



Ergänzungsregelung¹ Nr. B 012 für die technische Gestaltung der Magnetschienenbremse in Schienenfahrzeugen

Stand: Rev. 6, vom 18.07.2018

Rev.- Nr.	Datum	Verantwortung	Bemerkungen
5.21	11.06.2018	Ak Bremse	Änderungen in Kapitel 18.3
5.22	04.07.2018	Ak Bremse	Änderungen in Kapitel 4.3 und Anlage 2
6	18.07.2018	Ak Bremse	Vom Lk Fahrzeuge zur Veröffentlichung freigegebene Version

Bereich: Magnetschienenbremsen für Schienenfahrzeuge

Inhalt: Ausgehend vom bestehenden internationalen und nationalen Normenwerk werden ergänzende Regelungen getroffen für:

- Anwendungsbedingungen der Mg-Bremse
- Bremswirkung und Bremskräfte
- Wirk- und Gestaltungsmerkmale
- Festigkeitsanforderungen
- Typ- und Serienprüfungen

Für Gestaltung und Berechnung wurde eine „Normierte Fläche“ geschaffen

¹ Die „Ergänzungsregelungen zur Bremse“ sind eine Sammlung von Regelungen zu verschiedenen die Bremse betreffenden Einzelfragen. Es werden in der Regel Schutzziele und darüber hinaus notwendige ergonomische Grundsätze aus betrieblicher Sicht definiert. Die aufgeführten Regeln sind grundsätzlich für Schienenfahrzeuge relevant, die einer Inbetriebnahmegenehmigung nach TEIV oder einer Abnahme nach § 32 Abs. 1 EBO bedürfen. Regeln, die darüber hinaus bei Inbetriebnahme oder Abnahme für den Betreiber von Interesse und daher mit diesem jeweils abzustimmen sind, sind *blau kursiv gekennzeichnet*.

Die Ergänzungsregelungen wurden von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe „Bremstechnische Beurteilung von Schienenfahrzeugen“ erstellt, die sich aus Vertretern von Herstellern, Aufsichtsbehörde (hier Eisenbahn-Bundesamt) und Eisenbahnverkehrsunternehmen zusammensetzt.

In den „Ergänzungsregelungen zur Bremse“ werden, ergänzend zu den „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Eisenbahnfahrzeugen“ sowie zu nationalen und internationalen Regelungen, zu den jeweiligen Einzelfragen

- Vereinbarungen zu offenen Detailfragen getroffen,
- ergänzende Spezifizierungen vorgenommen,
- Ausführungsbestimmungen festgelegt und
- Handlungs- und Interpretationsspielräume beschrieben bzw. eingeschränkt.

Die Ergänzungsregelungen werden Bestandteil von Lasten- und Pflichtenheften und von Hersteller und Aufsichtsbehörde als maßgebende Kriterien bei der Inbetriebnahme eines strukturellen Teilsystems gemäß TEIV bzw. im Abnahmeprocédere gemäß § 32 Abs. 1 EBO verwendet.

Inhaltsverzeichnis

1	Gültigkeit dieser Regelung	8
2	Fahrzeugkategorien	8
2.1	Einteilung	8
2.2	Fahrzeuge der Kategorie 1	8
2.3	Fahrzeuge der Kategorie 2	8
2.4	Fahrzeuge der Kategorie 3	8
2.5	Fahrzeuge der Kategorie 4	9
3	Aufgabe und Zweck der Mg-Bremse (informativ)	9
3.1	Allgemeines.....	9
3.2	Betriebliche Anwendung der Mg-Bremse.....	10
3.2.1	Schnell-, Not-, Zwangsbremungen oder Gefahrenbremsungen	10
3.2.2	Betrieblicher Bedarfsfall	11
3.2.3	Rangieranlagen.....	11
4	Einzuhaltende Freiräume im unteren Bereich der Fahrzeuge	11
4.1	Allgemeines.....	11
4.2	Fahrzeuge der Kategorie 1	11
4.3	Fahrzeuge der Kategorie 2	11
4.4	Fahrzeuge der Kategorie 3	11
4.5	Fahrzeuge der Kategorie 4	12
5	Bremswirkung, Bremskräfte	12
5.1	Allgemeines.....	12
5.2	Fahrzeuge der Kategorie 1	12
5.3	Fahrzeuge der Kategorie 2	12
5.4	Fahrzeuge der Kategorie 3	13
5.5	Fahrzeuge der Kategorie 4	13
6	Führung des wirksamen Magneten	13
6.1	Allgemeines.....	13
6.2	Fahrzeuge der Kategorie 1	13
6.3	Fahrzeuge der Kategorie 2	13
6.4	Fahrzeuge der Kategorie 3	14
6.5	Fahrzeuge der Kategorie 4	14
7	Höhenlage des Magneten über Schienenoberkante	14
7.1	Fahrzeuge der Kategorie 1	14
7.2	Fahrzeuge der Kategorie 2	14
7.3	Fahrzeuge der Kategorie 3	14
7.4	Fahrzeuge der Kategorie 4	14

8 Gestaltung des Magneten	14
8.1 Allgemeines.....	14
8.2 Geometrie der Endstücke	15
8.2.1 Allgemeines	15
8.2.2 Fahrzeuge der Kategorie 1	15
8.2.3 Fahrzeuge der Kategorie 2	16
8.2.4 Fahrzeuge der Kategorie 3	16
8.2.5 Fahrzeuge der Kategorie 4	16
8.3 Polschuhe / Polschuhleisten.....	16
8.3.1 Allgemeines	16
8.3.2 Fahrzeuge der Kategorie 1	16
8.3.3 Fahrzeuge der Kategorie 2	16
8.3.4 Fahrzeuge der Kategorie 3	16
8.3.5 Fahrzeuge der Kategorie 4	16
9 Freiraum für Radbearbeitungsmaschinen und Transportrollen (informativ)	17
10 Festigkeitsanforderungen.....	17
10.1 Fahrzeuge der Kategorie 1	17
10.2 Fahrzeuge der Kategorie 2	17
10.3 Fahrzeuge der Kategorie 3	18
10.4 Fahrzeuge der Kategorie 4	18
11 Mechanische Befestigung am Fahrzeug	18
11.1 Fahrzeuge der Kategorie 1	18
11.2 Fahrzeuge der Kategorie 2	18
11.3 Fahrzeuge der Kategorie 3	18
11.4 Fahrzeuge der Kategorie 4	18
12 Ansteuerung der Mg-Bremse	18
12.1 Fahrzeuge der Kategorie 1	18
12.2 Fahrzeuge der Kategorie 2	18
12.3 Fahrzeuge der Kategorie 3	18
12.4 Fahrzeuge der Kategorie 4	18
13 Energieversorgung der Mg-Bremse.....	19
13.1 Fahrzeuge der Kategorie 1	19
13.2 Fahrzeuge der Kategorie 2	19
13.3 Fahrzeuge der Kategorie 3	19
13.4 Fahrzeuge der Kategorie 4	19
14 Mg-Bremse mit Anrechnung auf das Bremsvermögen	19
14.1 Fahrzeuge der Kategorie 1	19
14.2 Fahrzeuge der Kategorie 2	19
14.3 Fahrzeuge der Kategorie 3	19

14.4	Fahrzeuge der Kategorie 4	19
15	Diagnose Mg-Bremse	19
15.1	Fahrzeuge der Kategorie 1	19
15.2	Fahrzeuge der Kategorie 2	20
15.3	Fahrzeuge der Kategorie 3	20
15.4	Fahrzeuge der Kategorie 4	20
16	Typ-, Serien- und Fahrzeugintegrationsprüfungen	20
16.1	Fahrzeuge der Kategorie 1	20
16.2	Fahrzeuge der Kategorie 2	20
16.3	Fahrzeuge der Kategorie 3	20
16.4	Fahrzeuge der Kategorie 4	20
17	Behandlung der Mg-Bremse bei der Instandhaltung (informativ)	20
18	Aspekte der signaltechnischen Verträglichkeit (informativ)	21
18.1	Allgemeines	21
18.2	Einbaugeometrie der Mg-Bremse	21
18.3	EMV	23
18.4	Anordnung des PZB-Fahrzeugmagneten in Drehgestellen mit Mg-Bremsen	23

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Auszug aus Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) – Grenzlinie	24
Anlage 2:	Vorschlag für untere Fahrzeugbegrenzung für den BOStrab-Bereich	25
Anlage 3:	Lastannahmen für Mg-Bremse der Fahrzeuge der Kategorie 2	26
Anlage 4:	Auszug aus BOStrab - Spurführungsrichtlinie	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Bezeichnungen einer hochaufgehängten Mg-Bremse	9
Abbildung 3-3:	Hochaufhängung	10
Abbildung 3-4:	Kombinierte Hoch-/Tiefaufhängung	10
Abbildung 3-5:	Tiefaufhängung	10
Abbildung 8-1:	Gliedermagnet	15
Abbildung 8-2:	Starrmagnet	15
Abbildung 17-1:	Aufschieferungszustände	21
Abbildung 18-1:	Fahrzeugbegrenzungslinie für Fahrzeug der Kategorie 1	21
Abbildung 18-2:	Einbauraum in der x-z-Ebene, Lösestellung	22
Abbildung 18-3:	Einbauraum in der x-z-Ebene, Bremsstellung	22

Abbildung 18-4: Einbauraum in der x-z Ebene, Hinterschneidung	23
Abbildung A1 1: Grenzlinien	24
Abbildung A1 2: Grenzlinien	24
Abbildung A2 1: Freiraum	25
Abbildung A3 1: Arten der Längsführung der Mg-Bremsen.....	26
Abbildung A3 2: Querspiel.....	27
Abbildung A3 3: Längsspiel	27
Abbildung A3 4: Bezugspunkt für Beschleunigungen	28
Abbildung A3 5: Schematischer Verlauf der Bremskraft	30
Abbildung A3 6: Darstellung der Krafterleitung und Reaktionskräfte	31
Abbildung A4 1: Maßbezeichnung an Radsatz und Gleis (Rillenschiene).....	36
Abbildung A4 2: Maßbezeichnung an Radsatz und einfacher Weiche (rillenlose Schiene)	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle A3 1: Lastkombinationen	33
Tabelle A3 2: Beispiel für ein Lastkollektiv.....	34
Tabelle A3 3: Belastung der Federaufhängung	34

Abkürzungsverzeichnis

BOStrab	Bau- und Betriebsordnung für Straßenbahnen.
EBO	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
ESBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen
DIN	DIN-Norm
FME(C)A	Failure Mode Effect (Criticality) Analysis
LNT	Leichter Nahverkehrstriebwagen
Mg-Bremse	Magnetschienenbremse
PZB	Punktuelle Zugbeeinflussung (Indusi)
SO	Schienenoberkante
TEIV	Verordnung über die Interoperabilität des transeuropäischen Eisenbahnsystems (Transeuropäische-Eisenbahn-Interoperabilitätsverordnung)
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

Referenzdokumente

Dok.ID	Dokument	Titel
[1]	EBO	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung
[2]	ESBO	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen
[3]	BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Bau- und Betriebsordnung für Straßenbahnen)
[4]	Spurführungs-Richtlinien SpR	Richtlinien für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
[5]	Technische Regeln Bremsen (TR Br)	Technische Regeln für die Bemessung und Prüfung der Bremsen von Fahrzeugen nach BOStrab (Technische Regeln Bremsen – TR Br)
[6]	BOStrab-Lichtraum-Richtlinie	Vorläufige Richtlinie für die Bemessung des lichten Raumes von Bahnen nach BOStrab
[7]	Regelungen für die brems-technische Beurteilung von Eisenbahnfahrzeugen	Regelungen für die brems-technische Beurteilung von Eisenbahnfahrzeugen
[8]	AK EMV - Bekanntgabe 07	Vorgaben für die Anordnung des PZB-Fahrzeugmagneten in Drehgestellen mit Magnetschienenbremsen
[9]	DIN EN 13452-1	Bahnanwendungen – Bremsen – Bremssysteme des öffentlichen Nahverkehrs Teil 1: Anforderungen an das Leistungsvermögen
[10]	DIN EN 14811	Bahnanwendungen - Oberbau – Speziialschienen – Rillenschienen und zugehörige Konstruktionsprofile
[11]	DIN EN 16207	Bahnanwendungen – Bremse – Anforderungen an Funktion und Leistungsfähigkeit von Magnetschienenbremssystemen für Schienenfahrzeuge
[12]	DIN 43201	Polschuhe für starre elektromagnetische Schienenbremsen
[13]	DIN EN 50121-3-2	Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit Teil 3-2: Bahnfahrzeuge – Geräte
[14]	DIN EN 50125-1	Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen
[15]	DIN EN 61373	Bahnanwendungen - Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen –Prüfungen für Schwingen und Schocken
[16]	DIN 25201	Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten – Schraubenverbindungen
[17]	DIN 27205-6	Zustand der Eisenbahnfahrzeuge – Bremse –Teil 6: Magnetschienenbremse
[18]	LNT-Richtlinie	Besondere Bedingungen für das Verkehren von Leichten Nahverkehrstriebwagen (LNT) im Mischbetrieb mit Regelfahrzeugen der Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs. Es handelt sich dabei um die Anlage zum Schreiben des BMV vom 24.04.1995- E 15/32.31.00/19 Va 95
[19]	TEIV	Transeuropäische-Eisenbahn-

		Interoperabilitätsverordnung
[20]	UIC-Merkblatt 505-1	Eisenbahnfahrzeuge – Fahrzeugumgrenzungslinien
[21]	VDV-Schrift 150	Typenempfehlung Stadtbahnfahrzeuge Stand 04/1995
[22]	VDV-Mitteilung 1501	Grundlagen für den Einsatz von Niederflur-Stadtbahnfahrzeugen Stand 03/1992
[23]	VDV-Schrift 152	Empfehlungen für die Festigkeitsauslegung von Personenzugfahrzeugen nach BOStrab
[24]	VDV-Schrift 161	Sicherheitstechnische Anforderungen an die elektrische Ausrüstung von Stadt- und U-Bahn-Fahrzeugen

1 Gültigkeit dieser Regelung

Diese Regelung erhält Gültigkeit ab dem 18.07.2018.

