

Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Gesamtsystem

Das Urheberrecht an diesem Dokument und sämtlichen Beilagen verbleibt beim Ersteller.
Alle Rechte vorbehalten

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
 Gesamtsystem

Dok.-Nr.: 50630 Version Weißdruck Ausg. Datum 15.02.2007

Seite 1 von 92

1 Verteiler

Dieses Dokument wurde vom Fachausschuss Gesamtsystem zur Veröffentlichung freigegeben.

2 Änderungsübersicht

Datum der Freigabe: 15.02.2007; Weißdruck, Fachausschuss Gesamtsystem

3 Inhaltsverzeichnis

1 Verteiler	2
2 Änderungsübersicht	3
3 Inhaltsverzeichnis	4
4 Allgemeines	10
4.1 Zweck des Dokuments und Anwendungsbereich.....	10
4.2 Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen.....	10
4.3 Abkürzungen und Definitionen.....	11
4.4 Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien.....	11
4.5 Kennzeichnung und Verbindlichkeit von Anforderungen.....	11
5 Systemeigenschaften	12
5.1 Funktion.....	12
5.1.1 Transport.....	12
5.1.1.1 Geschwindigkeit.....	12
5.1.1.2 Beschleunigung.....	13
5.1.2 Trassierung.....	13
5.1.2.1 Trassierungsdaten.....	14
5.1.2.2 Dimensionierende Grenzbeschleunigungen.....	17
5.1.2.3 Lichtraumumgrenzung und Streckenquerschnitt.....	17
5.2 Systemstruktur.....	18
5.3 Verfügbarkeit.....	18
5.3.1 Zuverlässigkeit.....	19
5.3.1.1 Ausfallverhalten/Ausfallhäufigkeit aktiver Baugruppen.....	19
5.3.1.2 Ausfallverhalten/Ausfallhäufigkeit von Struktur- und Verkleidungsteilen.....	19
5.3.2 Instandhaltbarkeit.....	19
5.3.2.1 Anforderungen an Baugruppen und Verkabelung.....	19
5.3.2.2 Inspizierbarkeit von Baugruppen.....	20
5.3.3 Instandhaltung.....	20
5.3.3.1 Grundsätzliche Vorgehensweise.....	20
5.3.3.2 Instandsetzung.....	20
5.3.4 Nutzungsdauer.....	21
5.3.5 Bemessung von Einzelteilen und Baugruppen.....	21
5.4 Sicherheit.....	21
5.4.1 Sicherheitskonzept.....	21

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem

5.4.1.1	Projektspezifische Sicherheitsanforderungen.....	21
5.4.1.2	Projektunabhängige Sicherheitsanforderungen.....	22
5.4.1.2.1	Schutz von Personen.....	22
5.4.1.2.2	Brandschutz.....	23
5.4.1.2.2.1	Brandschutz im Fahrzeug.....	23
5.4.1.2.2.2	Brandschutz in Betriebsanlagen.....	23
5.4.1.2.3	Kollisionen.....	24
5.4.1.2.3.1	Kollisionsvermeidung.....	24
5.4.1.2.3.2	Kollisionsverhalten.....	25
5.4.1.2.3.3	Verlassen des Fahrwegs.....	25
5.4.1.2.4	Außerplanmäßiger Halt.....	25
5.4.1.2.4.1	Streckenbereiche im Anschluss an den Bahnsteigbereich von Stationen.....	26
5.4.1.2.4.2	Betriebshalteplätze (BHPL).....	26
5.4.1.2.5	Antriebsfehlfunktionen.....	27
5.4.1.3	Rettungskonzept.....	28
5.4.2	Sicherheitsnachweis.....	29
5.5	Umwelt.....	29
5.5.1	Einwirkungen aus der Umwelt.....	29
5.5.1.1	Wind.....	29
5.5.1.2	Winter.....	29
5.5.1.3	Elektromagnetische Störgrößen.....	30
5.5.2	Einwirkungen auf die Umwelt.....	30
5.5.2.1	Schall.....	30
5.5.2.2	Magnetische, elektrische und elektromagnetische Störgrößen.....	30
5.6	Fahrkomfort.....	30
5.6.1	Komfortrelevante Aspekte der Trassierung.....	30
5.6.2	Komfortrelevante Schwingungen (RMS-Werte).....	30
5.6.3	Druckschwankungen bei Tunnelfahrten.....	31
6	Systemkonzept/ -Auslegung.....	32
6.1	Teilsysteme.....	32
6.1.1	MSB-Fahrzeug.....	32
6.1.1.1	Struktur.....	32
6.1.1.1.1	Fahrzeugumgrenzung.....	32
6.1.1.1.2	Wagenkasten.....	32
6.1.1.2	Funktionen.....	32
6.1.1.2.1	Tragen und Führen.....	32

6.1.1.2.2	Sichere Bremse.....	33
6.1.1.2.3	Bordenergieversorgung.....	34
6.1.1.3	Konfigurationsparameter.....	34
6.1.1.3.1	Fahrzeugkonfiguration	34
6.1.1.3.2	Fahrwiderstand	35
6.1.1.3.3	Aerodynamik	36
6.1.2	Antrieb und Energieversorgung	37
6.1.2.1	Struktur.....	37
6.1.2.2	Funktionen	37
6.1.2.3	Konfigurationsparameter.....	39
6.1.3	Betriebsleittechnik	41
6.1.3.1	Struktur.....	41
6.1.3.2	Funktionen	41
6.1.3.3	Konfigurationsparameter.....	43
6.1.4	Fahrweg	44
6.1.4.1	Struktur.....	44
6.1.4.2	Funktionen	45
6.1.4.3	Konfigurationsparameter.....	45
6.1.4.3.1	Fahrwegüberbauten	45
6.1.4.3.2	Fahrwegunterbauten	47
6.1.4.3.3	Spurwechseleinrichtungen	47
6.1.4.3.4	Sonderbauwerke	48
6.1.4.3.5	Streckenperipherie	49
6.1.4.3.6	Fahrgaugausrüstung	49
6.1.4.3.7	Grenzlinien und Maße für feste Einbauten und Fahrzeuge	53
6.1.4.3.8	Toleranzen, Lageabweichungen.....	53
6.1.5	Sonstige Betriebsanlagen	53
6.1.5.1	Stationen	54
6.1.5.2	Unterwerke	55
6.1.5.3	Betriebszentrale	55
6.1.5.4	Halteplätze	55
6.1.5.5	Instandhaltungsanlagen.....	55
6.1.6	Sonderfahrzeug.....	55
6.2	Schnittstellen und teilsystemübergreifende Funktionen	56
6.2.1	Lasten und Einwirkungen.....	56
6.2.2	Ortung	59
6.2.2.1	Aufgabe und Struktur	59

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem

6.2.2.2	Funktionale Anforderungen.....	59
6.2.2.3	Konstruktive Anforderungen	60
6.2.2.4	Nachweisführung	61
6.3	Betrieb.....	61
6.3.1	Abgrenzung Betrieb/ Betriebsarten.....	61
6.3.1.1	Definition Betrieb.....	61
6.3.1.2	Definition Betriebsarten.....	61
6.3.1.3	Grundsätze für die Anwendung der Betriebsarten.....	62
6.3.2	Betriebliche Funktionen und Abläufe	62
6.3.2.1	Fahrtvorgaben und Überwachung des Betriebs	62
6.3.2.2	Abfahrt von einer Station im Normalbetrieb.....	63
6.3.2.3	Anfahrt zu einer Station im Normalbetrieb.....	63
6.3.2.4	Auf- und Abrüsten von MSB-Fahrzeugen.....	63
6.3.2.5	Abwicklung von Zwangshalten von MSB-Fahrzeugen	63
6.3.2.6	Randbedingungen zum Bewegen der Sonderfahrzeuge.....	63
7	Qualitätsmanagement.....	65
8	Abbildungen	66
8.1	Dokumentenbaum.....	66
8.2	Systemstruktur und Koordinatensystem	67
8.3	MSB-Fahrzeugsektionen für Personentransport.....	70
8.4	Trag-/ Führsystem.....	73
8.5	Bremskennlinie sichere Bremse	74
8.6	Fahrwiderstand	75
8.7	Druckeinwirkung (außerhalb von Tunneln).....	76
8.8	Struktur der Energieversorgung.....	77
8.9	Struktur und Funktionen des Antriebs.....	78
8.10	Struktur und Funktionen der Betriebsleittechnik	79
8.11	Struktur der Ortung	81
8.12	Aufgeständerter Fahrweg.....	81
8.13	Ebenerdiger Fahrweg.....	82
8.14	Trägermaß.....	82
8.15	Fahrwegausrüstung und Funktionsebenen.....	83
8.16	Statorpaketanordnung.....	84
8.17	Langstatorwicklung	84
8.18	Spurwechseleinrichtungen.....	85
8.19	Schutzbauwerke.....	88

8.20	Streckenperipherie	90
9	Anhang: Magnetschnellbahn-Systemdaten	92
Abbildungsverzeichnis		
Abbildung 1:	Dokumentenbaum Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen.....	66
Abbildung 2:	Systemstruktur	67
Abbildung 3:	Koordinatensystem.....	67
Abbildung 4:	Koordinatensystem und Fahrtrichtung	68
Abbildung 5:	Zuordnung Wicklungsstränge, Referenzort, Erregerpole	69
Abbildung 6:	Fahrzeugsektionen für Personentransport Fernverkehr (Beispiel).....	70
Abbildung 7:	Fahrzeug-Endsektionen für Personentransport Flughafenanbinder (Beispiel) .	71
Abbildung 8:	Fahrzeug-Mittelsektionen für Personentransport Flughafenanbinder (Beispiel)	72
Abbildung 9:	Trag-/ Führsystem (Beispiel)	73
Abbildung 10:	Bremskennlinie sichere Bremse für eine MSB-Fahrzeugsektion	74
Abbildung 11:	Fahrwiderstand (Flughafenanbinder - Planungsstand 2006)	75
Abbildung 12:	Druckeinwirkung bei Vorbeifahrt eines MSB-Fahrzeugs (außerhalb von Tunneln) (Flughafenanbinder - Planungsstand 2006)	76
Abbildung 13:	Struktur der Energieversorgung (Beispiel)	77
Abbildung 14:	Struktur des Antriebs (Beispiel).....	78
Abbildung 15:	Funktionen des Antriebs.....	78
Abbildung 16:	Einordnung und Schnittstellen der BLT	79
Abbildung 17:	Betriebsleittechnische Funktionen und Datenflüsse.....	80
Abbildung 18:	Struktur der Ortung (Beispiel).....	81
Abbildung 19:	Aufgeständerter Fahrweg (Beispiel).....	81
Abbildung 20:	Ebenerdiger Fahrweg (Beispiel).....	82
Abbildung 21:	Trägermaß - Zusammenhang Bauteillänge/ Systemlänge	82
Abbildung 22:	Funktionselemente, -ebenen und Einbauräume am Fahrweg, Abmessungen (Nennmaße).....	83
Abbildung 23:	Statorpaketanordnung (Beispiel).....	84
Abbildung 24:	Langstatorwicklung (Beispiel).....	84
Abbildung 25:	Weiche (Beispiel)	85
Abbildung 26:	Schiebebühne (Beispiel)	86
Abbildung 27:	Schwenkbühne (Beispiel).....	87
Abbildung 28:	Schallschutzwand und Schutzzaun am ebenerdigen Fahrweg (Beispiel).....	88
Abbildung 29:	Schallschutzwand am aufgeständerten Fahrweg (Beispiel).....	89
Abbildung 30:	Streckenperipherie bei ebenerdigem Fahrweg (Beispiel)	90
Abbildung 31:	Streckenperipherie bei aufgeständertem Fahrweg (Beispiel)	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Trassierungsdaten Halteplätze	14
Tabelle 2: Trassierungsdaten allgemein	15
Tabelle 3: Abhängigkeit $R_{xz, \min}$ von der Verwindung α'	15
Tabelle 4: Übersicht der minimalen Vertikalradien $R_{V\min}$ und Horizontalradien R_H	16
Tabelle 5: Geschwindigkeitsabhängiger Spurmittenabstand	17
Tabelle 6: Definition der Einwirkungsbedingungen A / B	58
Tabelle 7: Einwirkungen an den Schnittstellen Fahrzeug - Fahrweg	59

4 Allgemeines

4.1 Zweck des Dokuments und Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument legt projektunabhängig die technischen und betrieblichen Mindestanforderungen an ein Magnetschnellbahn-System (MSB-System) fest. Diese bilden die Grundlage für die Auslegung, die Planung, die Realisierung und den Betrieb von Magnetschnellbahn-Projekten. Ergänzend wird auf bereits bestehende und auf die Magnetschnellbahn anwendbare Normen und Richtlinien verwiesen.

