folgenden Vorgaben unterzogen werden, um nachzuweisen, dass alle relevanten technischen Anforderungen erfüllt wurden. Für alle festgelegten Eigenschaften muss ein Typprüfungsprotokoll vorgelegt werden.

9.1.2 Magnetische Prüfung

Die magnetische Anzugskraft ist unter besonderer Berücksichtigung der folgenden Punkte zu messen:

- die Anzugskraft ist über den gesamten, für das betreffende Fahrzeug relevanten Schwankungsbereich der Versorgungsspannung zu bestimmen (typischerweise $\pm 30\%$ von U_N), wobei der Spannungsabfall durch die Versorgungsleitungen zu berücksichtigen ist;
- der Nominalwert der Anzugskraft eines einzelnen Magneten ist bei $U_N - 10\%$ festzulegen, und der entsprechende Nachweis ist vorzulegen;
- die Anzugskraft darf bei $U_N - 30\%$ (Klemmenspannung) 95% des Nominalwerts nicht unterschreiten;
- das in Anhang B beschriebene Messverfahren muss angewendet werden; das Ergebnis der Prüfung muss in entsprechenden Diagrammen aufgezeichnet werden.

9.1.3 Elektrische Prüfung

Die folgenden Prüfungen müssen sowohl am einzelnen Magneten als auch an der fertig verkabelten Mg-Bremse nach EN 60077-1:2017 bzw. EN 50124-1:2017 durchgeführt werden.

Wenn nichts anderes vorgegeben, ist von einem Verschmutzungsgrad PD2 als Basis für die Prüfung auszugehen:

- Messung des elektrischen Widerstands unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur;
- Messung des Isolationswiderstands;
- Prüfung der Isolationsfestigkeit;
- der Schutzgrad von mindestens IP67 des gesamten Geräts muss durch eine Prüfung nach EN 60529:1991⁴ nachgewiesen werden.

9.1.4 Thermische Prüfung

Die zulässige Einschaltdauer einer Mg-Bremse muss 100% bei Nennspannung betragen. Der Nachweis muss durch eine Erwärmungsprüfung nach EN 60077-1:2017 durchgeführt werden. Für einen Magneten, der bei $U_N + 30\%$ arbeitet, muss die im stabilen Zustand vorliegende Temperatur angegeben werden.

9.1.5 Mechanische Prüfung

Es müssen Prüfstandversuche an einer kompletten Mg-Bremse nach den in Anhang A festgelegten Lastannahmen durchgeführt werden. An Komponenten, die als Ersatz für Originalteile vorgesehen sind, können auch Komponentenversuche durchgeführt werden, wenn die oben genannten Lastannahmen auf die Komponente umgesetzt werden; Rüttelversuche müssen, beispielsweise mit einem Unwuchtrüttler an den Anbauteilen der Mg-Bremse, wie z. B. am Betätigungszyylinder, an Ringbalg- und Federaufhängungen, an Pufferschaltern und ähnlichen Teilen, in Übereinstimmung mit EN 61373:2010 durchgeführt werden.

9.1.6 Andere Prüfungen und Nachweise

Zusätzlich zu den unter 9.1.2 bis 9.1.5 genannten Prüfungen müssen folgende Prüfungen durchgeführt und die jeweiligen Nachweise vorgelegt werden:

- Salzsprühnebelprüfungen nach EN ISO 9227:2017, wobei nach EN ISO 4628-3:2016 die Prüfdauer und der zulässige Rostgrad zu bestimmen sind. Die Prüfungen müssen an Bauteilen in montiertem Zustand erfolgen; die Baugruppe darf unterteilt werden, sofern das Prüfergebnis dadurch nicht verfälscht wird;
- Gitterschnittprüfung für Lackierungen nach EN ISO 2409:2020, wobei die geforderte Haftfestigkeit vorzugeben und am fertigen Bauteil nachzuweisen ist;
- Brandschutznachweis, z. B. nach EN 45545-2:2020;
- Masse der gesamten Mg-Bremse (Nachweis durch Wiege-Protokoll);
- Dichtheitsprüfung der pneumatischen Komponenten im gesamten relevanten Temperaturbereich, in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Konstruktionsspezifikation;
- Bestimmung der Federkennlinien (Betätigungszyylinder, Ringbalgaufhängungen, Federaufhängungen usw.);
- Funktionstests unter Vereisung in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Konstruktionsspezifikation;
- Nachweis der schweißtechnischen Bauweisenprüfung (siehe z. B. Normenreihe EN 15085);
- Maßprüfung der kompletten Mg-Bremse, besonders der Schnittstellen und Funktionsmaße zum Fahrwerk und zum Oberbau;
- rechnerischer Nachweis der Festigkeit in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Konstruktionsspezifikation;
- Funktionsprüfung des Magneterwärmungssystems und seines Temperaturschutzes (falls installiert), in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Konstruktionsspezifikation.