Diese Regelungen gelten in erster Linie für Mg-Bremsen mit Polschuhen aus Stahl. Auf andere Ausführungen der Reibmaterialien und deren Eigenschaften wird in den folgenden Kapiteln separat hingewiesen.

Über die Verwendung der Mg-Bremse in Fahrzeugen und deren Einsatz während des Betriebes entscheidet der Betreiber.

Für Fahrzeuge straßenabhängiger Bahnen, die im Bereich der BOStrab verkehren, ist eine vom Kraftschluss zwischen Rad und Schiene unabhängige Bremse verbindlich. In der Regel ist dies eine Mg-Bremse. Ausgenommen sind Betriebsfahrzeuge, die unter eingeschränkten Betriebsbedingungen insgesamt nur über eine Bremse verfügen müssen.

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

2 Fahrzeugkategorien

2.1 Einteilung

Mg-Bremsen werden in den 4 folgenden Kategorien von Schienenfahrzeugen verwendet:

Fahrzeuge der Kategorie 1

Fahrzeuge, die im Geltungsbereich der EBO / TEIV und ggf. darüber hinaus auch im internationalen Bereich verkehren.

Fahrzeuge der Kategorie 2

Fahrzeuge, die ausschließlich im Geltungsbereich der BOStrab verkehren.

Fahrzeuge der Kategorie 3

Fahrzeuge, die originär für den Einsatz im Geltungsbereich der EBO / TEIV vorgesehen sind, aber auch den Geltungsbereich der BOStrab befahren.

Fahrzeuge der Kategorie 4

Fahrzeuge, die originär für den Einsatz im Geltungsbereich der BOStrab vorgesehen sind, aber auch den Geltungsbereich der EBO / TEIV befahren.

2.2 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gilt DIN EN 16207.

2.3 Fahrzeuge der Kategorie 2

Es gelten die Bestimmungen der BOStrab. Diese fordert insbesondere für straßenabhängige Bahnen, bezogen auf die Einhaltung von Grenzwerten, ein zusätzliches haftwertunabhängiges Bremssystem. Im Regelfall ist dieses als tiefaufgehängte Mg-Bremse ausgeführt. Die Rückstellung der tiefaufgehängten Mg-Bremse nach dem Abschalten des Erregerstromes erfolgt durch Federkraft.

2.4 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten grundsätzlich die Anforderungen für Fahrzeuge der Kategorie 1.

Darüber hinaus müssen die Fahrzeuge beim Befahren des BOStrab-Bereiches auch die Anforderungen der Kategorie 2 erfüllen.

2.5 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Anforderungen für Fahrzeuge der Kategorie 2. Darüber hinaus müssen die Fahrzeuge beim Befahren des EBO/TEIV-Bereiches grundsätzlich auch die Anforderungen der Kategorie 1 erfüllen.

3 Aufgabe und Zweck der Mg-Bremse (informativ)

3.1 Allgemeines

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 auf der Schiene. Die magnetische Anzugskraft kann elektrisch oder durch Dauermagnete erzeugt werden. Die Reibelemente der Mg-Bremse (Polschuhe) bestehen aus Stahl, Gusseisen oder ferromagnetischen Sintermaterialien bzw. Kombinationen davon.

Legende:

- (1) Magnete mit segmentierten Polschuhen
- (2) Betätigungsorgan, Betätigungszylinder
- (3) Zentriereinrichtung zur Begrenzung seitlicher Bewegungen in Ruhestellung
- (4) Spurhalter

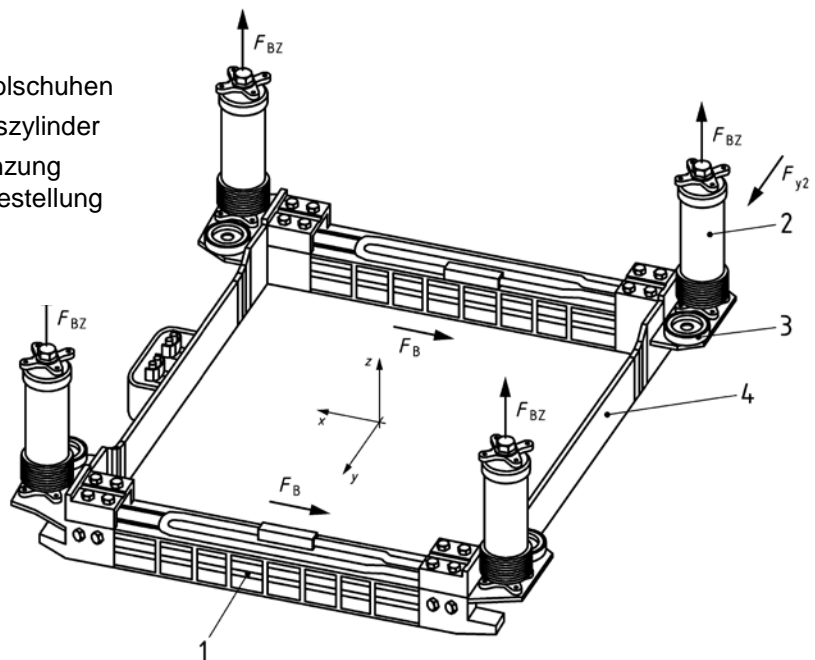


Abbildung 3-1: Bezeichnungen einer hochaufgehängten Mg-Bremse

Die Funktion der Mg-Bremsen setzt als Gegenpartner ferromagnetisches Schienenmaterial voraus.

In Abbildung 3-1 sind die Bezeichnungen der Komponenten einer hochaufgehängten Mg-Bremse gemäß EN 16207 dargestellt. Darüber hinaus sind die angreifenden Kräfte eingezeichnet.

Abbildung 3-2, Abbildung 3-3, sowie Abbildung 3-4 geben beispielhaft die Anordnung der Mg-Bremse in Hochaufhängung gemäß DIN EN 16207, in Hoch-/Tiefaufhängung und in Tiefaufhängung in vereinfachter Darstellung wieder.

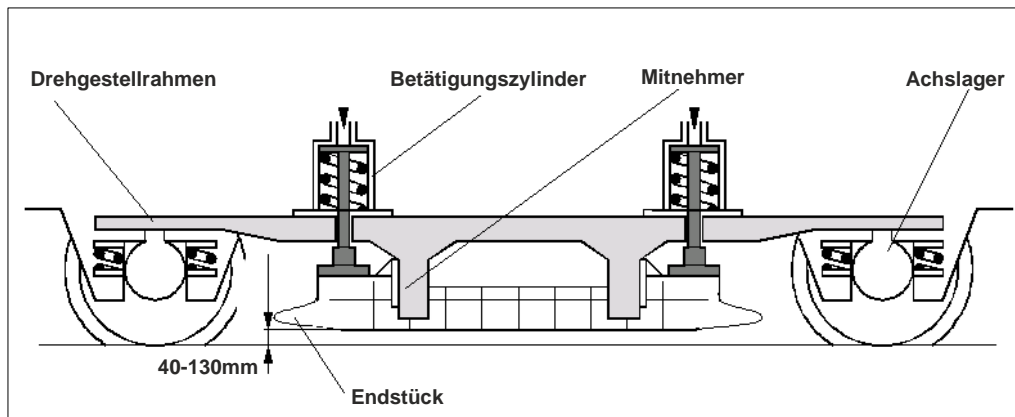


Abbildung 3-2: Hochofhängung

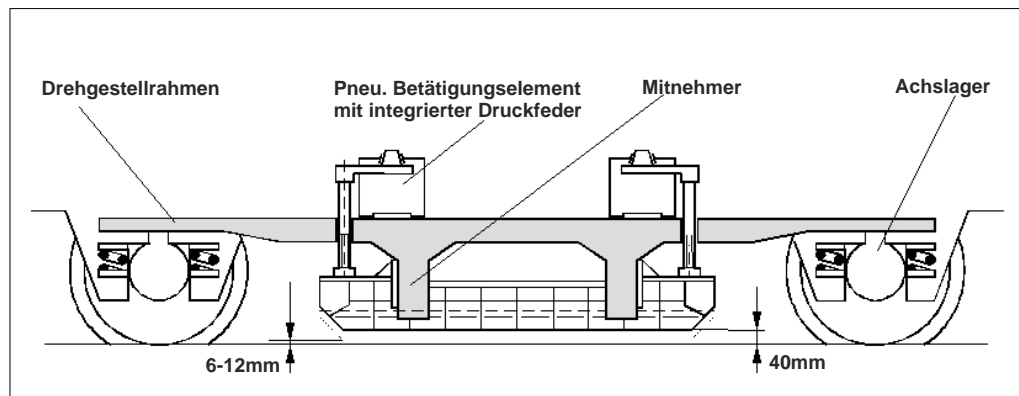


Abbildung 3-3: Kombinierte Hoch-/Tiefaufhängung

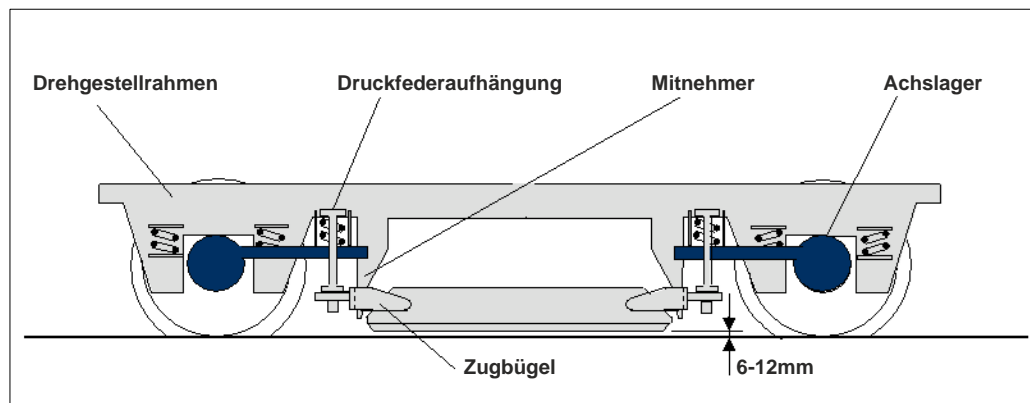


Abbildung 3-4: Tiefaufhängung

3.2 Betriebliche Anwendung der Mg-Bremse

3.2.1 Schnell-, Not-, Zwangsbremungen oder Gefahrbremsungen

Wird die Mg-Bremse bei Schnell-, Not-, Zwangsbremungen oder im Bereich der BOStrab bei Gefahrbremsungen automatisch aktiviert, ist sie in der Regel ein Bestandteil des betrieblich angerechneten Bremsvermögens und unterliegt so besonderen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen hinsichtlich ihrer Wirkbereitschaft. Sind die entsprechenden Anforderungen erfüllt, darf sie auf das Bremsgewicht / das Bremsvermögen der Fahrzeuge angerechnet werden.