Die vorliegende Ausführungsgrundlage gilt für eine Magnetschnellbahn gemäß Allgemeinem Magnetschwebbahngesetz /AMbG/.

4.2 Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen

Dieses Dokument ist Bestandteil einer Dokumentation für Magnetschnellbahnen bestehend aus mehreren Ausführungsgrundlagen. Der Dokumentenbaum ist in Abbildung 1 dargestellt. Die vorliegende übergeordnete Ausführungsgrundlage Gesamtsystem und seine Anlagen gelten einheitlich für die gesamte Dokumentation.

Die Dokumentation besteht aus der vorliegenden

- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Gesamtsystem, Dok.-Nr: 50630, /MSB AG-GESAMTSYS/, mit den Anlagen:
 - Anlage 1: Abkürzungen und Definitionen, Dok.-Nr: 67536, /MSB AG-ABK&DEF/
 - Anlage 2: Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien, Dok.-Nr: 67539, /MSB AG-NORM&RILI/
 - Anlage 3: Umweltbedingungen, Dok.-Nr: 67285, /MSB AG-UMWELT/
 - Anlage 4: Regeln für Betrieb (Fahrbetrieb und Instandhaltung), Dok.-Nr: 69061, /MSB AG-BTR/
 - Anlage 5: Schall, Dok.-Nr: 72963, /MSB AG-SCHALL/

sowie den nachgeordneten, mitgeltenden Dokumenten:

- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrzeug, Teil I: Generelle Anforderungen, Dok.-Nr: 67698, /MSB AG-FZ GEN/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrzeug, Teil II: Bemessung, Dok.-Nr: 67694, /MSB AG-FZ BEM/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrzeug, Teil III: Kinematische Begrenzungslinie, Dok.-Nr: 67650, /MSB AG-FZ KIN/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrzeug, Teil IV: Trag- /Führtechnik, Dok.-Nr: 73388, /MSB AG-FZ TRAFÜ/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrzeug, Teil V: Bremstechnik, Dok.-Nr: 73389, /MSB AG-FZ BREMS/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Antrieb und Energieversorgung, Dok.-Nr: 50998, /MSB AG-ANT/

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem

Dok.-Nr.: 50630 Version Weißdruck Ausg. Datum 15.02.2007

Seite 10 von 92

- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Betriebsleittechnik, Dok.-Nr: 53328, /MSB AG-BLT/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrweg, Teil I: Übergeordnete Anforderungen, Dok.-Nr: 57284, /MSB AG-FW ÜBG/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrweg, Teil II: Bemessung, Dok.-Nr: 57288, /MSB AG-FW BEM/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrweg, Teil III: Geometrie, Dok.-Nr: 41727, /MSB AG-FW GEO/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrweg, Teil IV: Trassierung, Dok.-Nr: 60640, /MSB AG-FW TRAS/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrweg, Teil V: Vermessung, Dok.-Nr: 60641, /MSB AG-FW VERM/
- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Fahrweg, Teil VI: Instandhaltung, Dok.-Nr: 63842, /MSB AG-FW IH/

4.3 Abkürzungen und Definitionen

Es gelten die in /MSB AG-ABK&DEF/ angegebenen Abkürzungen und Definitionen.

4.4 Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien

Die in /MSB AG-NORM&RILI/ aufgeführten normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in den Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen zum Bestandteil der Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen werden. Bei datierten normativen Dokumenten in /MSB AG-NORM&RILI/ gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments.

Der Stand der in einem MSB-Projekt zu berücksichtigenden Normen und Richtlinien muss projektspezifisch verbindlich festgelegt werden.

4.5 Kennzeichnung und Verbindlichkeit von Anforderungen

Bei der Erstellung des vorliegenden Dokuments wurden die Regelungen gemäß /DIN 820/ im Wesentlichen angewendet.

In den nachfolgenden Kapiteln und in den Anlagen dieses Dokuments sind

- Anforderungen in Standard-Schrift
- Erläuterungen, Richtwerte und Beispiele in *Kursiv-Schrift*

gekennzeichnet.

Der Verbindlichkeitsgrad der Anforderungen wurde in Anlehnung an /DIN 820/, Teil 2, Anhang G festgelegt und in der Formulierung der Anforderungen jeweils berücksichtigt.

5 Systemeigenschaften

Das Koordinatensystem, die Fahrtrichtung und die Zuordnung zwischen Referenzorten, Wicklungssträngen und Erregerpolen sind in Abb. Abbildung 3, Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellt.

5.1 Funktion

Die Magnetschnellbahn ist als spurgeführtes Verkehrssystem für den Personenverkehr und / oder Güterverkehr auszuführen und muss folgende Merkmale aufweisen:

- berührungslose Trag-/Führefunktion durch geregelte Elektromagnete (Elektromagnetische Schwebetechnik, EMS), Kap. 6.1.1.2.1,
- berührungslose Antriebs- und Bremsfunktion durch synchronen Langstatorantrieb, Umformung der geregelten Traktionsleistung in stationären Anlagen, Kap. 6.1.2.2,
- berührungslose Bordenergieversorgung der MSB-Fahrzeuge oberhalb einer projektspezifisch festzulegenden Geschwindigkeit, bei der der Bordenergiebedarf vollständig gedeckt wird, Kap. 6.1.1.2.3,
- vollständig technisch gesicherter und automatisch gesteuerter Fahrbetrieb, Kap. 6.1.3.2,
- aufgeständerter oder ebenerdiger Fahrweg, Kap. 6.1.4.3.1.

Die Geometrie des Fahrwegs und die Geometrie der Einrichtungen zum Tragen und Führen der Fahrzeuge müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass bei den jeweils zulässigen Geschwindigkeiten und Trassierungsparametern, auch unter Ausnutzung der zulässigen Toleranzen der Bauteile, die Spurführung gewährleistet wird.

An der Schnittstelle zwischen dem Fahrweg und den Einrichtungen zum Tragen, Führen, Antreiben und Bremsen in den Fahrzeugen müssen die auftretenden Kräfte - auch im Fehlerfall - sicher aufgenommen und übertragen werden.

5.1.1 Transport

5.1.1.1 Geschwindigkeit

Die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit, die Fahrweghöchstgeschwindigkeit und die Tunnelhöchstgeschwindigkeit müssen projektspezifisch bestimmt werden. (s. Kap. 9).

Typische Werte für Fahrzeug- und Fahrweghöchstgeschwindigkeit:

- für Fernverkehr 400-500 km/h
- für Flughafenbinder 300-400 km/h.

Aus Fahrzeughöchstgeschwindigkeit, Fahrweghöchstgeschwindigkeit und Tunnelhöchstgeschwindigkeit muss die Streckenhöchstgeschwindigkeit abgeleitet werden.

Die Fahrzeughöchstgeschwindigkeit muss bei der Bemessung für das MSB-Fahrzeug zugrunde gelegt werden.

Die Fahrweghöchstgeschwindigkeit muss bei der Bemessung für den Fahrweg zugrunde gelegt werden.

Die technische Höchstgeschwindigkeit kann projektspezifisch festgelegt werden.

Fahrten im Geschwindigkeitsbereich oberhalb der Streckenhöchstgeschwindigkeit bis zur technischen Höchstgeschwindigkeit können unter Nutzung von Reserven in der Dimensionierung nur nach Prüfung und Genehmigung in jedem Einzelfall durchgeführt werden.

Bei der Projektierung wird die für den Fahrbetrieb erforderliche ortsabhängige Sollgeschwindigkeit unter betrieblichen und wirtschaftlichen Aspekten ermittelt und durch die Systemkonfiguration realisiert.

Zur den Definitionen und den Beziehungen der Geschwindigkeiten zueinander s.a. /MSB AG-ABK&DEF/, Kap. 5.

5.1.1.2 Beschleunigung

§ 13, (5) /MbBO/ muss berücksichtigt werden.

Diese Anforderung wird wie folgt ausgeführt:

Die anfahr- und bremsbedingte Beschleunigung eines Fahrzeugs darf 1,5 m/s² nicht überschreiten.

Die Berücksichtigung von außergewöhnlichen Einwirkungen richtet sich nach den Festlegungen in Kapitel 6.2.1.

Die mittlere und maximale Antriebsbeschleunigung sollte projektspezifisch ortsabhängig und unter betrieblichen und wirtschaftlichen Aspekten festgelegt werden.

Die betrieblich nutzbare Bremsverzögerung wird begrenzt durch das Bremsvermögen der Sicheren Bremse, durch den Fahrwiderstand und durch das von der BLT überwachte Maximalfahrprofil.

Anforderungen an die Beschleunigung in y- und z-Richtung s. Kap. 5.1.2.1.

5.1.2 Trassierung

§ 13, (1) und § 13, (7) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

5.1.2.1 Trassierungsdaten

§ 13, (2); § 13, (3); § 13, (4) und § 13, (6) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

Darüber hinaus sollten folgende Werte eingehalten werden:

	Werte	Kriterium
Bahnsteigbereich		Planmäßiger Halt
Querneigung *	$\leq 3,0^\circ$	Rollstuhlfahrer, Sturzrisiko bei Ein- und Ausstieg
Längsneigung	$\leq 5\text{‰}$	
Betriebshalteplatz für betrieblich bedingten Halt		Außerplanmäßiger Halt , z.B. bei betrieblichen oder technischen Störungen
Querneigung	$\leq 6^\circ$	Rollstuhlfahrer, Sturzrisiko
Längsneigung	$\leq 100\text{‰}$ gemäß Nachweis der Haltefunktion	Haltefunktion
Sonstige Betriebshalteplätze		Außerplanmäßiger seltener Halt , im Wesentlichen bei technischen Störungen
Querneigung	$\leq 12^\circ$	
Längsneigung	$\leq 100\text{‰}$ gemäß Nachweis der Haltefunktion	Haltefunktion
Evakuierungshalteplätze		Außerplanmäßiger seltener Halt , in Notfällen
Querneigung **)	$\leq 6^\circ$	Möglichkeit zu Evakuierung
Längsneigung **)	$\leq 5\text{‰}$	
Freie Strecke, außerhalb von Halteplätzen		Außerplanmäßiger Halt bei außergewöhnlichen und sehr seltenen Störsituationen
Querneigung	$\leq 12^\circ$ in Sonderfällen bis 16°	Nutzbarkeit für Trassierung
Längsneigung	$\leq 100\text{‰}$	Nutzbarkeit für Trassierung

*) in /MbBO/ § 13 (3) ist die zulässige Querneigung im stehenden Fahrzeug im Bahnsteigbereich auf $3,4^\circ$ begrenzt. Daraus abgeleitet ergibt sich die max. zulässige Querneigung von $3,0^\circ$ für die Trassierung.