9.2 Serienprüfung

Zur Prüfung von in Serie hergestellten Einheiten müssen die elektrischen Prüfungen nach 9.1.3 (ohne Schutzgradprüfung), die Dichtheitsprüfung und die Maßprüfung nach 9.1.6 durchgeführt werden. Zur Absicherung der Wirksamkeit der Magnete in der Serienfertigung müssen vergleichende Messungen durch Ermittlung des Magnetflusses vorgenommen werden. Die Wicklungen der Magnete müssen durch geeignete Verfahren auf Lagen und Windungsschluss geprüft werden.

10 Fahrzeugintegrationsprüfungen

Die Fahrzeugintegrationsprüfungen müssen nach der jeweiligen Norm (EN 15179:2007, EN 15734-2:2010² oder EN 16185-2:2014+A1:2019) durchgeführt werden. Sie umfassen:

- Überprüfung des Freiraums zwischen der Mg-Bremse und der Schiene in Ruhe- und in Arbeitsstellung;
- Überprüfung des Absenkens und des Einschaltens der Mg-Bremse während einer Schnellbremsung;
- Überprüfung der Absenk- und Anhebezeiten auf Übereinstimmung mit der Konstruktionsspezifikation;

- Überprüfung, dass die Mg-Bremse nur oberhalb der festgelegten Geschwindigkeitsschwelle oder infolge des simulierten Geschwindigkeitssignals wirksam wird;
- Überprüfung der korrekten Füllzeit der Vorratsluftbehälter und der ausreichenden Energie-Speicherkapazität;
- Überprüfung der korrekten Diagnose der Mg-Bremse und der Überprüfbarkeit der Mg-Bremse während der Bremsprobe;
- Überprüfung der manuellen Ansteuerbarkeit der Mg-Bremse, sofern vorgesehen.

Vor Durchführung von Prüfungen zur Bestimmung des Bremsvermögens einer Mg-Bremse müssen folgende Punkte in der angegebenen Reihenfolge erfüllt sein:

- mindestens 60 % der Kontaktfläche der Mg-Bremse müssen mit dem Profil des Schienenkopfes übereinstimmen;
- die Kontaktfläche der Mg-Bremse muss von sämtlichen, aus der Einschleifphase herrührenden Verschleißprodukten gesäubert werden;
- die Mg-Bremse muss einer Konditionierungsphase ausgesetzt werden, in der durch Schnellbremsungen aus unterschiedlichen Ausgangsgeschwindigkeiten ein aufsummierter gesamter Bremsweg von 10 000 Bremsmetern zu absolvieren ist;
- nach dieser Konditionierungsphase muss der Zustand der Kontaktflächen der Mg-Bremse dokumentiert werden;
- bei Gliedermagneten muss, wenn erforderlich, die Beweglichkeit der Zwischenglieder festgestellt und gegebenenfalls wiederhergestellt werden.

Die Prüfungen des Bremsvermögens der Mg-Bremse müssen nach EN 16834:2019, 8.7 durchgeführt werden. Das Bremsvermögen muss durch Auswertung der Ergebnisse dieser Prüfungen bestimmt werden.

Sind zusätzliche Bremsbewertungsversuche erforderlich, müssen die physikalischen Überprüfungen wiederholt werden. Müssen die Kontaktflächen von Verschleißprodukten gesäubert werden, muss die Konditionierungsphase wiederholt werden, bevor weitere Bremsbewertungen nach EN 16834:2019, 8.7 durchgeführt werden.