3.2.2 Betrieblicher Bedarfsfall

In diesem Fall steht die Mg-Bremse infolge einer Bedienhandlung des Fahrzeugführers als zusätzliche kraftschlussunabhängige Bremse zur Verfügung, ohne dass sie auf das Bremsgewicht / Bremsvermögen angerechnet wird. Die Verwendung der Mg-Bremse durch den Fahrzeugführer wird durch betriebliche Regelungen festgelegt.

3.2.3 Rangieranlagen

Fahrzeuge dürfen keine rangiertechnischen Anlagen (EBO § 22, Anlage 7, Bild 3) mit wirkender Mg-Bremse befahren.

4 Einzuhaltende Freiräume im unteren Bereich der Fahrzeuge

4.1 Allgemeines

Die einzuhaltenden Freiräume sind zu differenzieren nach seitlicher Auslenkung und vertikaler Höhenlage in Ruhelage der Mg-Bremse des fahrbereiten Fahrzeuges.

In Arbeitsstellung zentrieren sich die Magnete infolge der magnetischen Kraft auf der Schiene, daher ist der Nachweis der Profilmfreiheit nur für die Ruhelage zu erbringen.

Die kurze Zeit des Überganges von der Ruhelage in die Arbeitsstellung und umgekehrt ist der Arbeitsstellung gleichzusetzen.

Bei den durch den Fahrzeughersteller zu erbringenden Freigängigkeitsuntersuchungen sind unter anderem zu berücksichtigen:

- die Radabnutzung
- der Polschuhzustand
- die Federwege des Fahrwerkes

4.2 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Festlegungen nach DIN EN 16207.

Sollen diese Fahrzeuge ohne wirkende Mg-Bremse durch Rangiereinrichtungen geführt werden, müssen die Freiraumeinschränkungen nach Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), siehe auch **Anlage 1**, eingehalten werden.

4.3 Fahrzeuge der Kategorie 2

Die BOStrab schreibt keine untere Fahrzeugbegrenzung vor.

Es wird daher empfohlen, die Mindestmaße über Schienenoberkante gemäß

- VDV-Schrift 150, Pkt. 10, Seite 45,
- VDV-Mitteilung 1501, Pkt. 3.1, Seite 11

einzuhalten. Einen Vorschlag für eine untere Fahrzeugbegrenzungslinie für die Mg-Bremse zeigt **Anlage 2**. Eine Abstimmung mit dem Infrastrukturbetreiber bzw. der Fachabteilung des Verkehrsunternehmens muss erfolgen.

4.4 Fahrzeuge der Kategorie 3

Diese Fahrzeuge erfüllen die Bedingungen nach Kapitel 4.2. Das Lichtraumprofil der BOStrab-Strecke und die Umgrenzungslinie des Fahrzeuges nach EBO müssen mit dem Infrastrukturbetreiber abgestimmt werden.

4.5 Fahrzeuge der Kategorie 4

Diese Fahrzeuge erfüllen die Bedingungen nach Kapitel 4.3.

Das Lichtraumprofil der zu befahrenden EBO-Strecke muss mit der Umgrenzungslinie des Fahrzeuges nach BOStrab im Bereich der Mg-Bremse verträglich sein (siehe **Anlage 2**).

Diese Fahrzeuge sind für das Befahren rangiertechnischer Einrichtungen nicht geeignet.

5 Bremswirkung, Bremskräfte

5.1 Allgemeines

Die Bremswirkung der Mg-Bremse ist abhängig von deren Anzugskraft an der Schiene, ihrer Wirklänge und dem Material der Reibpartner (Schiene, Polschuhe/Polschuhleisten und Endglieder) und deren Zustand während des Bremsvorgangs.

Für die Beschreibung der Bremswirkung FB,X wird die Anzugskraft FH,Z und ein Koeffizient $\mu\{v\}$ verwendet, welcher alle Aspekte der Bremskraftbildung aufgrund der Reibung zwischen Magnet und Schiene sowie der magnetischen Kopplung berücksichtigt.

$$FB,X = \mu\{v\} * FH,Z$$

Die Anzugskraft der Magnete ist in den technischen Unterlagen der Hersteller angegeben und wird gemessen nach den Methoden der DIN EN 16207.

Durch geeignete Maßnahmen (z. B. Serienschaltung der Magnete, Diagnose) ist sicherzustellen, dass es zu keiner einseitigen Bremswirkung kommt.

5.2 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

5.3 Fahrzeuge der Kategorie 2

Für Fahrzeuge der Kategorie 2 sind die Anforderung an das Bremsvermögen und dessen Nachweis in den Technischen Regeln Bremsen (TR Br) enthalten. Dabei werden ergänzend folgende Prüfbedingungen empfohlen:

- neue, eingeschliffene Polschuhe/Polschuhleisten,
- Tragbild der gesamten Polschuh-/Polschuhleistenfläche mindestens 60%,
- Polschuhe/Polschuhleisten von groben Verunreinigungen und Aufschieferungen gesäubert,
- Gleis eben, gerade, trocken und in einem ordnungsgemäßen, für das Netz repräsentativen Zustand.

Nach den Technischen Regeln Bremsen (TR Br) sind für die Bremsbewertung bei der Typprüfung drei erfolgreiche Prüfungen vorgeschrieben.

Im BOStrab-Bereich ist zwecks Einhaltung der geforderten Bremsverzögerung bei Gefahrbremung die Mg-Bremse oft bis zum Halt wirksam. Erhöhte Endverzögerungen und Halterucke werden dabei bei Abwägung des gesamten Gefahrenpotentials in Kauf genommen (siehe DIN EN 13452-1, Abschnitt 6.2.3).

In den Technischen Regeln Bremsen (TR Br) sind Grenzwerte für die Mindestverzögerungen des Fahrzeuges bei Bremsung allein mit der vom Kraftschluss unabhängigen (Mg-) Bremse festgelegt.

5.4 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 5.2. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 5.3.

5.5 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 5.3. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 5.2.

6 Führung des wirksamen Magneten

6.1 Allgemeines

Im Grundsatz haben jeder Magnet oder im Verbund beide gegenüberliegenden Magnete sich in wirkender Stellung optimal auf den Schienenkopf einzustellen. Dazu muss die Mg-Bremse ausreichend quer verschiebbar sein. Es sind immer zwei gleiche Magnete in identischer Position gegenüberliegend über den Schienen anzuordnen.

Zur Erleichterung der Führung im Gleis ist eine den Magneten ziehende Anordnung zu bevorzugen.

Die Führung des Magneten ist so zu gestalten, dass auch bei Grenzverschleiß (neue Räder, abgenutzte Magnete) die auftretenden Kräfte sicher aufgenommen werden können.

Die Führungselemente eines Magneten sind so auszuführen, dass ein problemloser Übergang von der Flügelschiene auf das Herzstück und umgekehrt gewährleistet ist. Gleiches gilt auch für den Einlauf in den Zungenbereich.

Bei Schienenkopfunterbrechungen (Weichen, Kreuzungen) ist die Führung des Magneten in der Längsachse des Schienenkopfes und seine geometrische Position zur Vertikalachse so auszuführen, dass weiterhin Bremskraft verfügbar ist. Eine kurzzeitige Verringerung der Bremskraft ist zulässig.

6.2 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

Für Fahrzeuge die ausschließlich nach EBO verwendet werden, ist die zulässige Spurmaßänderung nach EBO zu berücksichtigen.

6.3 Fahrzeuge der Kategorie 2

Die netzspezifischen geometrischen Verhältnisse der Spurführung sind zu berücksichtigen. Die maßgeblichen Stellungen der Fahrwerke im Gleis und die Verschleißzustände sind in den Bedingungen für den Quermaßnachweis nach Spurführungsrichtlinie enthalten.

Sämtliche für die Freiraumuntersuchungen erforderlichen Unterlagen muss der Infrastrukturbetreiber, bzw. die Fachabteilung des Verkehrsunternehmens zur Verfügung stellen.

Die typische Gestaltung einer Rillenschiene zeigt EN 14811. In der **Anlage 4** sind die Maßzeichnungen für die Spurführung im Rillenschienenbereich dargestellt.

Die ausreichende Festigkeit gegenüber den auftretenden mechanischen Belastungen der Mg-Bremse-Führung im Fahrwerk muss insbesondere beim Durchlauf durch die Weichenbereiche und den Betrieb auf Rillenschienen in verschlissenen Zustand in engen Bögen gewährleistet sein.

6.4 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 6.2. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 6.3.

6.5 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 6.3. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 6.2.

7 Höhenlage des Magneten über Schienenoberkante

7.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

7.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Der Magnet ist grundsätzlich so anzuordnen, dass er in der Ruhelage, bei aktivem Fahrzeug und ungestörter Funktion, auch bei bis zum Betriebsgrenzmaß abgenutzten Rädern und unter Berücksichtigung einer evtl. einzubeziehenden Federbewegung des Fahrwerkes den vom Rad zulässiger Breite genutzten Bereich (Beispiel r^* in **Anlage 2**) nicht verlässt. Eine Kollision mit Führungselementen der Schiene wie Rillenkopf, Radlenkern oder Teilen der Straße muss vermieden werden, ein seitliches Ausweichen des Magneten muss möglich sein. Eine gelegentliche Berührung des Schienenkopfes, z.B. auf Grund von Schwingungen des Magneten, ist zulässig.

Die netzspezifischen geometrischen Verhältnisse der Spurführung sind bei den Freiraumuntersuchungen zu berücksichtigen. Die maßgeblichen Stellungen der Fahrwerke im Gleis und die Verschleißzustände sind in den Bedingungen für den Quermaßnachweis der Richtlinien für die Spurführung von Schienenbahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) enthalten.

Die Fachabteilung des Verkehrsunternehmens muss sämtliche für die Freiraumuntersuchung erforderlichen Unterlagen zur Verfügung stellen.

7.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 7.1. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 7.2.

7.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 7.2.

8 Gestaltung des Magneten

8.1 Allgemeines

Magnete für Mg-Bremsen gibt es in zwei grundsätzlich verschiedenen Bauformen:

- der Gliedermagnet (Abbildung 8-1) mit fest mit dem Magnetkörper verbundenen Endgliedern sowie beweglichen Polschuhen (Zwischengliedern),

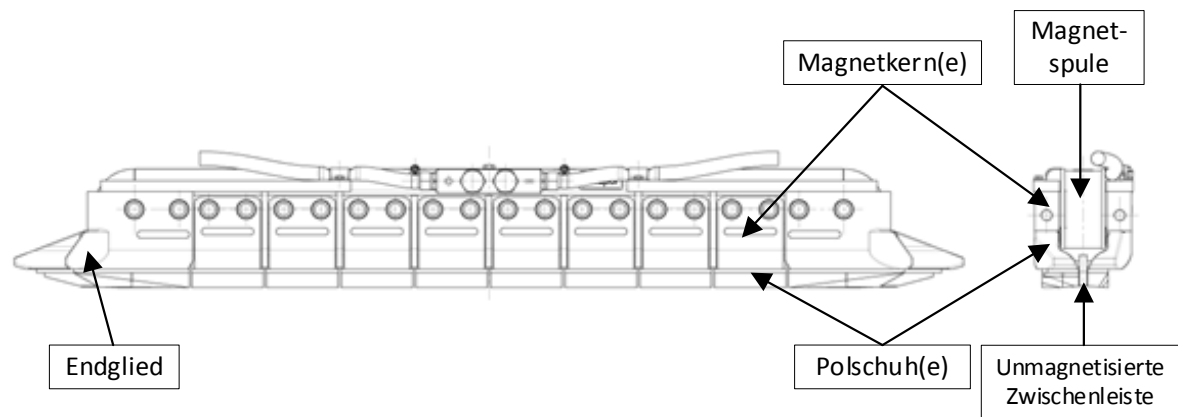


Abbildung 8-1: Gliedermagnet

- der Starmagnet (Abbildung 8-2) mit einer fest mit dem Magneten verbundenen Polschuhleiste.