**) Werte gelten für den Bahnsteig- bzw. Stegbereich innerhalb von Evakuierungshalteplätzen; außerhalb gelten die Werte für sonstige Betriebshalteplätze.

Tabelle 1: Trassierungsdaten Halteplätze

Merkmal	Bereich	Kriterium für Maximalwert
Verwindung	$\leq 0,10^\circ/\text{m}$, in Sonderfällen bis $0,15^\circ/\text{m}$ *)	Kinematik des MSB-Fahrzeugs
Seiten- und Vertikalruck		
• grundsätzlich	$\leq 0,5 \text{ m/s}^3$	Komfort
• als Ausnahme z. B. in Stationsnähe	$\leq 1 \text{ m/s}^3$	Komfort
• auf Weichen bei Abzweig	$\leq 2 \text{ m/s}^3$	Komfort
Omnidirektionaler Ruck (nicht bei Weichen)	$\leq 1 \text{ m/s}^3$	Komfort

*) Querneigung $> 12^\circ$ und Verwindung $> 0,10^\circ/\text{m}$ nur an Zwangspunkten der Trassierung nach Prüfung und Genehmigung in jedem Einzelfall.

Tabelle 2: Trassierungsdaten allgemein

Weiterhin müssen bei Überlagerung von Horizontalradien und Vertikalradien die folgenden Werte als Mindestradius eingehalten werden:

$$\frac{1}{R_{x,z}} = \left| \frac{\cos \alpha}{R_V} - \frac{\sin \alpha * \cos^2 \beta}{R_H} \right|$$

β Längsneigungswinkel, positiv bei Steigung, negativ bei Gefälle

α Querneigung, positiv bei Rechtsdrehung, negativ bei Linksdrehung (in Richtung aufsteigender Kilometrierung)

R_H Horizontalradius

R_V Vertikalradius, positiv bei Kuppe, negativ bei Wanne

α' [°/m]	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
$R_{x,z \text{ min}}$ [m]	530	550	590	630	670	710	770	830	900	990	1.100	1.230	1.410	1.640	1.950	2.430

Tabelle 3: Abhängigkeit $R_{x,z \text{ min}}$ von der Verwindung α'

Unter Berücksichtigung des $R_{x,z}$ - Kriteriums ergibt sich ein minimaler Vertikalradius $R_{V \text{ min}}$ bei Querneigung α des Fahrwegs und Horizontalradius R_H gemäß nachfolgender Tabelle:

R_{Vmin} [m] bei	$R_H=350$	$R_H=400$	$R_H=500$	$R_H=600$	$R_H=700$	$R_H=800$	$R_H=1.000$	$R_H=2.000$
$\alpha = 0^\circ$	± 1300	± 1020	± 780	± 670	± 620	± 580	± 530	± 530
$\alpha = 4^\circ$	-1760/ 1040	-1230/ 860	-870/ 700	-730/ 620	-650/ 580	-610/ 550	-550/ 530	-540/ 530
$\alpha = 8^\circ$	-2590/ 840	-1530/ 740	-970/ 630	-780/ 580	-690/ 530	-630/ 530	-570/ 530	-550/ 530
$\alpha = 12^\circ$	-4710/ 700	-1980/ 640	-1090/ 570	-840/ 530	-720/ 530	-660/ 530	-580/ 530	-550/ 530
$\alpha = 16^\circ (*)$	-21900/ 600	-2740/ 560	-1230/ 530	-900/ 530	-760/ 530	-680/ 530	-590/ 530	-550/ 530

(*) Zulassung im Einzelfall durch die zuständige Aufsichtsbehörde erforderlich

Tabelle 4: Übersicht der minimalen Vertikalradien R_{Vmin} und Horizontalradien R_H

In Streckenbereichen für Fahrgastbetrieb müssen Übergangsbögen wie folgt ausgeführt werden:

- horizontal: Sinusoiden
- Weichen in Abzweigposition: Klothoiden (näherungsweise)

In Streckenbereichen ohne Fahrgastbetrieb können auch abweichende Übergangsbögen festgelegt werden, z. B. für Weichen in Instandhaltungsanlagen.

- vertikal: Klothoiden

Vorgaben bzgl. niederfrequenter Beschleunigungsänderungen durch Abfolge von Trassierungselementen sind in /MSB AG-FW TRAS/ enthalten.

Bei der Trassierung und Festlegung der Stützenteilung müssen die Anforderungen des Langstatorantriebs hinsichtlich der Länge in der Raumkurve berücksichtigt werden.

Anforderungen des synchronen Langstatorantriebs ergeben sich z. B. aus der Polteilung.

Das Koordinatensystem und Teilstrecken der Trassierung, sowie die räumliche Zuordnung der Langstatorwicklung sind in Abb. 4 und Abb. 5 grundsätzlich dargestellt.

Die Trassierungsanforderungen sind in /MSB AG-FW TRAS/ weiter detailliert. Dort ist ebenfalls die Abfolge der Trassierungselemente (Kurven, Kuppen, Wannen) geregelt.

5.1.2.2 Dimensionierende Grenzbeschleunigungen

Die freie Seitenbeschleunigung (lateral zum Fahrwegtisch) darf die folgenden Werte nicht überschreiten:

- Regelfahrweg 1,5 m/s²
- Weichen 2,0 m/s².

Die freie fahrdynamische Normalbeschleunigung (normal zum Fahrwegtisch) darf die folgenden Werte nicht überschreiten:

- Kuppe 0,6 m/s²
- Wanne 1,2 m/s².

Die im Normalbetrieb unter Komfortgesichtspunkten einzuhaltenden Seiten- und Vertikalbeschleunigungen sollten projektspezifisch festgelegt werden.

5.1.2.3 Lichtraumumgrenzung und Streckenquerschnitt

Der Regelquerschnitt ist projektspezifisch festzulegen. Hierbei sind neben der Lichtraumumgrenzung gemäß /MbBO/ insbesondere auch die Aspekte der Instandhaltung und der Sicherheit zu berücksichtigen.

Lichtraum, Spurmittenabstand

Für die Lichtraumumgrenzungen des Ein- und Doppelspurfahrweges siehe /MSB AG-FW TRAS/.

Es müssen die Werte gemäß Tabelle 5 eingehalten werden.

	Einheit	Entwurfsgeschwindigkeit v_e				
		Abk. [km/h]	≤ 300	$\leq 300^{*)}$	$300 < v_e \leq 400$	$400 < v_e \leq 500$
Spurmittenabstand	S [m]		4,40	4,50	4,80	5,10
Breite des Streckenquerschnitts ^{**)}	b [m]		10,10	10,20	10,50	11,40

*) für Sonderbedingungen: $10^\circ < \alpha$ oder
 $5^\circ < \alpha \leq 10^\circ$ und $RH \leq 3.500$ m

***) Angaben für $\alpha = 0^\circ$. Die angegebenen Werte berücksichtigen die Freiraumbedingungen für Kurvenradien und Fahrwegquerneigung mit den o.g. Grenzwerten, d.h. keine Vergrößerung des Spurmittenabstands in Kurven.

Tabelle 5: Geschwindigkeitsabhängiger Spurmittenabstand

5.2 Systemstruktur

§ 2, (2) und § 2, (3) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

Im Rahmen dieser Ausführungsgrundlagen wird abweichend von der Bezeichnung in der /MbBO/ das MSB-System in Teilsysteme untergliedert (siehe Abbildung 2):

- *MSB-Fahrzeug*
- *Antrieb und Energieversorgung*
- *Betriebsleittechnik*
- *Fahrweg*
- *Sonstige Betriebsanlagen*
- *Sonderfahrzeug.*

5.3 Verfügbarkeit

Um eine hohe Systemverfügbarkeit zu erreichen, muss das Gesamtsystem folgende Merkmale aufweisen:

- betriebsfest dimensionierter Fahrweg, keine bleibenden Geometrie- oder Oberflächenveränderungen der Fahrwegträger infolge definierter Betriebs- und Umwelteinwirkung, Nachjustierbarkeit der Fahrwegträgerlage zur Kompensation plastischer Baugrundverformungen,
- Realisierung der betriebsnotwendigen aktiven Funktionen weitgehend modular durch autonome, redundante Baugruppen,
- Fortführung des Fahrplanbetriebs nach Einzelfehler in einer beliebigen mobilen oder stationären Baugruppe,
- weitgehend zustandsorientierte Instandhaltung auf Basis selbsttätiger Ausfalloffenbarung bei elektrischen/elektronischen Baugruppen,
- automatisierte Erkennung von signifikanten Lageabweichungen bei den Fahrweg-Funktionsflächen und weitgehend automatisierte Auslösung von Instandhaltungsmaßnahmen,
- Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen mit geringstmöglichem Einfluss auf den Fahrbetrieb.

Die quantitativen Anforderungen an die Systemverfügbarkeit sollten projektspezifisch festgelegt werden.

Die Systemverfügbarkeit sollte in jedem Projekt ermittelt werden.

Dabei kann z.B. eine Fehlerbaumanalyse verwendet werden.

Die Systemauslegung muss so erfolgen, dass:

- der Fahrbetrieb gemäß Kap. 6.3.2 gesichert ist,
- die geforderte Verfügbarkeit durch hohe Baugruppenzuverlässigkeit oder durch Redundanz oder durch beides erreicht wird,
- zwischen zwei Stationen MSB-Fahrzeuge nicht infolge technischer Einzelfehler anhalten müssen,

- bei einer verfügbarkeitsrelevanten Störung der Zug noch zur Instandhaltungsanlage überführt werden kann.

Es muss berücksichtigt werden, dass MSB-Fahrzeuge nicht abgeschleppt werden können.

5.3.1 Zuverlässigkeit

5.3.1.1 Ausfallverhalten/Ausfallhäufigkeit aktiver Baugruppen

Bei Ausfall einer betriebsrelevanten aktiven Baugruppe

- muss eine redundante Baugruppe die Funktion übernehmen,
- muss eine selbsttätige Ausfalloffenbarung erfolgen,
- kann eine selbsttätige Prüfung und Reaktivierung unter Einhaltung des sicheren Zustands während und nach der Reaktivierung erfolgen, sobald die Ausfallursache nicht mehr vorliegt.

Für betriebsrelevante aktive Baugruppen müssen die MTBF-Werte ermittelt werden.

5.3.1.2 Ausfallverhalten/Ausfallhäufigkeit von Struktur- und Verkleidungsteilen

Strukturteile von Fahrzeug und Fahrweg sowie Fahrzeug-Verkleidungsteile müssen tragfähig, standsicher und gebrauchstauglich sein.

Die daraus resultierenden Anforderungen an Ausführung/Werkstoffwahl und Nachweise enthalten die Ausführungsgrundlagen Fahrzeug/Fahrweg.

Die bei der Bemessung zu berücksichtigenden Einwirkungen enthalten /MSB AG-FZ BEM/ und /MSB AG-FW BEM/.