Alle Bremsungen mit der Mg-Bremse während der Einschleif-, der Konditionierungs- und der Bremsbewertungsphase müssen dokumentiert werden, um daraus betriebliche oder instandhaltungs-technische Regeln für die weitere Nutzung dieser geprüften Mg-Bremse abzuleiten.

Anhang A (normativ)

Lastannahmen für die Mg-Bremse

A.1 Allgemeines

Die nachstehenden Lastannahmen gelten für Bauformen der Mg-Bremsen, die diesem Dokument entsprechen. Alle Beschleunigungswerte in diesem Anhang sind immer quasistatische Werte, sofern nicht anders angegeben.

A.2 Ruhestellung (Hochlage)

A.2.1 Lastfallerläuterung

A.2.1.1 Federkraft der Betätigungszyylinder

In den folgenden Lastfällen (A.2 bis A.4) werden die Federkraft der Betätigungszyylinder und die Masse der Mg-Bremse als mittlere Lastwerte angenommen.

A.2.1.2 Verwindungen und Verwängungen durch Montage

Δx_M , Δy_M , Δz_M durch Bauteil und Montagetoleranzen sind zusätzlich zu den Bewegungen zu beachten, die durch die in A.2.2 bis A.2.4 erwähnten Belastungen verursacht werden.

Die Montagetoleranzen Δx_M und Δy_M können beispielsweise durch ungenaue Einstellung der Zentriereinrichtungen auftreten.

Eine Verwindung Δz_M kann außerdem dadurch entstehen, dass nicht alle vier Zentriereinrichtungen im Drehgestell in einer Ebene liegen; sie wird im Wesentlichen durch die Bauteiltoleranzen des Drehgestellrahmens vorgegeben.

Beim Verwinden des Bremsrahmens entsteht in Ruhestellung der Mg-Bremse ebenfalls eine zusätzliche Verwindung Δz_M , die durch die Toleranz bei der Montage der Mg-Bremse vorgegeben wird.

Als Anhaltswerte sind zu verwenden:

- $\Delta x_M = \pm 2 \text{ mm}$ (Montagetoleranz);
- $\Delta y_M = \pm 2 \text{ mm}$ (Montagetoleranz);
- $\Delta z_M = \pm 3 \text{ mm}$ (Bauteiltoleranz Drehgestellrahmen).

Alle Werte, die von den angegebenen Werten abweichen, müssen vom Hersteller des Drehgestells (Toleranzen des Drehgestellrahmens und Montagetoleranzen) bzw. vom Hersteller der Bremsen (Montagetoleranzen des Bremsrahmens) angegeben werden.

A.2.1.3 Verwindungen und Verwängungen im Betrieb

$\Delta x_B, \Delta y_B, \Delta z_B$ durch Verformungen des Drehgestellrahmens sind zusätzlich zu den Bewegungen zu beachten, die durch die in A.2.2 bis A.2.4 erwähnten Belastungen verursacht werden.

Die im folgenden Bild A.1 und Bild A.2 enthaltenen Angaben sind Richtwerte zur Darstellung der Verformungen, die aus Längs- und Querkraften resultieren. Lokale Verformungen, die sich durch Querträger mit geringer Verwindungssteifigkeit (z. B. Spurhaltern) ergeben können, sind gesondert zu berücksichtigen. Die Verformungen der Mg-Bremse ergeben sich aus den Verformungen des Drehgestellrahmens und den Federsteifigkeiten der Zentriereinrichtungen.

Maße in Millimeter

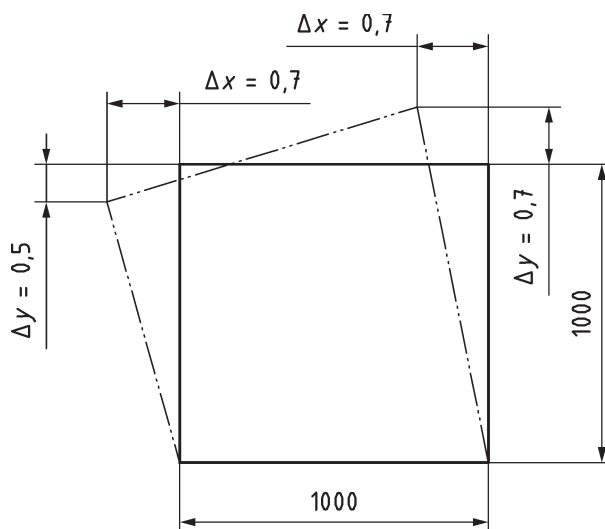


Bild A.1 — Darstellung der möglichen Verformungen des Drehgestellrahmens durch übliche Längskräfte im Normalquadrat (Referenzgröße)