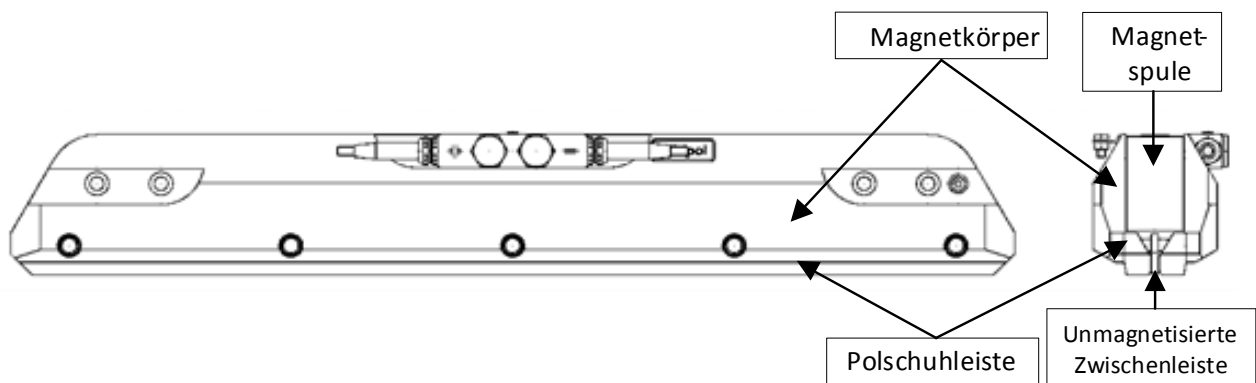


Abbildung 8-2: Starmagnet

8.2 Geometrie der Endstücke

8.2.1 Allgemeines

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 beim Befahren von Weichen und Kreuzungen und reduzieren die Entgleisungsgefahr der Magnete,
- sie tragen mit ihrem Anzugkraftanteil zum Bremsvermögen der Mg-Bremse bei.

Um diese Aufgaben sicherzustellen, müssen die Endstücke eine geeignete Geometrie aufweisen.

8.2.2 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

Entsprechen die Endglieder nicht der DIN EN 16207, ist ein entsprechender Nachweis zur Eignung der Endglieder zu führen.

8.2.3 Fahrzeuge der Kategorie 2

Polschuhe (Polschuhleisten) für Starmagneten für den BOStrab-Bereich weisen keine ausgeprägten Endglieder auf.

Sind die Polschuhe (Polschuhleisten) in ihrem Endbereich entsprechend der DIN 43201 oder der DIN EN 16207 ausgeführt, gilt ihre Endgeometrie als grundsätzlich für den Einsatz im BOStrab-Bereich geeignet.

Die Verschleißhöhe muss der DIN 43201 entsprechen.

8.2.4 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Anforderungen nach Kapitel 8.2.2

Werden Starmagnete im EBO-/TEIV-Bereich eingesetzt, so ist deren Endgeometrie bis zu einer Höhe von 40 mm über Schienenaufgabe an die der Polschuhe und Endglieder entsprechend DIN EN 16207 anzupassen.

Für die in der Regel größere Polschuhbreite von 65 - 72 mm bedarf es einer Zustimmung des Netzbetreibers für den BOStrab-Bereich.

8.2.5 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Anforderungen Kapitel 8.2.3.

Wird die Mg-Bremse bei Einsatz des Fahrzeuges im EBO-Bereich nicht abgeschaltet, so ist die Gestaltung der Endgeometrie der Polschuhe/Polschuhleisten mit dem Netzbetreiber abzustimmen. Zusätzliche seitliche Auflaufschrägen im Endbereich der Polschuhe/Polschuhleisten sind möglich.

8.3 Polschuhe / Polschuhleisten

8.3.1 Allgemeines

Die Polschuhe / Polschuhleisten eines Magneten tragen mit ihrem Anzugskraftanteil zum Bremsvermögen der Mg-Bremse bei.

8.3.2 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

8.3.3 Fahrzeuge der Kategorie 2

Für die im BOStrab-Bereich als typisch anzusehenden Rillenschienen ergibt sich für Polschuh / Polschuhleiste eine Breite von 54 mm, die im Kontakt mit dem Schienenkopf ist.

Abweichungen bedürfen der Zustimmung des Netzbetreibers.

8.3.4 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Anforderungen nach Kapitel 8.3.2.

Die in der Regel größere Breite des Polschuhs, die im Kontakt mit dem Schienenkopf ist (> 54 mm), bedarf der Zustimmung des Netzbetreibers für den BOStrab-Bereich.

8.3.5 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Anforderungen nach Kapitel 8.3.3.

9 Freiraum für Radbearbeitungsmaschinen und Transportrollen (informativ)

Der Einbau der Mg-Bremse ist möglichst so zu gestalten, dass keine Demontearbeiten an der Mg-Bremse nötig sind, um ausreichenden Freiraum für den Arbeitsraumbedarf von Unterflurdrehmaschinen bzw. für den Einsatz von Transportrollen zu gewährleisten. Die entsprechenden Anforderungen müssen in der Fahrzeugspezifikation festgelegt werden. Ist der Freiraum für Radbearbeitungsmaschinen und Transportrollen konstruktiv nicht gegeben, muss es möglich sein, den Freiraum auf einfache Weise herzustellen (z. B. Anheben, Abbau der Magnete oder deren Endstücke).

Weitere Anforderungen sind in DIN EN 16207 definiert.

10 Festigkeitsanforderungen

10.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

Die in DIN EN 16207 definierten Lastannahmen werden aus Normierungsgründen auf die Anzugskraft der Magnete bzw. bei Verwendung von anderen Polschuhmaterialien mit einem Kraftäquivalent zu Stahlpolschuhen bezogen und durch die Koeffizienten beschrieben.

10.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

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

- keine Resonanzschwingungen auf Teile des Fahrwerks und der Mg-Bremse ausgeübt werden,
- alle aus den Führungselementen des Fahrwerks resultierenden Bewegungen und Belastungen ohne Beschädigungen ertragen werden können,
- in Arbeitsstellung der Mg-Bremse die durch Störungen im Gleis, Unterbrechungen in Weichen und Berührungen mit Gleisführungselementen auftretenden Kräfte nicht zu Schäden führen, die eine Funktionsgefährdung der Mg-Bremse darstellen,
- die aus dem Bremsvorgang resultierenden Längskräfte vom Fahrwerk aufgenommen werden können.

Die aus der Führung der Mg-Bremse im Gleis herrührenden Angriffspunkte von Kräften unter Berücksichtigung elastischer Verwindungen der Führungselemente sowie die anzusetzenden Lastannahmen sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit in der **Anlage 3** beschrieben.

Die in **Anlage 3** definierten Lastannahmen werden aus Normierungsgründen auf die Anzugskraft der Magnete bzw. bei Verwendung von anderen Polschuhmaterialien mit einem Kraftäquivalent zu Stahlpolschuhen bezogen und durch die Koeffizienten beschrieben.

Die zu verwendenden Größen analog DIN EN 16207 sind in diesem Dokument in Abbildung 3-1 dargestellt.

In der Bauform Tiefaufhängung sind die Magnete anzugsbereit durch Federkraft über der Schienenoberkante aufgehängt. Das Fahrwerk übernimmt dabei alle Beanspruchungen, die auf die Magnete in Ruhe- und Arbeitsstellung einwirken. Das Fahrwerk muss die Profileinhaltung nach Kapitel 4 für die untere Fahrzeugumgrenzung gewährleisten. Differenzierungen ergeben sich, wenn Einzelaufhängung oder Verbindung der gegenüberliegenden Magnete durch Spurhalter verwendet werden.

10.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Für Fahrzeuge der Kategorien 3 sind die Lastannahmen nach DIN EN 16207 bzw. **Anlage 3** je nach konstruktiver Ausführung sinngemäß anzuwenden.

10.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Für Fahrzeuge der Kategorien 4 sind die Lastannahmen nach DIN EN 16207 bzw. **Anlage 3** je nach konstruktiver Ausführung sinngemäß anzuwenden.

11 Mechanische Befestigung am Fahrzeug

11.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

Hinweise darauf, wie Schraubenverbindungen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz einzuordnen sind und welche Möglichkeiten der Redundanz es gibt, sind in der Normenreihe DIN 25201 beschrieben.

11.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Hinweise darauf, wie Schraubenverbindungen bezüglich ihrer Sicherheitsrelevanz einzuordnen sind und welche Möglichkeiten der Redundanz es gibt, sind in der Normenreihe DIN 25201 beschrieben.

11.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Anforderungen nach Kapitel 11.1.

11.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Anforderungen nach Kapitel 11.2.

12 Ansteuerung der Mg-Bremse

12.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

12.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Die Ansteuerung der Mg-Bremse erfolgt bei Gefahrbremsungen automatisch. Die Anforderungen an die Ansteuerung sind in VDV-Schrift 161 festgelegt.

Ihre Verwendung ist in der BOStrab, TR Br und DIN EN 13452-1 geregelt.

12.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 12.1. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 12.2.

12.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 12.2. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 12.1, soweit sie die Wirkbereitschaft betreffen.

13 Energieversorgung der Mg-Bremse

13.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

13.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Die Versorgung mit elektrischer Energie muss aus der Bordstromversorgung des Fahrzeuges, bei Gefahrbremsungen auf direktem Wege aus einer Batterie erfolgen.

Eine Mindestanzahl von Bremsungen muss nicht gewährleistet werden, da die Mg-Bremse nur im Ausnahmefall benötigt wird und bei Straßenbahnen nur einen geringen Teil der Batteriekapazität (< 2% pro Bremsung) beansprucht. Gelten diese Bedingungen nicht, sind Regelungen im Einzelfall zu treffen.

Für eine Bremsung muss am Magneten noch eine Nennspannung $U_N-30\%$ (Klemmenspannung) verfügbar sein, wobei in diesem Fall die Anzugskraft 5% unter dem Nominalwert des Magneten liegen darf.

13.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 13.1. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 13.2.

13.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 13.2. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 13.1, soweit sie die Wirkbereitschaft betreffen.

14 Mg-Bremse mit Anrechnung auf das Bremsvermögen

14.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

14.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Die Verwendung der Mg-Bremse ist in der BOStrab, TR Br, VDV 161 und DIN EN 13452-1 geregelt.

14.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 14.1. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 14.2.

14.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 14.2. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 14.1, soweit anwendbar.

15 Diagnose Mg-Bremse

15.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen nach DIN EN 16207.

15.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Die ordnungsgemäße Funktion der Mg-Bremse wird durch betriebliche Regelungen vom Fahrpersonal oder durch regelmäßige Inspektionen im Rahmen der Instandhaltung überwacht. Alternativ oder ergänzend sind Prüfeinrichtungen zulässig, die mindestens die gleiche Sicherheit gewährleisten. Die Wirkbereitschaft der Mg-Bremse soll permanent technisch überwacht werden.

15.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 15.1. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 15.2.

15.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 15.2. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 15.1.

16 Typ-, Serien- und Fahrzeugintegrationsprüfungen

16.1 Fahrzeuge der Kategorie 1

Es gelten die Anforderungen der DIN EN 16207. Für die Fahrzeugintegrationsprüfungen gelten zusätzlich die „Regelungen für die bremstechnische Beurteilung von Eisenbahnfahrzeugen“.

16.2 Fahrzeuge der Kategorie 2

Es gelten die Anforderungen der BOStrab, TR Br und DIN EN 13452-1 bzw. -2.

16.3 Fahrzeuge der Kategorie 3

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 16.1. Bei Betrieb im Bereich der BOStrab gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 16.2.

16.4 Fahrzeuge der Kategorie 4

Es gelten die Bestimmungen nach Kapitel 16.2. Bei Betrieb im Bereich der EBO gelten ergänzend die Bestimmungen nach Kapitel 16.1.

17 Behandlung der Mg-Bremse bei der Instandhaltung (informativ)

Das Aufschieferungs- und Verschleißverhalten ist u. a. abhängig vom Polschuhmaterial. Basierend auf dem zu erwartenden Aufschieferungs- und Verschleißverhalten sind geeignete Wartungsintervalle und Grenzmaße zu definieren. Siehe auch DIN 27205-6

Stählerne Polschuhe neigen zu blattförmigen Aufschieferungen, die das Bremsvermögen vermindern und sich lösen können. Diese Aufschieferungen sind zu entfernen.



Abbildung 17-1: Aufschieferungszustände

Abbildung 17-1 zeigt unterschiedliche Aufschieferungszustände.

18 Aspekte der signaltechnischen Verträglichkeit (informativ)

18.1 Allgemeines

Unter diesem Kapitel werden Aspekte erläutert, die Auswirkungen auf das Umfeld der Mg-Bremse haben. Dazu zählen der Raumbedarf der Mg-Bremse zwischen den Rädern, siehe Kapitel 18.2, die Wechselwirkung mit Gleisschaltmitteln und die eigentliche EMV bei Ein- und Ausschaltvorgängen, siehe Kapitel 18.3 sowie die Wechselwirkung mit der PZB, siehe Kapitel 18.4.