5.3.2 Instandhaltbarkeit

Vorgaben für die Instandhaltbarkeit werden in den Ausführungsgrundlagen der einzelnen Teilsysteme gemacht. Nachfolgend sind grundsätzliche Anforderungen aufgeführt.

5.3.2.1 Anforderungen an Baugruppen und Verkabelung

Elektrische und mechanische Baugruppen sollten, soweit wirtschaftlich sinnvoll, in ihrer Lebensdauer auf die Nutzungsdauer des jeweiligen Teilsystems ausgelegt werden.

Baugruppen, deren Lebensdauer kleiner als die Nutzungsdauer der Teilsysteme sind, sollten leicht zugänglich und tauschbar sein.

Beim Austausch von Baugruppen sollten keine Anpassungs- und Nacharbeiten erforderlich sein.

Prüf- und Justagemaßnahmen nach dem Austauschvorgang sollten durch entsprechende Auslegung der Baugruppen weitestgehend vermieden werden (z.B. Autokalibrierung, Selbsttest etc.).

Durch konstruktive Maßnahmen sollte die Möglichkeit für das Entstehen von Montagefehlern weitestgehend ausgeschlossen werden. Bei Steckverbindungen, die sicherheitsrelevante Signale führen, ist durch geeignete technische Maßnahmen (z.B. Steckplatzkodierung) sicherzustellen, dass diese nur an ihrem vorgesehenen Ort / Gerät / Baugruppe aufgesteckt werden können.

Baugruppen, Kabel und Leitungen müssen eindeutig, dauerhaft, übersichtlich und systematisch gekennzeichnet sein. Version und ggf. implementierter Softwarestand einer Baugruppe muss aus deren Bezeichnung eindeutig hervorgehen.

Für die Einbauorte der Baugruppen muss eine systematische Kennzeichnung festgelegt werden.

Ausfälle müssen durch automatische Diagnoseeinrichtungen und / oder durch planmäßige Inspektionen offenbart werden können.

5.3.2.2 Inspizierbarkeit von Baugruppen

Baugruppen, die gemäß Instandhaltungsprogramm zu inspizieren sind, müssen für eine Inspektion zugänglich sein.

5.3.3 Instandhaltung

§ 8, (1) § 8, (2) § 8, (3) der /MbBO/ müssen beachtet werden.

Anforderungen an Regeln für Betrieb (Fahrbetrieb und Instandhaltung) sind in /MSB AG-BTR/ definiert.

Die Instandhaltung muss entsprechend /DIN 31051/ erfolgen.

Die Integration der Instandhaltung in den Betrieb und die Verzahnung der Instandhaltung mit dem Fahrbetrieb müssen projektspezifisch festgelegt werden.

Es muss projektspezifisch ein Instandhaltungskonzept erstellt werden.

5.3.3.1 Grundsätzliche Vorgehensweise

Zu den spezifizierten Instandhaltungsmaßnahmen muss eine Anleitung für deren Ausführung vorliegen, die Prüfprotokolle/Checklisten zur Dokumentation der Ergebnisse enthalten sollte.

Die Instandhaltung der Teilsysteme muss in die Instandhaltung des Gesamtsystems integriert werden. In diesem Rahmen ist ein Instandhaltungshandbuch (IHB) zu erstellen.

Die MSB-Teilsysteme können in geeignete Betrachtungseinheiten eingeteilt werden, in denen dann jeweils standardisierte Instandhaltungsprozeduren durchgeführt werden können.

Die Wirksamkeit und Angemessenheit der Maßnahmen muss auf Grundlage der dokumentierten Ereignisse regelmäßig überprüft werden.

Zu diesem Zweck und zum Zweck der Unterstützung des Instandhaltungsmanagements müssen geeignete Informationssysteme realisiert werden.

Die Instandhaltung muss einem Qualitätsmanagement vergleichbar /DIN EN ISO 9000/ unterliegen.

5.3.3.2 Instandsetzung

Die Instandsetzung sollte durch Tausch von Baugruppen oder auf Basis projektspezifisch zu definierender kleinster tauschbarer Einheiten durchgeführt werden.

Jede Baugruppe bzw. kleinste tauschbare Einheit muss für sich tausch- und prüfbar sein.

Der Lebensweg von getauschten / instandgesetzten Baugruppen / kleinster tauschbarer Einheiten muss zusammen mit der Angabe der Fehlerbeschreibung, der Fehlerursache und

durchgeführter Reparaturmaßnahme (ggf. Ersatz durch Neuteil) eindeutig und nachvollziehbar dokumentiert werden.

5.3.4 Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauern der Teilsysteme und Komponenten müssen projektspezifisch festgelegt werden.

Das Gesamtsystem muss bei spezifikationsgemäßer Nutzung (Fahrbetrieb und Instandhaltung) während der Nutzungsdauer die spezifizierten Anforderungen erfüllen.

5.3.5 Bemessung von Einzelteilen und Baugruppen

Mechanische/ bauliche Einzelteile/ Baugruppen müssen

- nach den Kriterien Standsicherheit/ Lastaufnahmefähigkeit und
- Gebrauchstauglichkeit

dimensioniert und nachgewiesen werden auf Basis

- der maximalen Einwirkungen aus Betrieb und Umwelt gemäß /MSB AG-UMWELT/ und
- des im vorliegenden Dokument spezifizierten Parameterraums und des Ausfallverhaltens.

Die dimensionierenden Einwirkungskombinationen und Beanspruchungen werden in /MSB AG-FZ BEM/ und /MSB AG-FW BEM/ festgelegt.

Für die Ermittlung der Betriebsfestigkeit und Prognose der Lebensdauer von Einzelteilen / Baugruppen werden in /MSB AG-FZ BEM/ und /MSB AG-FW BEM/ die zugrundezulegenden Einwirkungen aus Betrieb und Umwelt festgelegt.

Die teilsystemübergreifenden Grenzwerte, welche der Bemessung zugrunde zu legen sind, sind dem Kapitel 9 zu entnehmen.

5.4 Sicherheit

5.4.1 Sicherheitskonzept

5.4.1.1 Projektspezifische Sicherheitsanforderungen

§ 23, (1) und § 23, (2) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

Ausgestaltungshinweise ergeben sich aus der amtlichen Begründung zu § 23 /MbBO/.

Projektspezifisch muss ein Sicherheitskonzept in Anlehnung an /EN 50126/ erstellt werden.

Das Sicherheitskonzept muss auf Grundlage der in den Ausführungsgrundlagen (s. Abbildung 1) spezifizierten sicherheitsrelevanten Anforderungen und Merkmale des MSB - Systems die projektspezifischen Gefährdungen analysieren und bewerten, sowie risikoreduzierende Maßnahmen (technisch, baulich, betrieblich und organisatorisch) festlegen.

In dem Sicherheitskonzept müssen projektspezifisch Sicherheitsziele und ein Risikoakzeptanzkriterium festgelegt werden.

Die projektspezifische Analyse und Bewertung der Gefährdungen kann im Rahmen einer Risikoanalyse gemäß /EN 50126/ erfolgen.

Methodische Hinweise finden sich in /prEN 50126-2/ und /prR009-004/.

Die risikoreduzierenden Maßnahmen können in einem Maßnahmenkatalog oder -liste beschrieben werden.

Die Vorgaben an das Rettungskonzept, insbesondere Vorgehensweisen, Entscheidungskriterien und Zuständigkeiten müssen im Sicherheitskonzept projektspezifisch festlegen werden.

Risikoanalyse, Gefährdungsliste, Maßnahmenkatalog und Rettungskonzept können Bestandteile des projektspezifischen Sicherheitskonzepts sein.

Risikoanalyse, Gefährdungsliste, Maßnahmenkatalog und Rettungskonzept müssen projektspezifisch aufeinander abgestimmt sein.

Die Einhaltung der höchstzulässigen Anzahl von Personen im MSB-Fahrzeug muss im Sicherheitskonzept dargelegt werden.

Das verbleibende Risiko sollte das festgelegte Risikoakzeptanzkriterium nicht überschreiten.

5.4.1.2 Projektunabhängige Sicherheitsanforderungen

Die in den nachfolgenden Unterkapiteln aufgeführten Anforderungen stellen gesonderte Anforderungen zu einzelnen Risikoaspekten dar, die nicht der projektspezifischen Festlegung vorbehalten sind.

Sie ersetzen nicht die systematische und projektspezifische Analyse und Bewertung aller Risiken.

Die Sicherheitsanforderungen an die Funktionen müssen aus der Risikoanalyse abgeleitet werden.

Sicherheitsrelevante Funktionen müssen nach den CENELEC-Normen nachgewiesen werden (/ DIN EN 50126/, / DIN EN 50128/ und /DIN EN 50129/).

Die Komponenten und Baugruppen, die zur Erfüllung dieser Funktionen eingesetzt werden, sind nach den produktspezifischen Normen (z. B. übergeordnet /DIN EN 61508-1/) nachzuweisen.

Weitere Anforderungen an sicherheitsrelevante Funktionen sind beschrieben in

- *Kap. 6.1 sowie in den Ausführungsgrundlagen der Teilsysteme, siehe Abbildung 1 und*
- *Kap. 6.3.2 an die Sicherung des Fahrbetriebs.*

5.4.1.2.1 Schutz von Personen

Ausführungsmerkmale

- *zum Brandschutz sind in Kap. 5.4.1.2.2,*
- *zum Schutz von Personen im MSB-Fahrzeug sind in /MSB AG-FZ GEN/,*
- *zum Schutz von Personen am Bahnsteig sind in Kap. 6.1.5.1 dargelegt.*

Die Schutzwirkung gegen eine Personengefährdung durch elektrostatische Aufladung der Außenhaut des MSB-Fahrzeugs gemäß /MbBO/ § 17, (4) muss nachgewiesen werden.

Spezifische Maßnahmen zum Arbeitsschutz des Instandhaltungspersonals müssen projektspezifisch festgelegt werden.

Für Arbeiten im Gefahrenbereich des Fahrwegs (vom Sonderfahrzeug aus oder unabhängig davon), z. B. Instandhaltung oder Vegetationskontrolle, muss die Sicherung der betreffenden Personen projektspezifisch festgelegt werden. Der Gefahrenbereich ist projektspezifisch festzulegen.

Die Sicherung bei Arbeiten im Gefahrenbereich des Fahrwegs muss so erfolgen, dass Fahrten, die die betreffenden Personen gefährden können, ausgeschlossen werden. Der betroffene Streckenabschnitt muss vor Beginn der Arbeiten gesperrt werden und darf erst nach Abschluss der Arbeiten freigemeldet werden. Diese Freimeldung ist eine Voraussetzung zur Erteilung einer Fahrtfreigabe für den entsprechenden Streckenabschnitt.

Wenn während der Durchführung der Arbeiten Fahrbetrieb mit MSB-Fahrzeugen stattfinden soll, muss es möglich sein, Streckenabschnitte mittels technischer Einrichtungen durch die für die Arbeiten verantwortliche Person zu sperren und wieder freizugeben.

Bei Arbeiten am Fahrweg muss eine kollektive Absturzsicherung vorgesehen werden.

Weitere Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz von Personen können projektspezifisch definiert werden.

5.4.1.2.2 Brandschutz

Projektspezifisch müssen Brandschutzkonzepte festgelegt werden.

Brandmeldungen müssen in der Betriebszentrale gemeldet werden.

Anforderungen an die Übertragung von Brandmeldungen müssen aus dem projektspezifischen Sicherheitskonzept abgeleitet werden.