Maße in Millimeter

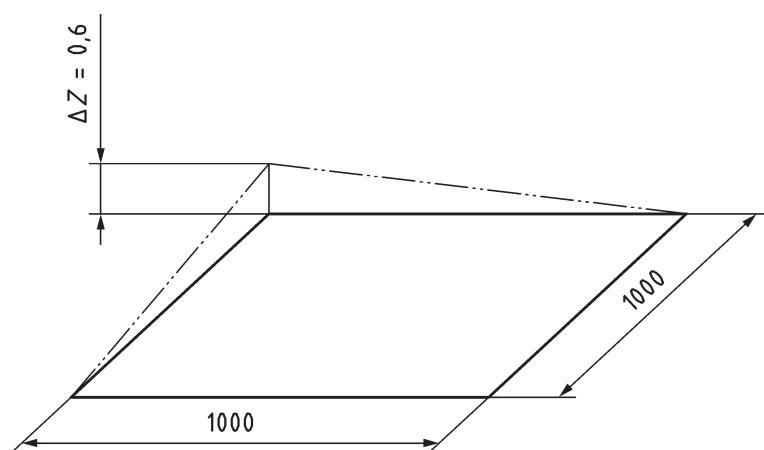


Bild A.2 — Darstellung der möglichen Verformungen des Drehgestellrahmens durch Querkraften im Normalquadrat (Referenzgröße)

Die angegebenen Verformungen sind jeweils in beiden Richtungen zu berücksichtigen. Alle Werte, die von den angegebenen Werten abweichen, besonders durch lokale Verformungen, sind vom Hersteller des Drehgestells anzugeben.

A.2.2 Beschleunigungen

Beschleunigungen, die auf die Massen der Mg-Bremse wirken, müssen EN 61373:2010 und Fahrversuchen entsprechen. Typischerweise sind das

- $a_z = 5\text{ g}$,
- $a_y = 4,4\text{ g}$,
- $a_x = 2,3\text{ g}$.

A.2.3 Anregung durch Flachstellen

Die Rückstellfedern in den Betätigungszyindern müssen sicherstellen, dass die Mg-Bremse ihre Ruhelage bei Beschleunigungen von bis zu 2,5 g in vertikaler Richtung nicht verlässt.

A.2.4 Stoß (Ruck) durch Hochschnellen der elektromagnetischen Mg-Bremse

Im Fall einer gleichzeitigen Abschaltung des Erregerstroms der Mg-Bremse und eines plötzlichen Luftverlusts in den Betätigungszyindern müssen die Rahmen der Mg-Bremse und ihre Befestigungsmittel einer Beschleunigungsspitze von $a_z = 30\text{ g}$ in Übereinstimmung mit EN 61373:2010 standhalten können. Als Folge dieser beschriebenen Beschleunigungen dürfen keine sicherheitsrelevanten Beschädigungen, wie z. B. Profilüberschreitungen, Risseinleitungen oder Brüche von Bauteilen entstehen. Lokale plastische Verformungen sind zulässig. Die Fähigkeit, dieser Beschleunigung standzuhalten, muss rechnerisch nachgewiesen werden.

Die Befestigungselemente der Mg-Bremse am Drehgestell brauchen die Beschleunigung von $a_z = 30\text{ g}$ nicht zu erfüllen, wenn geeignete konstruktive Maßnahmen zur Stoßreduzierung ergriffen werden. In diesem Fall ist ein entsprechender Nachweis über die Wirksamkeit der Maßnahme zu führen.

A.3 Arbeitsstellung (Bremsstellung)

A.3.1 Lastfallerläuterung

A.3.1.1 Überschusskraft im Betätigungszylinder

Es ist der ungünstigste Fall zu berücksichtigen (z. B. verschlissene Radsätze, maximaler Druck, minimaler Hub).