18.2 Einbaugeometrie der Mg-Bremse

Der für die Mg-Bremse zur Verfügung stehende Einbauraum wird einerseits durch die Vorgaben zur Fahrzeugbegrenzungslinie und andererseits durch die Konstruktion des Fahrwerks vorgegeben. Je nach Kategorie der Fahrzeuge gelten die Fahrzeugbegrenzungslinien gemäß Kapitel 4.

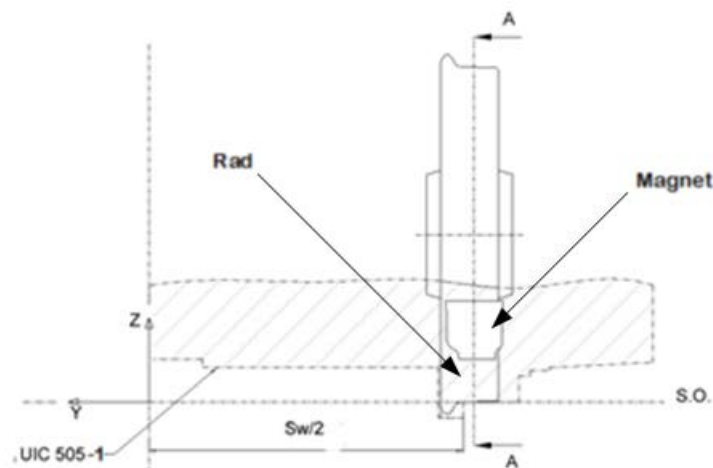


Abbildung 18-1: Fahrzeugbegrenzungslinie für Fahrzeug der Kategorie 1

Das Maß $Sw/2$ bezeichnet die auf die Gleismitte bezogene halbe Spurweite.

Der von der Fahrzeugbegrenzungslinie definierte Querschnitt wird einerseits in allen Betriebssituationen nicht verlassen, andererseits auch vollständig, durch Baugruppen der Mg-Bremse - z.B. Magnete, Spurhalter -, ausgenutzt. Es ist davon auszugehen, dass sich die Mg-Bremse während

des Ein- und Ausschaltens in beliebigen Positionen innerhalb des von der Fahrzeugbegrenzungslinie vorgegebenen Querschnitts befindet (Abbildung 18-1).

Für die Betrachtungen in Längsrichtung (Abbildung 18-2 und Abbildung 18-3) ist zu berücksichtigen, dass Mg-Bremsen in sehr unterschiedlichen Applikationen zur Anwendung kommen. Es wird daher immer ein Bezug zu einem Rad hergestellt. Ist die Mg-Bremse zwischen zwei Rädern eingebaut, so ist die Einbausituation für beide Räder zu betrachten.

In Längsrichtung (x - z Ebene) ergibt sich die von den Magneten ausgenutzte Querschnittsfläche aus der Länge des Magneten (L_m), dem maximalen Raddurchmesser (d_r), der Höhe über SO in Lösestellung (h) und dem Abstand des Endpunktes des Magneten zum Radaufstandspunkt (L_{rm}).

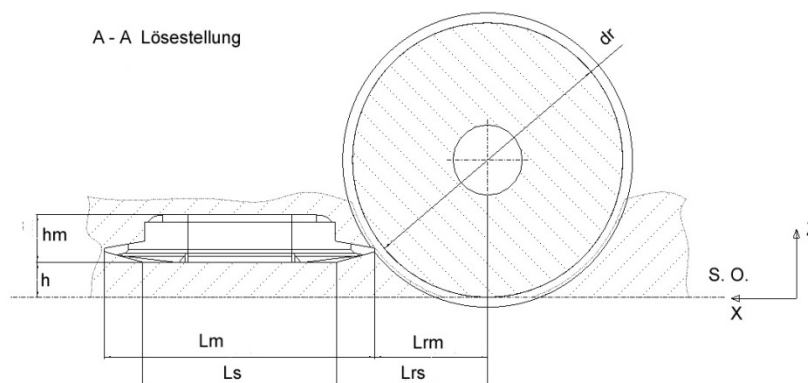


Abbildung 18-2: Einbauraum in der x - z -Ebene, Lösestellung

Aufgrund der Endgeometrie sind 2 Längen für die Magneten zu unterscheiden:

- 1) Die Länge über alles (L_m), maximale Länge des Magneten, mit einem zum Rad relativen Maß (L_{rm}).
- 2) Die effektive Auflagelänge (L_s) über welche der Magnet auf der Schiene aufliegt, mit einem zum Rad relativen Maß (L_{rs}).

Im Betrieb befindliche aktuelle Anwendungen zeigen, dass die Maße L_{rm} und L_{rs} kleiner als der Radius des Rades sein können.

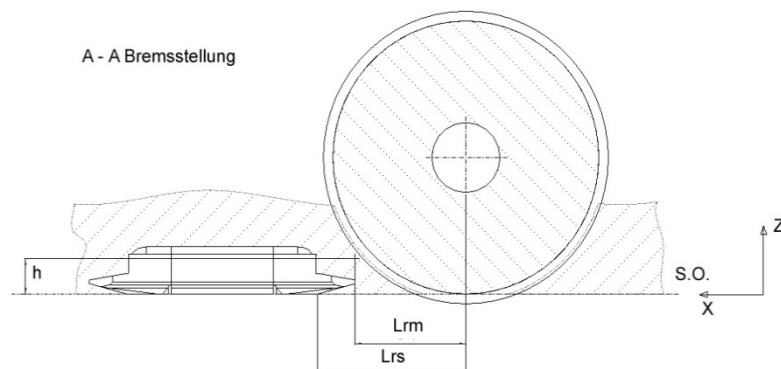


Abbildung 18-3: Einbauraum in der x - z -Ebene, Bremsstellung

Durch die maximale Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums können sich visuelle Überdeckungen (Hinterschneidungen) zum Spurkranz und Rad ergeben, die durch die asymmetrische Ausbildung der Endgeometrie sogar noch verstärkt werden können (Abbildung 18-4).

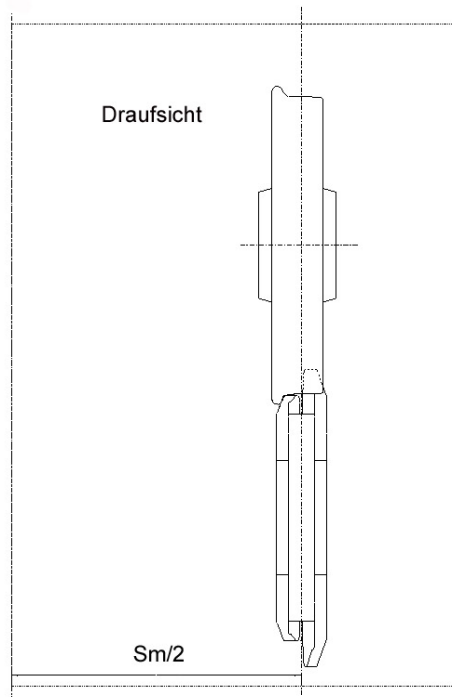


Abbildung 18-4: Einbauraum in der x-y Ebene, Hinterschneidung

18.3 EMV

Bei einer Aufhängung der Magnetschienenbremse von ≥ 40 mm über SO (Hoch- und Hoch/Tief-Aufhängung) sind keine Einschränkungen bezüglich der Sicherheit und Verfügbarkeit der signaltechnischen Einrichtungen gegeben.

In führenden Fahrzeugen dürfen Magnetschienenbremsen oder Wirbelstrombremsen, deren Unterkanten im nicht aktivierten Zustand weniger als 40 mm von der Schienenoberkante entfernt sind, erst nach dem in Fahrtrichtung 5. Radsatz angebracht werden. Anderenfalls dürfen bestimmte Bahnübergänge nicht befahren werden.

Bei Versorgung der Mg-Bremse mit Gleichstrom aus der Fahrzeugbatterie sind gemäß DIN EN 16207 keine EMV-Nachweise nach DIN EN 50121-3-2 erforderlich.

18.4 Anordnung des PZB-Fahrzeugmagneten in Drehgestellen mit Mg-Bremsen

Für die Anordnung von PZB-Fahrzeugmagneten in Drehgestellen mit Mg-Bremse gelten die Bestimmungen nach Bekanntgabe 07 – AK EMV.

Anlagen (informativ)

Anlage 1: Auszug aus Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) – Grenzlinie

- a. bei Gleisen, die von allen Fahrzeugen befahren werden dürfen,

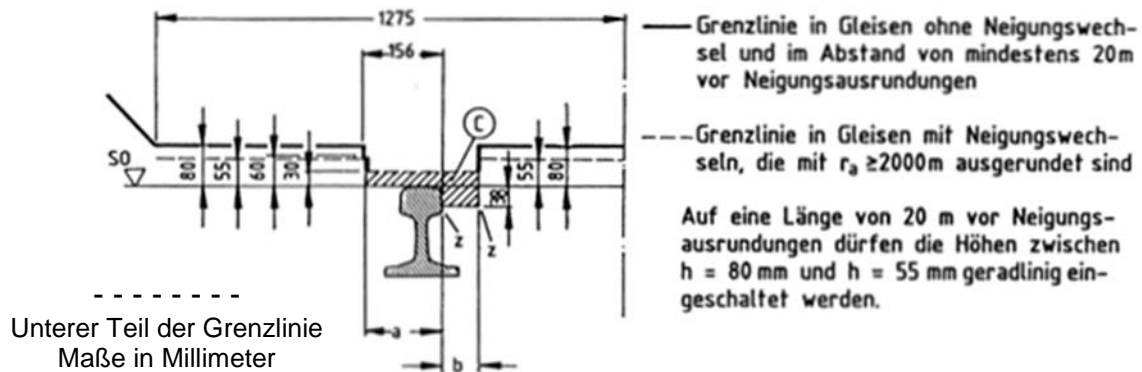


Abbildung A1 1: Grenzlinien

- b. bei Gleisen, die ausschließlich von Fahrzeugen befahren werden, die die Bezugslinie der EBO, Anlage 7 und 8, jeweils Bild 2 einhalten.

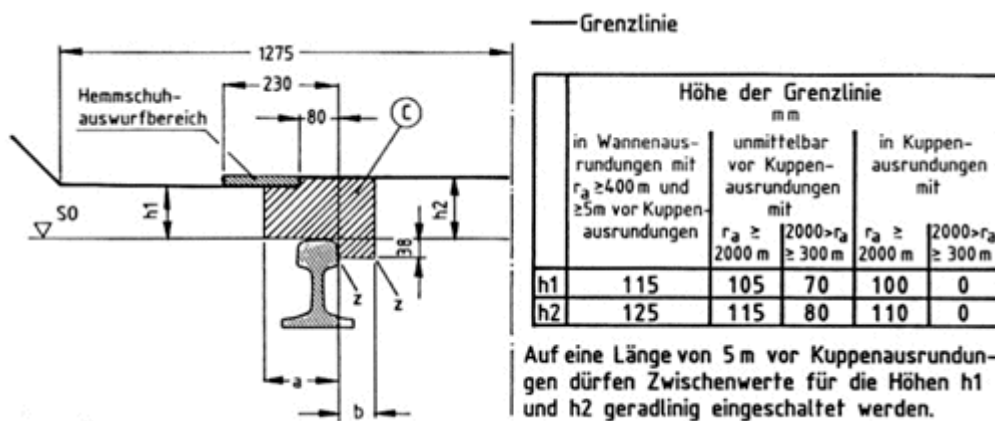


Abbildung A1 2: Grenzlinien

- $a \geq 150 \text{ mm}$ für unbewegliche Gegenstände, die nicht fest mit der Schiene verbunden sind.
 $a \geq 135 \text{ mm}$ für unbewegliche Gegenstände, die fest mit der Schiene verbunden sind.
 $b = 41 \text{ mm}$ für Einrichtungen, die das Rad an der inneren Stirnfläche führen.
 $b \geq 45 \text{ mm}$ an Bahnübergängen und Übergängen (§ 11 Abs.I).
 $b \geq 70 \text{ mm}$ für alle übrigen Fälle.
 $z = \text{Ecken, die ausgerundet werden dürfen.}$

Bereich C:

Raum für das Durchrollen der Räder. Zulässig sind Eintragungen von Einrichtungen und Geräten, wenn es deren Zweck erfordert (z.B. Rangiereinrichtungen).