Aus dem Brandschutzkonzept können Beschränkungen für den Transport von Gepäck und Gütern folgen.

5.4.1.2.2.1 Brandschutz im Fahrzeug

Die brandschutztechnischen Anforderungen an MSB-Fahrzeuge sind in /MSB AG-FZ GEN/ beschrieben.

Die brandschutztechnischen Anforderungen an die Einrichtungen der BLT im MSB-Fahrzeug müssen unter Berücksichtigung des Brandschutzkonzepts des Fahrzeugs projektspezifisch festgelegt werden.

Brandschutzanforderungen an Sonderfahrzeuge müssen projektspezifisch definiert werden.

5.4.1.2.2.2 Brandschutz in Betriebsanlagen

Bei der Auslegung von Tunneln müssen die Anforderungen an den Brandschutz gemäß /EBA-RL MSB Tunnel/ berücksichtigt werden.

Bei der Auslegung von Stationen müssen die Anforderungen an den Brandschutz gemäß /EBA-Lf Station/ berücksichtigt werden.

Über das Erfordernis und die Ausgestaltung von Brandschutzkonzepten zu weiteren Betriebsanlagen muss projektspezifisch entschieden werden.

5.4.1.2.3 Kollisionen

5.4.1.2.3.1 Kollisionsvermeidung

Eine Kollision von Fahrzeugen untereinander muss sicher ausgeschlossen werden (Richtwert für die Eintrittswahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 gemäß /DIN EN 61508-1/).

Ein Überfahren eines Gefahrpunktes muss sicher ausgeschlossen werden (Richtwert für die Eintrittswahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 gemäß /DIN EN 61508-1/).

Zur Vermeidung von Kollisionen müssen Freiraumverletzungen durch Versagen einer Baugruppe des Fahrwegs ausgeschlossen werden.

Ausfälle in Magnetregelkreisen, die zu Berührungen zwischen Magneten und Stator bzw. Seitenführschiene mit unzulässiger Kraftereinleitung in die Struktur von MSB-Fahrzeug und Fahrweg führen können, müssen ausgeschlossen werden.

Bei der Fahrwegbemessung müssen die Einwirkungen entsprechend der lokalen wahrscheinlichen Erdbebenintensität gemäß /MSB AG-UMWELT/ berücksichtigt werden.

Schutzbauten und -einrichtungen müssen entsprechend Sicherheitskonzept unter Berücksichtigung von /EN 1317/ und der /RPS/ vorgesehen werden.

Dabei müssen nachfolgende Grundsätze berücksichtigt werden:

- bei Verkehrswegen unter dem MSB-Fahrweg:
Die Dimensionierung von Stützen, Fahrwegträgerlager muss unter Berücksichtigung des Anpralls von Straßenfahrzeugen erfolgen (s. /MSB AG-FW BEM/).
Für den Fahrweg muss ein Kollisionsschutz auf der Grundlage einer Risikobetrachtung vorgesehen werden,
- bei Verkehrswegen über dem MSB-Fahrweg:
Es muss ein Schutz gegen Herabfallen von Fahrzeugen und Gegenständen auf den Fahrweg auf der Grundlage einer Risikobetrachtung vorgesehen werden.
- bei Verkehrswegen parallel zum Fahrweg:
Es muss ein Kollisionsschutz für die Stützen des aufgeständerten Fahrwegs und den ebenerdigen Fahrweg auf der Grundlage einer Risikobetrachtung vorgesehen werden.

Folgende organisatorische und betriebliche Maßnahmen müssen erfolgen:

- besondere Waldpflege entlang der Trasse der Magnetschnellbahn so dass die MSB-Lichtraumumgrenzung gemäß /MbBO/ frei bleibt, auch z.B. bei umstürzenden Bäumen,
- Maßnahmen bei Winterbetrieb gemäß Kap. 5.5.1.2,
- weitere projektspezifisch im Sicherheitskonzept (s. Kap. 5.4.1) festzulegende Maßnahmen.

5.4.1.2.3.2 Kollisionsverhalten

Nachfolgende repräsentative Kollisionsfälle müssen betrachtet werden:

- Stein 15 kg auf Gleitleiste,
- runder Stein 50 kg mittig auf dem Fahrwegtisch bzw. seitlich neben dem Fahrwegträger in Höhe der Tragmagnete des MSB-Fahrzeugs,
- Baum (Länge 18 m, Stammdurchmesser am Aufprallort 20 cm), der unter 45° am aufgeständerten Fahrweg anliegt bzw. horizontal quer zum ebenerdigen Fahrwegtisch liegt,
- Hydrokörper 75 kg auf dem Fahrwegtisch.

Dabei muss die projektspezifisch zu definierende Höchstgeschwindigkeit berücksichtigt werden.

Für diese repräsentativen Kollisionen müssen Beschleunigungen im Fahrgastraum soweit begrenzt bleiben, dass das Risiko mindestens tolerabel bleibt (Beurteilungskriterium: Head Injury Criterion (HIC)).

Für diese repräsentativen Kollisionen dürfen Beschleunigungen nicht zu einer Gefährdung der Spurführung oder der Standsicherheit des Fahrwegs führen.

Für diese repräsentativen Kollisionen müssen Deformationen der Fahrgastzelle soweit begrenzt bleiben, dass Personen im Fahrgastraum nicht eingeklemmt werden.

Die Penetrationsfestigkeit der Wagenkastenzelle bei Frontalkollision mit einem Hindernis muss entsprechend der Penetrationsfestigkeit für Fenster (gegen Beschuss mit Normprojektil, 1kg Masse, Auftreffgeschwindigkeit 600 km/h) gemäß /UIC 651/ ausgelegt werden.

Es ist projektspezifisch zu regeln, wie die o.g. Kollisionsfälle diagnostiziert und welche Folgemaßnahmen zu treffen sind.

5.4.1.2.3.3 Verlassen des Fahrwegs

Es muss ausgeschlossen werden, dass ein Fahrzeug unbeabsichtigt den Fahrweg verlässt.

Ein Verlassen des Fahrwegs ist denkbar an Fahrwegenden oder an offenen Enden von Spurwechseleinrichtungen.

Zu diesem Zweck müssen projektspezifisch definiert werden:

- Gefahrenpunkte vor Fahrwegenden und
- Gefahrenpunkte vor offenen Enden von Spurwechseleinrichtungen.

5.4.1.2.4 Außerplanmäßiger Halt

Der außerplanmäßige Halt eines Zuges außerhalb des Bahnsteigbereichs von Stationen muss entweder innerhalb eines definierten Streckenbereiches im Anschluss an den Bahnsteigbereich oder an einem Betriebshalteplatz erfolgen.

Der außerplanmäßige Halt eines MSB-Fahrzeugs außerhalb eines Halteplatzes darf damit nur bei einem zeitgleichen Zusammentreffen von bestimmten Stöorzuständen und weiteren Ausfällen auftreten. Hieraus resultierende Situationen sind im Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

Beispiel: Wenn beim Beschleunigen unmittelbar nach einem außerplanmäßigen Halt an einem Betriebshalteplatz die Energieversorgung des Antriebs ausfällt, bevor die zum Erreichen des nächsten Halteplatzes erforderliche Geschwindigkeit erreicht ist.

5.4.1.2.4.1 Streckenbereiche im Anschluss an den Bahnsteigbereich von Stationen

Streckenbereiche im Anschluss an den Bahnsteigbereich von Stationen müssen die Eigenschaften eines Betriebshalteplatzes (s. Kap. 5.4.1.2.4.2) aufweisen und sollten durchgehend mit externer Bordenergieversorgung ausgerüstet sein. Diese Bereiche dürfen von einzelnen kurzen Abschnitten unterbrochen sein, bei denen

- die zulässige Längs- bzw. Querneigung für Betriebshalteplätze gemäß Kap. 5.1.2.1 überschritten wird, oder
- eine Evakuierung eines MSB-Fahrzeugs nur erschwert möglich ist, z.B. bei Überquerung von Verkehrswegen.

Ein außerplanmäßiger Halt sollte außerhalb solcher Abschnitte erfolgen.

Richtwert für die Länge von Streckenbereichen im Anschluss an den Bahnsteig: 1 bis 2 km.

5.4.1.2.4.2 Betriebshalteplätze (BHPL)

Betriebshalteplätze müssen projektspezifisch ausgelegt werden.

Bei der projektspezifischen Auslegung müssen folgende Grundsätze berücksichtigt werden:

- Es muss stets mindestens ein Betriebshalteplatz unter kontrollierter Nutzung der kinetischen Energie des MSB-Fahrzeugs erreicht werden können.
- Zum Erreichen eines Betriebshalteplatzes müssen Fahr-, Brems- und Schwebepprofile festgelegt werden, die ortsbezogen spezifizierte Bedingungen berücksichtigen.
- Die Bremsprofile müssen mindestens für alle Betriebshalteplätze, an denen ein Halt aus betrieblichen Gründen zu erwarten ist, sowohl vom Langstatorantrieb als auch von der Sicheren Bremse eingehalten werden können.

Bremsprofile zu anderen Betriebshalteplätzen dürfen so ausgelegt werden, dass sie mit der Sicheren Bremse, nicht jedoch vom Langstatorantrieb eingehalten werden.

- Die Überwachung gegen Überfahren eines Gefahrenpunktes durch die BLT muss mit einer projektspezifisch abzuleitenden Ausfallwahrscheinlichkeit realisiert werden.

Als Richtwert gilt die Ausfallwahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 gemäß /DIN EN 61508-1/.

- Die Überwachung zum Erreichen eines Erreichbarkeitspunktes durch die BLT muss mit einer projektspezifisch abzuleitenden Ausfallwahrscheinlichkeit realisiert werden.

Als Richtwert gilt die Ausfallwahrscheinlichkeit entsprechend SIL 3 gemäß /DIN EN 61508-1/.

Die zulässigen Eintrittswahrscheinlichkeiten für das Überfahren eines Gefahrenpunktes und das Nicht-Erreichen eines Erreichbarkeitspunktes müssen anhand der projektspezifisch durchzuführenden Risikoanalyse (Kap. 5.4.1) festgelegt werden.

Ein Betriebshalteplatz ist durch Erreichbarkeits- und Gefahrenpunkt bestimmt.

Bei drohender Verletzung der Brems- und Schwebepprofile erfolgt eine sichere Antriebsabschaltung. Das MSB-Fahrzeug verzögert mit der Sicheren Bremse geregelt auf den aktuellen BHPL.

Betriebshalteplätze, an denen ein Halt aus betrieblichen Gründen zu erwarten ist, sollten mit externer Bordenergieversorgung ausgerüstet sein.

Bei Streckenbereichen mit außergewöhnlich langer und großer Steigung muss ein Betriebshalteplatz am Beginn des Steigungsbereichs angeordnet werden.

Es muss sichergestellt sein, dass im Falle eines Zurückschwebens bis zum Betriebshalteplatz am Beginn des Steigungsbereichs, dieser Streckenbereich durch die BLT gesichert ist.

Richtwert für die Ausfallwahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 gemäß /DIN EN 61508-1/.

Im Falle einer Zwangsbremung in einem solchen Steigungsbereich (z.B. 5 % über 10 km) kann gemäß /MSB AG-BLT/ der zurückliegende Betriebshalteplatz am Beginn des Steigungsbereichs angefahren werden.

Richtwert für die Mindestlänge von Betriebshalteplätzen: Zuglänge + 350 m.