A.3.1.2 Verwindung Δz_M

Verwindung Δz_M durch Montagetoleranzen der Mg-Bremse (siehe auch A.2.1.2).

A.3.1.3 Längsverschiebung Δx_B

Längsverschiebung Δx_B der Magnete zueinander während des Bremsvorgangs durch ungleiche Spiele in x-Richtung der Bremskraftmitnehmer an der linken und rechten Seite des Drehgestells (Fertigungs- und Montagetoleranzen betragen etwa $\Delta x = 3\text{ mm}$, Verformungen des Drehgestellrahmens (siehe A.2.1.3) müssen zusätzlich berücksichtigt werden).

A.3.1.4 Drehgestellspießgang

Der Drehgestellspießgang führt zu einer Längsverschiebung Δx_B und gegebenenfalls auch zu einer Querverschiebung Δy_B der Magnete zueinander. Die Größe der Längsverschiebung hängt von geometrischen Parametern, wie Mitnehmerspalten und maximalem Ausdrehwinkel des Drehgestells über dem Gleis, ab. Übliche Werte für den maximalen Ausdrehwinkel betragen etwa $2,5^\circ$ ($1,9^\circ$ aus maximalem Spurweitenspiel und $0,6^\circ$ aus Querfederung). Alle Werte, die von den angegebenen Werten abweichen, müssen zwischen dem Hersteller des Drehgestells und dem Hersteller der Bremse abgestimmt werden.

A.3.1.5 Verwindung Δz_B

Verwindung Δz_B , möglich durch Bogenüberhöhung oder Herzstückabsenkung. Typische Werte betragen 10 mm im Normalquadrat (siehe Bild A.2 und Bild A.3).

Maße in Millimeter

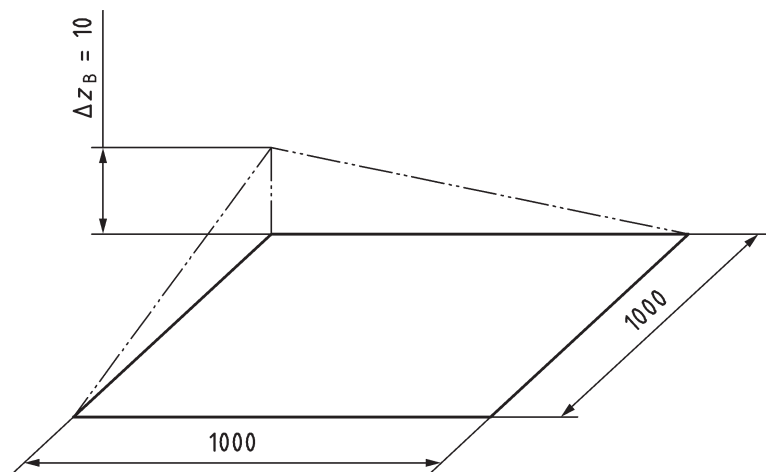


Bild A.3 — Verwindung des Bremsrahmens durch Bogenüberhöhungen, wie unter A.3.1.5 erläutert, dargestellt im Normalquadrat

Die angegebenen Verformungen sind jeweils in beiden Richtungen zu berücksichtigen.

A.3.2 Längskraft $F_{B,x}$ aus Mg-Bremse

Einprägung einer Längskraft durch den Bremsstoß und die Bremsverzögerung selbst: Die Größe der Stoßkraft hängt hierbei von einigen konstruktiven Parametern, wie z. B. dem Spalt zwischen den Mitnehmern, der Bremsausgangsgeschwindigkeit und den Mitnehmersteifigkeiten ab. Übliche Werte für die Längskraft (aus Bremsstoß bzw. Bremskraft) bei Magneten mit Polschuhen aus Stahl betragen etwa $0,4 \times$ magnetische Anzugskraft. Abweichende Werte müssen jeweils zwischen dem Hersteller des Drehgestells und dem Hersteller der Mg-Bremse abgestimmt werden.

A.3.3 Aspekte der Kraftübertragung

A.3.3.1 Allgemeines

Die Betrachtungen unter A.3.3 gelten für Mg-Bremsen mit 1 m Auflagelänge und Endstücken.

Bild A.4 gibt einen Überblick über die Krafteinleitungsstellen.