Anlage 2: Vorschlag für untere Fahrzeugbegrenzung für den BOStrab-Bereich

Erforderlicher Freiraum für Mg-Bremse im BOStrab-Bereich Ausschnitt im Radbereich:

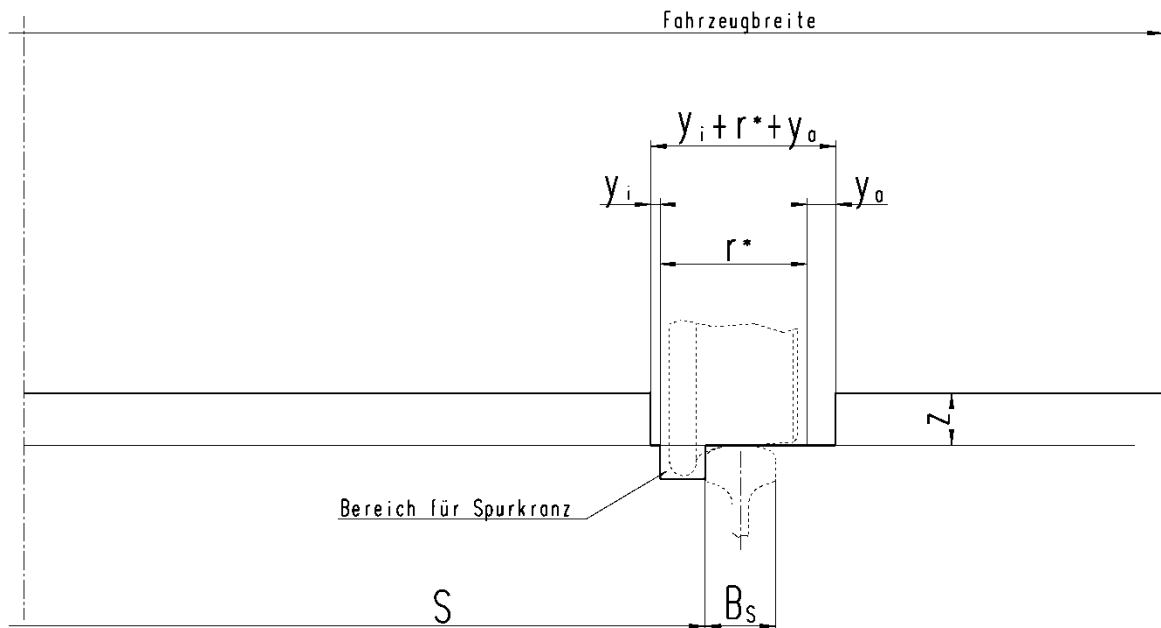


Abbildung A2 1: Freiraum

Legende:

- B_s Schienenkopfbreite
- S Spurweite
- r^* vom Rad maximal zulässiger Breite genutzter Bereich
- $y_i \geq 0$ in Abhängigkeit von Relativbewegung zwischen Rad und Mg-Bremse von Mg-Bremse genutzter Bereich auf Schieneninnenseite
- $y_a \geq 0$ in Abhängigkeit von Relativbewegung zwischen Rad und Mg-Bremse von Mg-Bremse genutzter Bereich auf Schienenaußenseite
- z minimaler Abstand Schienenoberkante Fahrzeug

Bei der Festlegung von y_i und y_a ist ggf. auf die Sehnenstellung der Mg-Bremse in engen Bogenradien zu berücksichtigen.

Nur für das Maß z lässt sich ein absoluter Grenzwert angeben (siehe VDV-Mitteilung 1501). Sämtliche anderen Maße müssen zwischen Fahrzeughersteller und Infrastrukturbetreiber abgestimmt werden.

Anlage 3: Lastannahmen für Mg-Bremse der Fahrzeuge der Kategorie 2

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Lastannahmen gelten im Wesentlichen nur für Bauformen der Mg-Bremse in Einzelaufhängung ohne Spurhalter in Tiefaufhängung.

Abbildung A3 1 zeigt die möglichen und angewendeten Längsführungen des Magneten im Fahrwerk. Die ziehende Variante ist beispielhaft in den beiden oberen Varianten dargestellt.

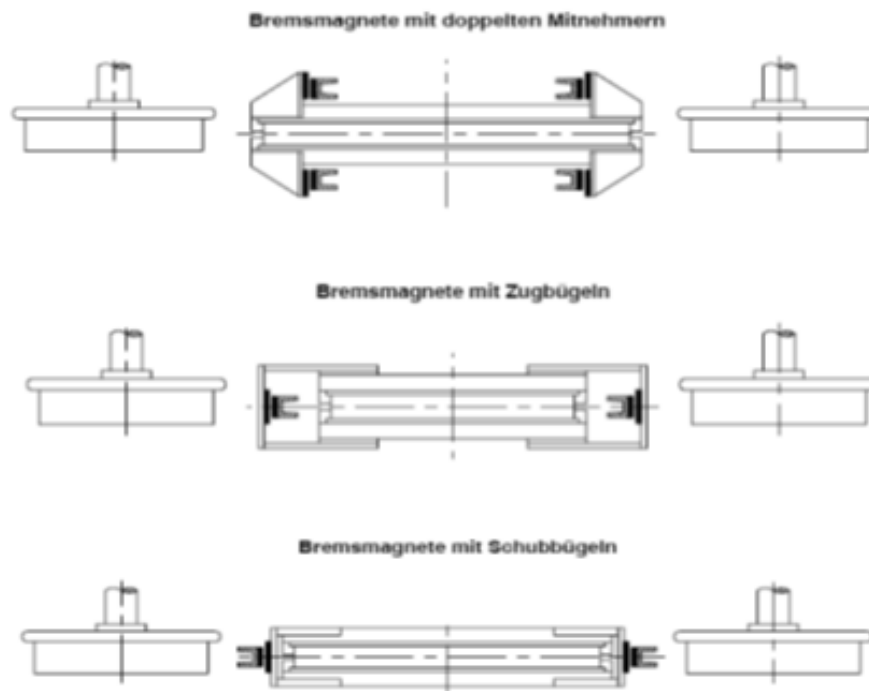


Abbildung A3 1: Arten der Längsführung der Mg-Bremsen

2 Ruhestellung

2.1 Lastfall-Erläuterung:

In den folgenden Unterpunkten sind die Belastungen auf die Mg-Bremse im Einzelnen aufgeführt.

Alle Angaben zu Beschleunigungen werden quasistatisch angenommen.

Abbildung A3 2 und Abbildung A3 3 zeigen schematisch das Querspiel Y1 und das Längsspiel X1 zwischen Drehgestell und Mg-Bremse.

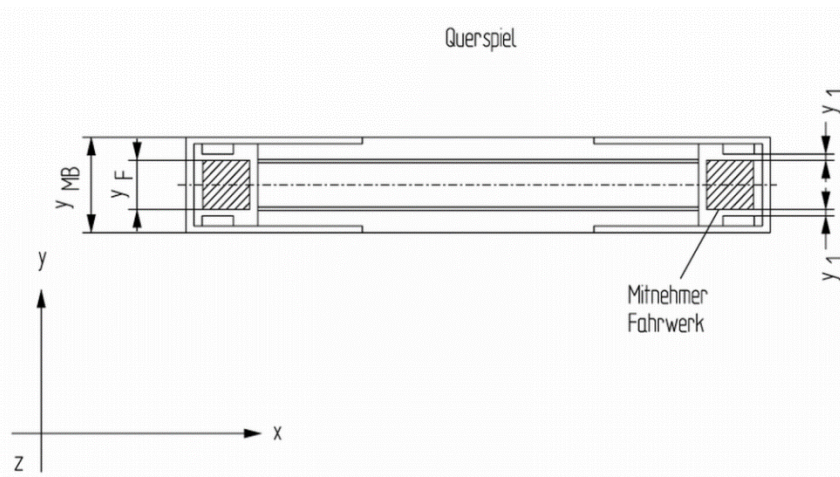


Abbildung A3 2: Querspiel

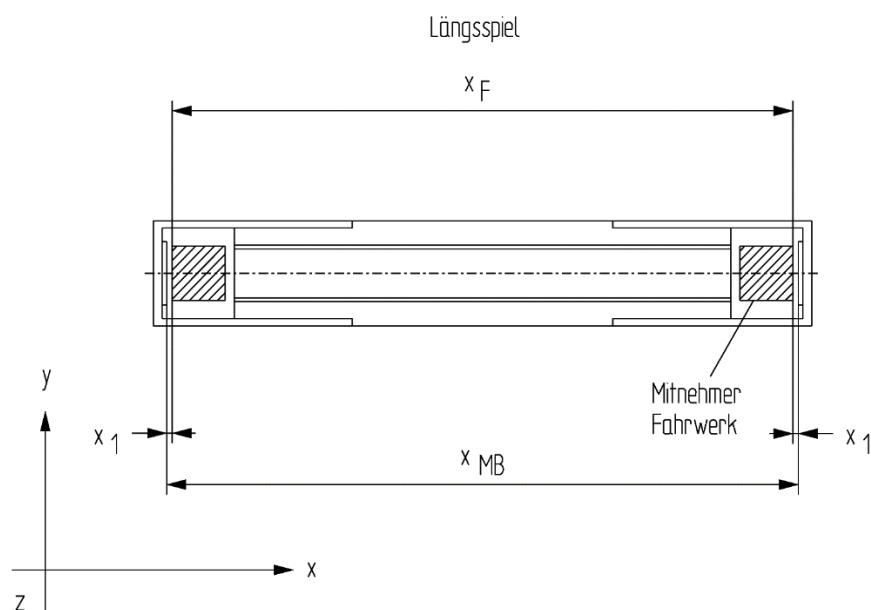


Abbildung A3 3: Längsspiel

2.1.1 Eigenmasse

Die Eigenmasse der Mg-Bremse wird bei den folgenden Lastfällen (2.2 - 2.3) als Mittellast berücksichtigt.

2.1.2 Verwindungen und Verzwängungen durch Montage

Die Bauteil- und Montagetoleranzen

- Δx_M
- Δy_M
- Δz_M

werden jeweils in Form einer Mittellast mit den Belastungen 2.2 bis 2.3 überlagert. Bei gewährleitetem Spiel sind die Werte der Mittellasten mit null anzusetzen.

Als Anhaltswerte sind zu verwenden:

$$\Delta x_M = \pm 2 \text{ mm (Montagetoleranz)}$$

$$\Delta y_M = \pm 2 \text{ mm (Montagetoleranz)}$$

$$\Delta z_M = \pm 3 \text{ mm}$$

Davon abweichende Werte sind vom Drehgestellhersteller (Toleranzen Einbautoleranzen) bzw. dem Bremsenhersteller anzugeben.

2.1.3 Kräfte durch fahrwerkseitige dynamische Verschiebungen

Die Verschiebungen

- Δx_B
- Δy_B
- Δz_B

entstehen durch Verformungen des Drehgestellrahmens bzw. Bewegungen der Abstützpunkte für die Bremsmagnete. Auftretende Verschiebungen, insbesondere durch lokale Verformungen, sind zwischen Drehgestell- und Bremsenhersteller abzustimmen. Bei gewährleistetem Spiel sind die Kräfte mit null anzusetzen.

2.2 Beschleunigungen

Die Angaben zu den Beschleunigungen der realen Massen der Mg-Bremse basieren auf EN 50125-1, EN IEC 61373, EN 13749, VDV 152 und Fahrversuchen. Es werden folgende Maximalwerte für den Fußpunkt festgelegt:

- $a_{zF} = \pm 300 \text{ m/s}^2$
- $a_{yF} = \pm 270 \text{ m/s}^2$
- $a_{xF} = \pm 130 \text{ m/s}^2$

Diese Werte gelten für den Anregungspunkt (Fußpunkt siehe Abbildung A3 4) bei achsfester Anbindung, sie sind wegen der Entkopplung durch die Aufhängung nicht identisch mit den Werten, die am Magneten wirken. (Erfahrungswerte: $a_{zM} = \pm 10$ bis $\pm 20 \text{ m/s}^2$, Werte a_{xM} und a_{yM} nicht relevant).

Hinweis: Die angeführten Normen werden zur Ermittlung der Beschleunigungen herangezogen, die Nachweisführung wird hier nicht angewendet

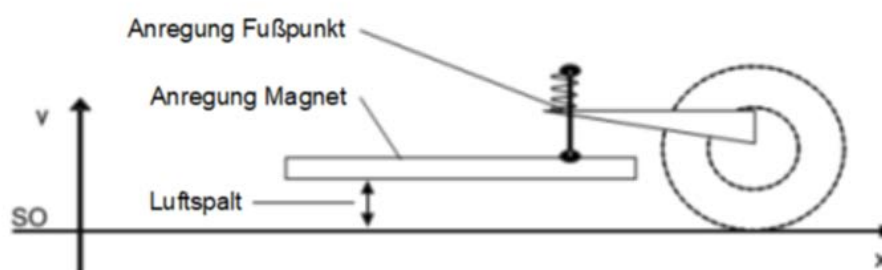


Abbildung A3 4: Bezugspunkt für Beschleunigungen

2.3 Anregung durch Flachstellen

Die Aufhängung des Magneten ist so zu gestalten, dass der inaktive Magnet die Schiene nicht berührt.