Anforderungen zur Trassierung im Bereich von Betriebshalteplätzen gemäß Kap. 5.1.2.1.

Ausführung und Ausrüstung gemäß Kap. 6.1.5.4.

5.4.1.2.5 Antriebsfehlfunktionen

Für Fehlverhalten des Antriebs müssen

- synchrone Fehlerströme mit signifikanten Einwirkzeiten und schubkraftbildender Wirkung im Hinblick auf Kräfte und Beschleunigungen in x-Richtung und
- synchrone Fehlerströme mit signifikanten Einwirkzeiten und das Tragmagnetfeld schwächender oder verstärkender Wirkung.

berücksichtigt werden.

Die Fehlerstromstärke darf nicht

- zu einer im Sinne der Bemessung von MSB-Fahrzeug und Fahrweg unzulässigen Kraft oder
- zu einer unzulässigen Beschleunigung (mit Verletzung von Grenzfahrprofilen oder Gefährdung von Personen im Fahrzeug) führen.

Dazu ist die Fehlerstromstärke zu überwachen und zu begrenzen.

Schubkraftbildende Wirkung:

- **Fehlerhafte Antriebskraft**

Die fehlerhafte Antriebskraft muss so beschränkt werden, dass die der Bemessung von MSB-Fahrzeug und Fahrweg (gemäß Außergewöhnliche Einwirkungen, s. Kap. 9, Nr. 7. (2)) zugrunde liegende Kraft in x-Richtung höchstens mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 (Richtwert) überschritten wird.

Standicherheit des Fahrwegs und Bemessung des MSB-Fahrzeugs, Einstufung gemäß /DIN EN 61508-1/.

- **Fehlerhafte Antriebsbeschleunigung**

Die fehlerhafte positive Antriebsbeschleunigung in Fahrtrichtung muss so beschränkt werden, dass die dem Maximalfahrprofil zugrunde liegende maximale Beschleunigung höchstens mit der von der BLT dafür vorgegebenen Eintrittswahrscheinlichkeit überschritten wird.

Es gilt die Begrenzung der Eintrittswahrscheinlichkeit für das Ereignis "Überfahren des Gefahrenpunktes" (s. Kap. 5.4.1.2.4.2). Die fehlerhafte Antriebsbeschleunigung ist dabei anteilig zu berücksichtigen. Die Einstufung erfolgt gemäß /DIN EN 61508-1/.

Die fehlerhafte negative Antriebsbeschleunigung (Verzögerung) in Fahrtrichtung muss so beschränkt werden, dass die dem Minimalfahrprofil zugrunde liegende maximale Beschleunigung höchstens mit einer von der BLT dafür vorgegebenen Eintrittswahrscheinlichkeit überschritten wird.

Es gilt die Begrenzung der Eintrittswahrscheinlichkeit für das Ereignis "Nichterreichen des Erreichbarkeitspunktes" (s. Kap. 5.4.1.2.4.2). Die fehlerhafte Antriebsbeschleunigung ist dabei anteilig zu berücksichtigen.

Tragmagnetfeld schwächende oder verstärkende Wirkung:

Ein fehlerhafter Antriebsstrom mit einer das Tragmagnetfeld schwächenden Wirkung auf einer Motor-/Fahrwegseite darf auftreten.

Standicherheit des Fahrwegs und Bemessung des MSB-Fahrzeugs, Einstufung bzgl. der Ausfallwahrscheinlichkeit gemäß /DIN EN 61508-1/, einseitiges Absetzen ist als Sonderlastfall berücksichtigt.

Ein fehlerhafter Antriebsstrom mit einer das Tragmagnetfeld schwächenden Wirkung auf beiden Motor-/Fahrwegseiten darf höchstens mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 (Richtwert) auftreten.

Ein fehlerhafter Antriebsstrom mit einer das Tragmagnetfeld verstärkenden Wirkung muss so beschränkt werden, dass die der Bemessung von MSB-Fahrzeug und Fahrweg (gemäß Außergewöhnliche Einwirkungen, s. Kap. 9, Nr. 7) zugrunde liegende resultierende Kraft in x-Richtung höchstens mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit entsprechend SIL 4 (Richtwert) überschritten wird.

Standicherheit des Fahrwegs und Bemessung des MSB-Fahrzeugs, Einstufung gemäß /DIN EN 61508-1/.

Erdfehlererfassung und Abschaltung:

Die Erdfehlererfassung und -abschaltung muss mit einer projektspezifisch festzulegenden Verfügbarkeit ausgeführt werden.

Hier tritt keine unmittelbare fehlerhafte Kraftwirkung oder Gefährdung auf.

5.4.1.3 Rettungskonzept

Die Anforderungen an die Rettung müssen in einem Rettungskonzept projektspezifisch festgelegt werden.

Das Rettungskonzept muss Bestandteil des projektspezifischen Sicherheitskonzepts sein.

Das Rettungskonzept berücksichtigt insbesondere den Schutz von Personen für das Ereignis eines Brandes im MSB-Fahrzeug.

Das Rettungskonzept sollte auf dem Prinzip der Selbstrettung basieren.

Fremdrettungsmaßnahmen müssen ergänzend einbezogen werden.

Das Rettungskonzept muss den Ablauf einer zeitkritischen Evakuierung unter den projektspezifischen Bedingungen und das Zusammenwirken aller Sicherheitsmaßnahmen (technisch, baulich, betrieblich und organisatorisch) für den Evakuierungsfall beschreiben.

Auf Basis der Vorgaben des Rettungskonzeptes wird in der Risikoanalyse (siehe Kap. 5.4.1) bewertet, ob das verbleibende Risiko für den Evakuierungsfall akzeptabel ist.

5.4.2 Sicherheitsnachweis

Der Nachweis der Systemsicherheit gemäß § 4 (2) /MbBO/ muss als Sicherheitsnachweis projektspezifisch in Anlehnung an /DIN EN 50129/ geführt werden.

5.5 Umwelt

5.5.1 Einwirkungen aus der Umwelt

Bei Dimensionierung und Qualifikation der Baugruppen und Teilsysteme des MSB - Systems müssen die Daten der Primärumwelt zugrunde gelegt werden /MSB AG-UMWELT/.

Sofern in einem Projektgebiet darüber hinaus gehende Umweltdaten zugrunde zu legen sind, sind diese durch eine Sonderauslegung zu berücksichtigen.

Bei einer drohenden Überschreitung der spezifizierten Umweltdaten ist der Betrieb gemäß projektspezifisch zu erstellender Betriebsvorschriften einzuschränken oder einzustellen.

5.5.1.1 Wind

Der Einfluss von Seitenwind einschließlich Böigkeit (gemäß /MSB AG-UMWELT/) und Durchqueren von Windschatten muss durch das elektromagnetische Führsystem geregelt werden.

Bei Überlagerung außergewöhnlicher Seitenwindböen darf das elektromagnetische Führsystem kurzzeitig durch die mechanische Seitenführung unterstützt werden, ohne dass dies den Fahrbetrieb beeinträchtigen darf.

Rücken- und Gegenwind müssen bei der Bemessung der Bremswege und Abstände von Halteplätzen berücksichtigt werden.

5.5.1.2 Winter

Betriebsanlagen und Fahrzeuge müssen so gestaltet werden, dass eine Gefährdung Dritter durch Schnee, Wasser oder Eis vermieden wird.

Bei der Trassierung des ebenerdigen Fahrwegs muss die Gradientenhöhe unter Berücksichtigung der zu erwartenden klimatischen Auswirkungen (z. B. Schneeannehlungen) projektspezifisch festgelegt werden.

Der Fahrwegtisch muss so ausgeführt werden, dass Regen- und Schmelzwasser ungehindert ablaufen können.

Die magnetische Trag-, Führ- und Antriebsfunktion darf auch bei Vereisung gemäß /MSB AG-UMWELT/ von MSB-Fahrzeug und Fahrweg nicht beeinträchtigt werden.

Bei Funktion und Bremsweg der Sicheren Bremse gemäß Kap. 6.1.1.3 muss eine Fahrwegvereisung berücksichtigt werden, wenn dies nicht z.B. durch konstruktive Maßnahmen ausgeschlossen wird.

Maßnahmen des Winterdienstes sind projektspezifisch festzulegen.

Rettungseinrichtungen müssen in den Winterdienst einbezogen werden.

5.5.1.3 Elektromagnetische Störgrößen

Die Störfestigkeit des MSB-Systems gegenüber elektromagnetischen Störgrößen von außen muss den in /DIN EN 50121/ definierten Anforderungen entsprechen.

Der Schutz vor Blitzeinwirkungen muss der /DIN V VDE V 0185-3/ genügen.

5.5.2 Einwirkungen auf die Umwelt

5.5.2.1 Schall

Es gilt die /MSB-LSchV/.

Das Verfahren zur Ermittlung der Korrekturfaktoren DFz und DFb wird in Anlage 5 zur AG Gesamtsystem geregelt.

5.5.2.2 Magnetische, elektrische und elektromagnetische Störgrößen

Es sind die Normen /DIN EN 50121-2/, /DIN EN 50121-5/ sowie /26. BImSchV/ anzuwenden.

5.6 Fahrkomfort

Komfortanforderungen sollten projektspezifisch festgelegt werden.

5.6.1 Komfortrelevante Aspekte der Trassierung

Anforderungen hinsichtlich Beschleunigung und Ruck sind in Kap. 5.1.2 enthalten.

Anforderungen hinsichtlich niederfrequenter Beschleunigungsänderungen und Rucke durch Abfolge von Trassierungselementen sind in /MSB AG-FW TRAS/, Kap. 6.2 enthalten.

5.6.2 Komfortrelevante Schwingungen (RMS-Werte)

Die Beschleunigung sollte folgende Richtwerte für die RMS - Werte einhalten:

0,2 m/s² in x-, y- und z-Richtung bei 95 % aller Auswertungsabschnitte

(mit Bewertungsfilter gemäß /ISO 2631, ORE B 153/, Auswertungsabschnitte jeweils 5 s oder 500 m).

5.6.3 Druckschwankungen bei Tunnelfahrten

Auf der Grundlage der in Kap. 6.1.1.3.3. vorgegebenen maximalen Druckbelastung bei Tunnelfahrt sollten die Druckdichtigkeit und Drucksteifigkeit des MSB-Fahrzeugs so ausgeführt werden, dass die Komfortanforderungen eingehalten werden.

Die zulässigen, auf Passagiere im MSB-Fahrzeug wirkenden Druckschwankungen sind projektspezifisch zu definieren.

Richtwert für die maximale Druckänderung im Fahrgastraum bei Tunnelfahrt

500 Pa in 1 s

800 Pa in 3 s

1000 Pa in 10 s.

Zu den aerodynamischen Anforderungen aus der Bemessung des Fahrzeugs siehe Kap. 6.1.1.3.3.

Zu den bautechnischen Anforderungen an Tunnel siehe Kap. 6.1.4.3.4.

6 Systemkonzept/ -Auslegung

6.1 Teilsysteme

6.1.1 MSB-Fahrzeug

6.1.1.1 Struktur

Die Struktur des MSB-Fahrzeugs ist in Abbildung 9 dargestellt.

6.1.1.1.1 Fahrzeugumgrenzung

Nachweis der kinematischen Begrenzungslinie gemäß /MSB AG-FZ KIN/.

6.1.1.1.2 Wagenkasten

§ 18, (1) und § 18, (3) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

Druckbeanspruchungen auf den Wagenkasten s. Kap. 6.1.1.3.3.

6.1.1.2 Funktionen

6.1.1.2.1 Tragen und Führen

§19 /MbBO/ muss berücksichtigt werden. Diese Anforderung muss wie folgt ausgeführt werden:

Struktur/Funktion

Das Magnetfahrwerk muss die Trag-/Führ-/Antriebskräfte als Flächenlasten in den Fahrweg einleiten.

Die MSB-Fahrzeuge weisen ein über die gesamte Fahrzeuglänge durchgehendes Magnetfahrwerk aus einer Kette von Schwebegestellen und Trag-/Führmagneten auf.

§ 17, (4) und § 20, (1) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden. Diese Anforderungen müssen wie folgt ausgeführt werden.

Anforderungen an die mechanische Tragfunktion:

- Die Tragkufe muss die Funktion der mechanische Abstützung sowie der Haltebremse des abgesetzten, stehenden MSB-Fahrzeugs in Bereichen, in denen stehende Fahrzeuge gegen unbeabsichtigte Bewegung zu sichern sind, realisieren.
- Die Tragkufen müssen geeignet sein, das MSB-Fahrzeug unterhalb der Absetzgeschwindigkeit bis zum Stillstand abzubremsen.
- Nach Ausfall der beiden Tragregelkreise an einem Schweberrahmen müssen die Tragkufen die Tragfunktion bei Fahrt übernehmen.
- Das Gleitverhalten zwischen Gleitleiste und Tragkufe muss so abgestimmt werden, dass bei der Bemessung von Fahrweg und MSB-Fahrzeug die zugrunde gelegten statischen und dynamischen Lasten eingehalten werden.

- Der Ausfall der magnetischen Tragfunktionen an einem Tragregelkreis muss erkannt werden und eine automatische Systemreaktion auslösen mit dem Ziel, den Gleitweg auf ein projektspezifisch festzulegendes Maß zu begrenzen.

siehe Abbildung 10: Bremskennlinie sichere Bremse für eine MSB-Fahrzeugsektion.

Orientierungswert für den Gleitweg eines auf Tragkufen abgesetzten Schweberahmens: 100 bis 200 km

Anforderungen an die mechanische Führfunktion:

- Nach Ausfall der beiden Führregelkreise an einem Schweberahmen muss die mechanische Führfunktion durch Gleiten von mechanischen Führelementen auf Seitenführschiene erfolgen.
- Das Gleitverhalten zwischen Seitenführschiene und mechanischem Führelement muss so abgestimmt werden, dass die bei der Bemessung von Fahrweg und MSB-Fahrzeug zugrunde gelegten statischen und dynamischen Lasten eingehalten werden.

6.1.1.2.2 Sichere Bremse

Funktionsmerkmale

Zur Einhaltung des von der BLT überwachten Maximalfahrprofils muss die Bremsfähigkeit des MSB-Fahrzeugs zur Verfügung stehen.

Kommt dazu eine vom Antrieb prinzipverschiedene Sichere Bremse zum Einsatz, muss sichergestellt sein, dass die Funktion Sichere Bremse nicht (z.B. durch den Antrieb) unzulässig beeinflusst wird.

Wenn eine Störung oder ein Ausfall innerhalb der Einrichtungen zur Ansteuerung des Bremssystems auftritt, muss dies mindestens die gleiche Bremswirkung wie eine betriebliche Ansteuerung erzeugen.

Der Maximalwert der Bremskraft muss mit den Bemessungslasten für den Fahrweg und das MSB-Fahrzeug kompatibel sein.

Der sicher erreichbare Mindestwert der Bremskraft muss mit den sicherungstechnisch überwachten Fahrprofilen unter ungünstigsten Bedingungen (wie z. B. starker Rückenwind) abgestimmt werden.

Die fahrzeugeigene Sichere Bremse muss so ausgeführt werden, dass das MSB-Fahrzeug mit den in ihm eingebauten Einrichtungen der Betriebsleittechnik autark eine Bremsung zu einem Halteplatz durchführen kann.

Projektspezifisch kann ergänzend zur Sicheren Bremse die Bremswirkung von Kurzschlusswicklungen bei der Projektierung des Sicheren Bremsprofils herangezogen werden, siehe auch /MSB AG-ANT/, Kap. 5.3.

Es muss eine Überschreitung der in den Bemessungslasten unterstellten Bremskraft ausgeschlossen werden. Sofern dies durch die Auslegung nicht gegeben ist, muss der Ausschluss einer gleichzeitigen Wirkung der Bremskraft des Langstatorantriebs und der fahrzeugeigenen sicheren Bremse durch die Betriebsleittechnik mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit gemäß SIL 4 (Richtwert) nachgewiesen werden (s. Kap. 6.1.3.2).

Ein abgesetztes MSB-Fahrzeug darf durch den Langstatorantrieb nicht beeinflusst werden.

Dies ist dadurch gegeben, dass die Erregung für den Langstatorantrieb im abgesetzten Zustand nicht vorhanden ist.

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem

Dok.-Nr.: 50630 Version Weißdruck Ausg. Datum 15.02.2007

Seite 33 von 92

Die Funktion der Haltebremse muss für Streckenbereiche nachgewiesen werden, in denen MSB-Fahrzeuge gegen unbeabsichtigte Bewegungen zu sichern sind.

In diesen Bereichen darf gemäß MbBO, § 13, (2) eine Längsneigung von 5 ‰ nicht überschritten werden. Ausnahmen davon sind im Einzelfall aus besonderen Gründen zulässig, wenn die Sicherheit auf andere Weise nachgewiesen ist.

Falls in Sonderfällen stehende MSB-Fahrzeuge in Bereichen mit einer Längsneigung > 5 ‰ gegen unbeabsichtigte Bewegungen zu sichern sind, muss die Haltebremsfunktion nachgewiesen werden.

Die Funktion Sichere Bremse muss zur Durchführung einer Zwangsbremmung gemäß /MSB AG-BLT/ geeignet sein.

6.1.1.2.3 Bordenergieversorgung

Die Funktion Bordenergieversorgung muss überwacht werden (siehe Kap. 6.1.3.2).

Es muss sichergestellt sein, dass zur Durchführung einer Fahrt einschließlich eines Halts mit sicherer Bremse ausreichend Bordenergie zur Verfügung steht.

6.1.1.3 Konfigurationsparameter

§ 3, (3); § 17, (1); § 17, (6), § 18, (2) und § 21, (1) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

Anforderungen an den Brandschutz im MSB-Fahrzeug siehe. Kap.: 5.4.1.2.2.1.

6.1.1.3.1 Fahrzeugkonfiguration

§ 20, (2) /MbBO/ muss berücksichtigt werden. Diese Anforderung müssen wie folgt ausgeführt werden.

Die MSB-Fahrzeuge müssen aus Fahrzeugsektionen gebildet werden, die in Bezug auf die Trag- und Föhrfunktion, die Bremseinrichtung, die Bordenergieversorgung und den Wagenkasten autark sind.

Das Systemmaß von Fahrzeugsektionen eines MSB-Fahrzeugs muss 24,768 m betragen.

(Tragmagnetbelegungslänge, s.a. Kap.: 9, Nr. 6.1.1. (3)).

Die Längenabmessungen von MSB-Fahrzeugendsektionen können davon abweichen.

Ein MSB-Fahrzeug muss zwei Endsektionen aufweisen.

Ein MSB-Fahrzeug kann darüber hinaus bis zu 8 Mittelsektionen aufweisen.

Die Festlegung der Anzahl der Sektionen erfolgt projektspezifisch auf Basis der Transportaufgabe (z.B. Verkehrsaufkommen).

Die einzelnen Sektionen müssen im Rahmen der Fahrzeugauslegung für Personen- und Gütertransport frei konfigurierbar sein.

Betrieblich kann auf die täglichen Schwankungen des Verkehrsaufkommens durch Einsatz von MSB-Fahrzeugen mit größerer oder kleinerer Zahl von Mittelsektionen und/oder Anpassung des Fahrplans reagiert werden.

Zur Anpassung an die langfristige Entwicklung der Verkehrsnachfrage kann die Kapazität der MSB-Fahrzeuge durch zusätzliche Mittelsektionen vergrößert werden.

Als Zug wird ein MSB-Fahrzeug bezeichnet, das mit den mobilen Einrichtungen der BLT ausgestattet ist und betrieblich gesteuert und gesichert wird (siehe /MSB AG-ABK&DEF/).

Abmessungen der MSB-Fahrzeugsektionen sind beispielhaft dargestellt:

- *End-/ Mittelsektion für Personentransport Fernverkehr: Abbildung 6*
- *End-/ Mittelsektion für Personentransport Flughafenbinder: Abbildung 7 und Abbildung 8*
- *Wagenkasten und Trag-/Führsystem: Abbildung 9*

6.1.1.3.2 Fahrwiderstand

Definition Fahrwiderstand, siehe /MSB AG-NORM&RILI/.

Der Fahrwiderstand setzt sich zusammen aus den Anteilen:

- Aerodynamik,
- Magnetisierung,
- Bordenergieerzeugung.

Bei der Festlegung von Fahrprofilen mit Bestimmung der Schwebewege und der Bremswege ist zusätzlich zum Fahrwiderstand der örtliche Hangabtrieb zu berücksichtigen.

Richtwerte für die Größe des Fahrwiderstands für MSB-Fahrzeuge mit 2 bis 10 Sektionen bei 0 bis 400 km/h sowie dessen Anteile: Abbildung 11

Der Fahrwiderstand muss projektspezifisch festgelegt und bei der Auslegung berücksichtigt werden (siehe Abbildung 11):

Gesamtfahrwiderstand:

$$F_W = F_A + F_M + F_B$$

Aerodynamik:

$$F_A = 2,8 \text{ kN} \cdot (v/[m/s])^2 \cdot (0,53 \cdot N/2 + 0,30) \cdot 10^{-3}$$

Aerodynamische Fahrwiderstandserhöhungen durch Tunnel sind projektspezifisch zusätzlich zu berücksichtigen.

Der Anteil Aerodynamik ist weitestgehend proportional zu v^2 , enthält jedoch auch einen geringen Anteil proportional zu v zur Berücksichtigung der Luftentnahme für Belüftung und Klimatisierung. Dieser Anteil proportional zu v kann als im Anteil proportional zu v^2 enthalten angenommen werden.

Magnetisierung:

$$F_M = N \cdot (0,1 \text{ kN} \cdot (v/[m/s])^{0,5} + 0,02 \text{ kN} \cdot (v/[m/s])^{0,7})$$

gilt bei Verwendung des empfohlenen Materials für die Seitenführschiene gemäß Kap. 6.1.4.3.6.

Bordenergieerzeugung:

$F_B = 0$	für 0 bis 20 km/h
$F_B = N * 7,3 \text{ kN}$	für 20 bis 70 km/h
$F_B = N * (146 \text{ kN} / v[\text{m/s}] - 0,2 \text{ kN})$	für 70 bis 500 km/h

mit
v - Geschwindigkeit MSB-Fahrzeug
N - Anzahl Fahrzeugsektionen

für stationären Betrieb

- ohne Einspeisung via externer Bordenergieversorgung (bei Betrieb mit externer Bordenergieversorgung bis 100 km/h ist $F_B = 0$),
- ohne Nachladen der Bordnetz Batterien,
- ohne Windeinfluss und
- für mittlere Umgebungstemperatur bei gemäßigttem Klima (gemäß /MSB AG-UMWELT/) mit entsprechender Klimatisierungsleistung.