Entstehen durch Flachstellen höhere Beschleunigungen als a_{zM} , so ist damit zu rechnen, dass die Mg-Bremse auf der Schiene aufsetzt. Die daraus resultierenden Belastungen sind bei der Ausführung der Mg-Bremse zu berücksichtigen.

Hiervon abweichende Anforderungen sind jeweils zwischen dem Hersteller des Fahrwerks und dem Hersteller der Mg-Bremse abzustimmen.

3 Tieflage (Arbeitsstellung)

3.1 Lastfall – Erläuterung:

In den folgenden Unterpunkten sind die Belastungen auf die Mg-Bremse im Einzelnen aufgeführt. Folgende Aussagen sind für alle Punkte zu berücksichtigen.

- Kollisionen mit Radlenkern können zu einer erheblichen Belastung in Längs- und Querrichtung führen. Größenangaben zu den möglichen Belastungen sind derzeit nicht bekannt.
- Die gesamte Bremskraft ist entsprechend der jeweils wirkenden Normalkräfte über die Länge des Magneten zu verteilen.
- Die Brems- und Stoßkräfte sind für ungünstige Überdeckungsverhältnisse an den Mitnehmern zu berücksichtigen (neue Räder, verschlissener Magnet, betriebsbereites Fahrzeug).
- Die Führungselemente sind derart zu gestalten, dass auch bei ungünstigen Überdeckungsverhältnissen die Führung in Längs- und Querrichtung gegeben ist. (z.B. zeichnerischer Nachweis).
- Der Lastangriff für die Querkraft erfolgt in Höhe der Schienenoberkante am Auflagebeginn des Polschuhes. Die angegebenen Querkräfte beziehen sich auf in Kap. 9 angegebene Bauformen. Bei anderen Ausführungen können z.T. erheblich höhere Belastungen auftreten.
- Beim Überbremsen von Weichen (Kapitel 3.3.2 bis 3.4.2) sind Effekte aus dem Drehgestellspießgang bereits berücksichtigt.

3.1.1 Aufsetzen auf die Schiene während des Einschaltens

Beim Aufsetzvorgang ist eine Beschleunigung a_{zM} des Magneten von 200 m/s^2 als Stoß zu berücksichtigen. Der Nachweis erfolgt i. d. R. durch Versuch.

Bei der Federaufhängung ist für Bemessung des Federweges neben dem Luftspalt zwischen Schiene und Magnet - in Lösestellung - auch der sich aus der Querverschiebung zwischen dem Drehgestell und der sich auf der Schiene zentrierenden Magnetschienenbremse zu berücksichtigen.

3.1.2 Drehgestellspießgang

Der Drehgestellspießgang führt zu einer Querverschiebung Δy der Magnete in deren Aufhängung. Die Größe der Querverschiebung hängt von geometrischen Parametern wie Mitnehmerpalten und maximalem Ausdrehwinkel des Drehgestells über dem Gleis sowie dem Radsatzstand ab. Bedingt durch kurze Radsatzstände ist ein maximaler Ausdrehwinkel von etwa $3,5^\circ$ ($2,9^\circ$ aus maximalem Spurspiel und $0,6^\circ$ aus Querfederung) möglich. Davon abweichende Werte sind zwischen Drehgestell- und Bremsenhersteller abzustimmen.

Es erfolgt eine Aufteilung der maximal durch Reibung entstehenden Längskraft in eine Querkraft- und eine Längskraftkomponente, wobei die Längskraftkomponente mit $0,40 \times$ Anzugskraft und die Querkraftkomponente mit $0,12 \times$ Anzugskraft definiert ist.

3.2 Längskraft $F_{B,x}$ aus Bremsung

Die Belastung der Schnittstelle entsteht durch die Einprägung einer Längskraft, welche durch den Bremsstoß und die Bremskraft bestimmt wird. Die Größe der Stoßkraft hängt hierbei von einigen konstruktiven Parametern wie z.B. Spalt zwischen den Mitnehmern, Bremsausgangsgeschwindigkeit und Mitnehmersteifigkeiten ab. Der übliche Wert für die Längskraft (aus Bremsstoß bzw. Bremskraft) bei Magneten mit Polschuhen aus Stahl beträgt $0,40 \times$ magnetische Anzugskraft.

Je Bremsung sind zwei Lastwechsel annähernd gleicher Größe anzusetzen.

Die nachfolgende Skizze verdeutlicht dies.

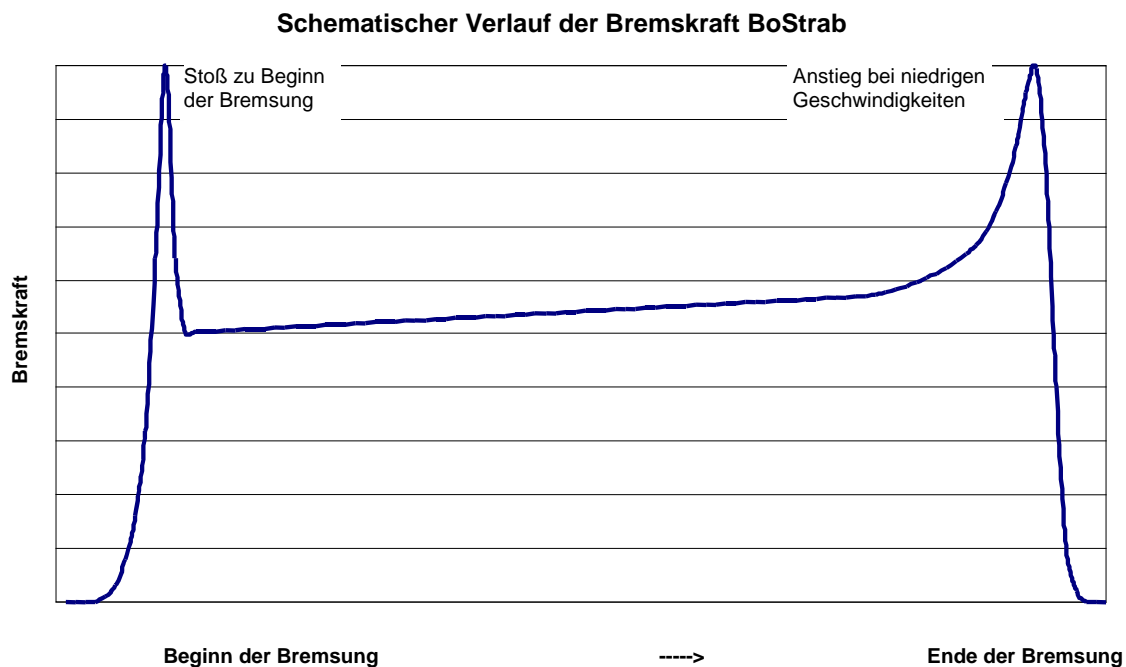


Abbildung A3 5: Schematischer Verlauf der Bremskraft

Abweichende Werte sind jeweils zwischen den Herstellern des Drehgestells und der Mg-Bremse abzustimmen.

3.3 Lasten beim Bremsen über Weichen

3.3.1 Allgemeines

Beim Bremsen über Weichen wirken zusätzlich zu den Längskräften auch Querkräfte.

Der Lastangriff für die Querkraft erfolgt in Höhe der Schienenoberkante am führenden Ende des Magneten.

3.3.2 Querkraft F_Q nach innen und Längskraft $F_{B,x}$

Einprägung einer Querkraft von $0,18 \times$ Anzugskraft nach innen im Bereich der Endstücke mit einer gleichzeitigen Überlagerung einer Längskraft mit $0,20 \times$ Anzugskraft.

3.3.3 Querkraft F_Q nach außen und Längskraft $F_{B,x}$

Einprägung einer Querkraft von $0,18 \times$ Anzugskraft nach außen im Bereich der Endstücke mit einer gleichzeitigen Überlagerung einer Längskraft mit $0,20 \times$ Anzugskraft.

3.4 Außergewöhnliche Lasten beim Bremsen über Weichen

3.4.1 Allgemeines

Bisherige Messungen an Fahrzeugen belegen außergewöhnliche Lasten, die durch äußere Einflüsse hervorgerufen werden. Sie hängen maßgeblich vom Verschleißzustand der Weiche ab.

3.4.2 Außergewöhnliche Querkraft nach innen

Einprägung einer außergewöhnlichen Querkraft von $0,20 \times$ Anzugskraft nach innen im Bereich der Endstücke mit einer gleichzeitigen Überlagerung einer Längskraft mit $0,20 \times$ Anzugskraft.

3.4.3 Außergewöhnliche Querkraft nach außen

Einprägung einer außergewöhnlichen Querkraft von $0,20 \times$ Anzugskraft nach außen im Bereich der Endstücke mit einer gleichzeitigen Überlagerung einer Längskraft mit $0,20 \times$ Anzugskraft.

3.5 Krafteinleitung und Reaktionskräfte

Die folgende Skizze gibt einen Überblick über die anzusetzenden Kräfte und deren Lage an:

Krafteinleitungen und Reaktionskräfte

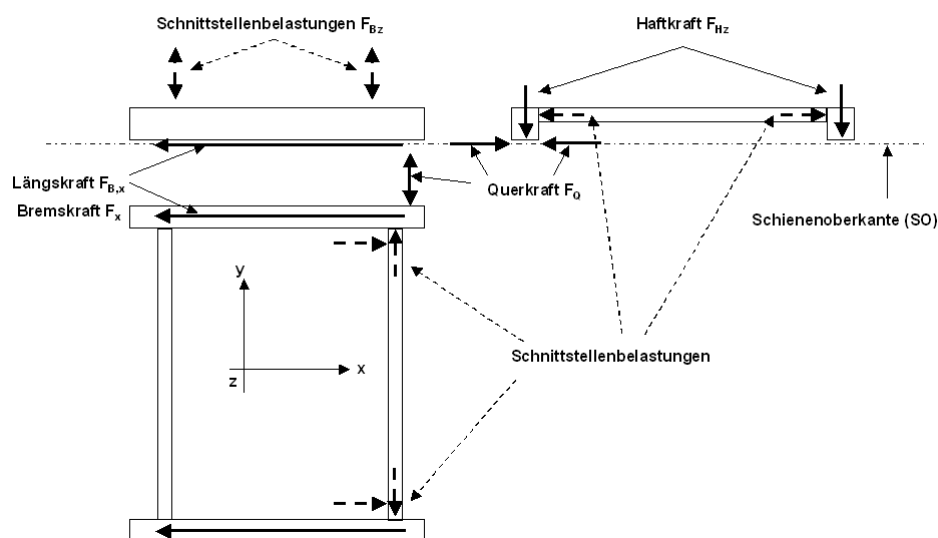


Abbildung A3 6: Darstellung der Krafteinleitung und Reaktionskräfte

4 Gleisbremsen

Gleisbremsen finden im BOStrab-Bereich keine Anwendung.

5 FME(C)A

Nachfolgende Sonderlastfälle sollten über die dargestellten Lastfälle hinaus im Rahmen der FME(C)A untersucht werden:

- Kollision mit Radlenkern
- Einseitiges Bremsen
- Bruch einer Aufhängung
- Ausfall einer Mitnehmereinrichtung

Umfang und Inhalt der FME(C)A sind zwischen Fahrwerkshersteller und Hersteller der Mg-Bremse abzustimmen.

6 Lastkollektiv für den Festigkeitsnachweis

Die aufgeführten Lasten sollen in der Summe die gesamte Betriebsdauer nachbilden.

Für die Lastwechsel bei seltener Benutzung (Fahrzeuge der Kategorie 2) der Mg-Bremse wird von 10 Bremsung mit Mg-Bremse pro Tag ausgegangen. Für die häufige Benutzung wird von einer Nutzung von 50 Bremsungen pro Tag ausgegangen. Somit ergeben sich in 30 Jahren zwischen 100.000 und 500.000 Betätigungen.

Last-Kombi-nation	Lastwechsel		Zu überlagernde Lastfälle	Bemerkung
	Von	Bis		
1	1 x 10 ⁷		2.1.1 +2.1.2 3.1.1	Verwindung, Verzwängung, Eigengewicht, Hubweg Wechsel aus der Ruhestellung in die Tieflage
2			2.1.1* + 2.1.2* + 2.1.3	Verwindung, Verzwängung Im Betrieb
3-1	1 x 10 ⁷		2.1.1*+2.1.2*+2.2	Beschleunigungen in Richtung X jeweils einzeln
3-2	1 x 10 ⁷		2.1.1*+2.1.2*+2.2	Beschleunigungen in Richtung Y jeweils einzeln
3-3	1 x 10 ⁷		2.1.1*+2.1.2*+2.2 (+ 2.3)	Beschleunigungen in Richtung Z jeweils einzeln
4	1 x 10 ⁵	5 x 10 ⁵	3.1.1	Aufsetzen mit 200 m/s ²
5	2 x 10 ⁵	1 x 10 ⁶	3.2	Längskraft
6	1.000	5.000	3.1.2	Längskraft im engen Bogen Drehgestellspießgang
7	15.000	75.000	3.3.1	Bremsen im Weichenbereich (innen) Lastkombination 7 und 8 sind gemeinsam als Wechsellast zu bewerten
8	15.000	75.000	3.3.2	Bremsen im Weichenbereich (außen) Siehe 7
9	2.000	10.000	3.4.1	Außergewöhnliche Querkraft (innen) Lastkombination 9 und 10 sind gemeinsam als Wechsellast zu bewerten
10	2.000	10.000	3.4.2	Außergewöhnliche Querkraft (außen) Siehe 9
11				Außergewöhnliche Querkraft (innen) + Drehgestellspießgang ist bereits durch Lastkombination 9 abgedeckt
12				Außergewöhnliche Querkraft (außen) + Drehgestellspießgang ist bereits durch Lastkombination 10 abgedeckt

Tabelle A3 1: Lastkombinationen

* jeweils als Mittelspannung zu berücksichtigen

7 Lastkollektive für Bauteilprüfung

Aus den Lastkollektiven für den Festigkeitsnachweis werden die für eine Bauteilprüfung maßgeblichen Lastkombinationen und Lastfälle je nach Anwendungsfall ausgewählt.

Die Auswahl ist abhängig von der Festigkeitsbewertung.

Die Lastwechselzahl wird vom Projekt bzw. Betrieb bestimmt.

Beispiel für ein Lastkollektiv mit 100.000 Bremsungen:

Lastkombination	Lastwechsel	Maßgebliche Lastfälle
5	200.000	Längskraft $F_{B,x} = 0,4 \times$ Anzugskraft
9 + 11	2.000	Querkraft $F_{Y_{Mb}} =$ von $+0,2 \times$ Anzugskraft bis $-0,2 \times$ Anzugskraft Längskraft $F_{B,x} = 0,2 \times$ Anzugskraft
6	1.000	Längskraft $F_{B,x} = 0,4 \times$ Anzugskraft Querkraft $F_{Y_{Mb}} =$ von $+0,12 \times$ Anzugskraft bis $-0,12 \times$ Anzugskraft

Tabelle A3 2: Beispiel für ein Lastkollektiv

Die Belastungen der Federaufhängung werden laut folgender Tabelle geprüft.

Lastkombination	Lastwechsel	Maßgebliche Lastfälle
3-1	10^7	Weg der Feder vom Einbauzustand bis SO
4	10^5	Δs [mm] (maximaler Weg Einfederung unter Berücksichtigung der seitlichen Auslenkung)

Tabelle A3 3: Belastung der Federaufhängung

Andere Lastkombinationen waren für dieses Beispiel als nicht maßgeblich bewertet worden.

8 Prüfablauf

8.1 Laststufe 1 - Normallasten

- In der Normallaststufe wird mit einer um den Faktor 10 erhöhten Lastwechselzahl entsprechend der erwarteten Anzahl von Bremsungen geprüft.

8.2 Laststufe 2 - erhöhte Lasten

- Lasten werden um den Faktor 1,5 erhöht
- Lastwechselzahl entsprechend Anzahl Bremsungen

Auf Grund der geringeren Lastwechselzahlen und der größeren Streuungen im oberen Zeitfestigkeitsbereich ergeben sich die Überhöhungsfaktoren in Lastwechselrichtung zu 10 und in Span-

nungsrichtung zu 1,5. Die Versuche sind mit einem nach Serienbedingungen hergestellten Bauteil durchzuführen.

9 Prüfkriterium

Das geprüfte Bauteil darf keinen Anriss oder eine bleibende Verformung aufweisen.

Anlage 4: Auszug aus BOStrab - Spurführungsrichtlinie

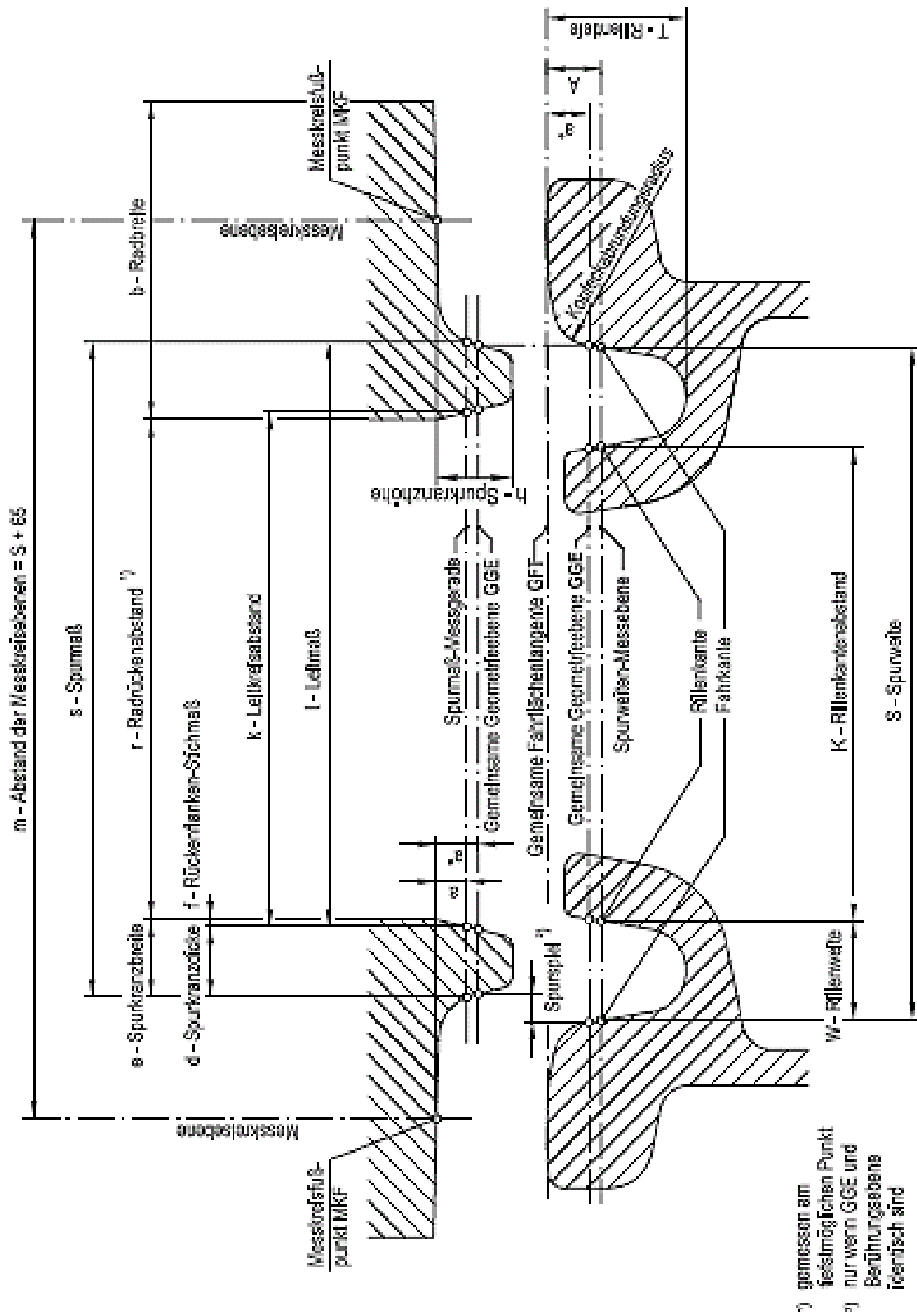


Abbildung A4 1: Maßbezeichnung an Radsatz und Gleis (Rillenschiene)

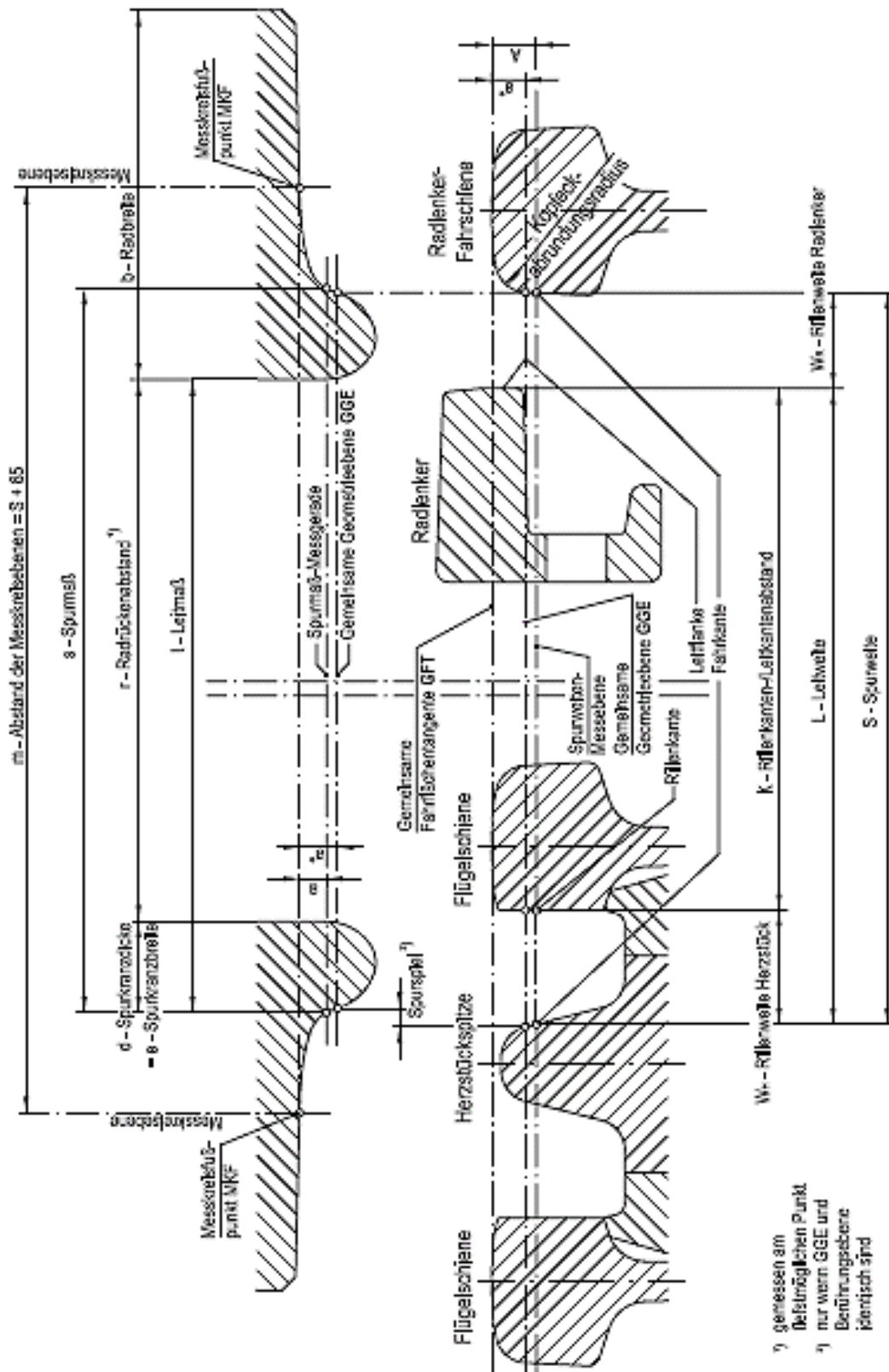


Abbildung A4 2: Maßbezeichnung an Radsatz und einfacher Weiche (rillenlose Schiene)