6.1.1.3.3 Aerodynamik

Das aerodynamische Verhalten aus Begegnungsverkehr und Tunnelfahrt ist gem. /EN 14067-2/ und /EN 14067-3/ zugrunde zu legen.

Der maximale zulässige Druckunterschied (innen/außen) bei Tunnelfahrt und die Druckeinwirkung bei Begegnungsverkehr sind bei der Bemessung des Fahrzeugs zugrunde zu legen.

Der Druckunterschied (innen/ außen) bei Tunnelfahrt ergibt sich aus der von Länge und Querschnitt des Tunnels abhängigen Änderung des Außendrucks und aus der zeitverzögerten Änderung des Innendrucks. Die Änderung des Innendrucks wird durch die Druckdichtigkeit und Drucksteifigkeit des Wagenkastens bestimmt. Die Festlegung des Tunnelquerschnitts, der Komfortanforderungen und der Fahrzeugeigenschaften sind daher aufeinander abzustimmen. Siehe auch 5.6.3 und 6.1.4.3.4.

Der maximale Druckunterschied (innen/ außen) darf nicht mehr als 5.500 Pa betragen (Grenzwert).

Der Höchstwert des bei Tunnelfahrt auftretenden Druckunterschieds (innen/ außen) ist projektspezifisch zu bestimmen.

Die Druckeinwirkung bei Zugbegegnung außerhalb von Tunneln zeigt Abbildung 12.

Die Druckeinwirkung auf stationäre Einrichtungen längs des Fahrwegs außerhalb von Tunneln bei Vorbeifahrt eines Fahrzeugs zeigt ebenfalls Abbildung 12.

6.1.2 Antrieb und Energieversorgung

Das Teilsystem Antrieb und Energieversorgung muss andere Teilsysteme des MSB-Systems mit der notwendigen Energie versorgen und MSB-Fahrzeuge entsprechend den Vorgaben der Betriebsleittechnik bewegen.

Das Teilsystem Antrieb und Energieversorgung muss folgende Schnittstellen zu anderen Teilsystemen beachten:

- Fahrweg (Stator des synchronen Langstatormotors, Spurwechseleinrichtungen, Referenzorte),
- MSB-Fahrzeuge (Tragmagnet als Erregereinrichtung des synchronen Langstatormotors, absolute und relative Ortsinformation, externe Bordenergieversorgung),
- Betriebsleittechnik (Fahrvorgaben, sichere Antriebsabschaltung),
- Weitere Komponenten des MSB-Systems (Hilfsenergieversorgung).

6.1.2.1 Struktur

Ortsbezogen muss das Teilsystem Antrieb und Energieversorgung aus folgenden Komponenten bestehen:

- Zentrale Einrichtungen zum **Bedienen und Beobachten** und zur **Diagnose**,
- **Energieversorgung** (Struktur Abbildung 13) mit
 - **Einrichtungen in Unterwerken** zur Hilfs- und Traktionsenergieversorgung, ggf. auch zur externen Bordenergieeinspeisung und
 - **Streckenseitigen Einrichtungen** zur Hilfsenergieversorgung der streckenseitigen Einrichtungen des MSB-Systems und ggf. der externen Bordenergieversorgung,
- **Antrieb** (Abbildung 14) mit
 - **Einrichtungen in Unterwerken** zur Umformung der elektrischen Energie und zur Regelung / Steuerung und
 - **Antriebsstrecken** entlang des Fahrweges zur Verteilung der elektrischen Energie entlang des Fahrweges und zur Steuerung, bestehend aus Streckenkabeln, Schaltstellen und Statorabschnitten.

6.1.2.2 Funktionen

An zentralen **Bedienplätzen** muss der Zustand des gesamten Teilsystems beobachtet werden können und durch den Bediener die notwendigen Bedienhandlungen vorgenommen werden können. Im ungestörten Fahrplanbetrieb darf keine manuelle Bedienhandlung notwendig sein.

Die **Energieversorgung** muss die Teilfunktionen Energieanpassung und -verteilung, Hilfsenergieversorgung, externe Bordenergieeinspeisung, Traktionsenergieversorgung, Blindleistungskompensation und Steuerung Energieversorgung beinhalten.

Die **Energieanpassung und -verteilung** muss -sofern notwendig- die an der Schnittstelle zum öffentlichen Netz zur Verfügung gestellte Spannungsebene an die antriebsintern

verwendete Netzausführung anpassen und diese an die nachfolgend beschriebenen Funktionseinheiten der Energieversorgung verteilen.

Die **Hilfsenergieversorgung** muss die Antriebsregelung / -steuerung, die Betriebsleittechnik, die Weichen und ggf. weitere Komponenten des MSB-Systems mit der jeweils erforderlichen Energie versorgen. Für ausgewählte Komponenten ist die Energieversorgung unterbrechungsfrei bereitzustellen.

Die **externe Bordenergieeinspeisung** muss die Energie entsprechend dem Leistungsbedarf der MSB-Fahrzeuge an festzulegenden Orten zur Verfügung stellen. Sie muss die Energie entsprechend der Ausführung der externen Bordenergieversorgung umformen und den fahrwegseitigen Komponenten zuführen.

Die **Traktionsenergieversorgung** muss dem Antrieb die zur Traktion benötigte Energie zuführen.

Sofern notwendig muss die **Blindleistungskompensation** für die Einhaltung der geforderten Anschlussbedingungen an der Schnittstelle zum öffentlichen Energieversorgungsnetz sorgen.

Die **Steuerung Energieversorgung** muss alle Energieversorgungseinrichtungen überwachen und im Fehlerfall Schutzreaktionen und sofern notwendig automatische Redundanzumschaltungen auslösen. Des Weiteren muss sie die am Bedienplatz eingegebenen Schalthandlungen auf Plausibilität mit den vorhandenen Verriegelungsbedingungen prüfen und die erforderlichen Schalthandlungen einleiten.

Der **Antrieb** muss die folgenden Teilfunktionen gemäß Abbildung 15 beinhalten:

Die Umrichter müssen die bereitgestellte Energie entsprechend dem Fahrzeugort, der Fahrzeuggeschwindigkeit und der geforderten Beschleunigung umformen.

Die Umrichter müssen so ausgeführt werden können, dass die Bremsenergie ins öffentliche Netz zurückgespeist werden kann.

Die Strecke ist in **Antriebsbereiche** aufzuteilen, innerhalb derer ein MSB-Fahrzeug nach Vorgabe der Betriebsleittechnik angetrieben werden kann.

Die Komponenten der Antriebsstrecke sind zu einem bestimmten Zeitpunkt jeweils einem Antriebsbereich zugeordnet.

In der Regel stimmen die Antriebsbereiche mit den Sicherungsbereichen der Betriebsleittechnik überein.

Innerhalb der Antriebsbereiche ist die elektrische Traktionsleistung in synchronen Langstatormotoren in mechanische Leistung umzuwandeln.

Die Erregung wird durch die im MSB-Fahrzeug befindlichen Tragmagnete erzeugt.

Die **Antriebsregelung / -steuerung** muss alle Vorgänge, die antriebsbereichsweit und übergreifend sind, koordinieren:

- Bildung und Auflösung von Antriebseinheiten und Synchronisierung benachbarter Antriebseinheiten bis zur Übergabe der Fahrzeugführung von einer Antriebseinheit zur nächsten,
- Koordinierung des Einsatzes der Umrichter, Statorabschnitte und Redundanzen,
- Steuerung der Betriebsarten für alle Antriebseinrichtungen in Abhängigkeit ihrer Zustände und der aktuellen Vorgaben der Betriebsleittechnik.

Die **Fahrzeugführung** muss ein MSB-Fahrzeug gemäß dem von der BLT vorgegebenen Fahrprofil unter Berücksichtigung der Komfortbedingungen über eine Antriebsstrecke führen. Dazu sind vorzusehen:

- Kommunikation mit der Betriebsleittechnik zum Empfang der Vorgaben für Zielort, Fahrtrichtung und Geschwindigkeit,
- Kommunikation mit dem MSB-Fahrzeug zum Empfang der relativen und absoluten Ortsinformation,
- Berechnung von Zielbremskurven,
- Weg- und Geschwindigkeitsregelung,
- Phasenregelung (Ermittlung der relativen Fahrzeuglage zum Langstator).

Die **Streckensteuerung** muss in Abhängigkeit von Statorabschnittsverfahren, Fahrzeugort und -geschwindigkeit die Steuerung und Überwachung der verschiedenen Schaltanlagen der Antriebsstrecke koordinieren, mit folgenden Funktionen:

- Erzeugung von Steuersignalen für das Ein- und Ausschalten der Statorabschnitts- und Streckenschalter,
- Überwachung der Schaltermeldungen,
- Streckenkabel- und Langstatorschutz.

Die **Stromregelung** muss den Statorstrom nach Frequenz, Betrag und Phasenlage regeln, mit:

- Ermittlung der vom MSB-Fahrzeug in den Langstator induzierten Polradspannung,
- Umsetzung der Vorgaben von Fahrzeugführung und Antriebssteuerung in Stellgrößen für die Umrichterregelung / -steuerung.

Die **Umrichterregelung / -steuerung** muss alle Komponenten eines Umrichters entsprechend der Vorgaben der Stromregelung und Antriebssteuerung steuern und regeln, mit:

- Istwerterfassung auf Netz- und Motorseite und im Umrichterleistungsteil,
- Steuerung und Überwachung des Umrichterleistungsteils,
- Steuerung und Überwachung der zugeordneten peripheren Komponenten wie Schaltanlagen, Transformatoren und Kühlanlage.

6.1.2.3 Konfigurationsparameter

Aus systemspezifischen, projektspezifischen oder betrieblichen Anforderungen sind die folgenden Randbedingungen bzw. Parameter für die Konfiguration des Antriebs abzuleiten:

Allgemein:

- Die gesamte Strecke muss entsprechend der betrieblichen Anforderungen in Antriebsbereiche aufgeteilt werden.
- Verzweigungen dürfen innerhalb oder am Rande eines Antriebsbereichs angeordnet sein.

- Zur Erreichung der Verfügbarkeitsanforderungen sind die Statorabschnitte an den beiden Fahrwegseiten voneinander unabhängigen Motorsystemen zuzuordnen und im Regelfall räumlich gegeneinander zu versetzen.

Schnittstelle zur Betriebsleittechnik (Antriebsabschaltung):

- Der Antrieb muss Abschaltvorrichtungen für die sichere Abschaltung des Antriebs bereitstellen.

Die Auslösung der sicheren Antriebsabschaltung erfolgt durch die BLT.

- Der Antrieb sollte sicherstellen, dass im Falle einer Antriebsabschaltung in einem Antriebsbereich die Rückwirkung auf andere Antriebsbereiche auf einen Redundanzverlust oder auf eine Leistungsreduktion beschränkt bleibt.

Betrieb:

- Projektspezifisch festgelegte Ausfallkombinationen des Antriebs müssen bei der Auslegung der Halteplätze Berücksichtigung finden.

Motor Kenngrößen:

Folgende Motor Kenngrößen sind projektspezifisch festzulegen:

- Ohmscher Widerstandsbelag,
- Induktivitätsbelag,
- Kapazitätsbelag,
- Motorkonstante,
- Haupt- und Streuinduktivität,
- Maximal zulässige Leitertemperatur und Temperaturverhalten,
- Polradspannung.

Motor Kenndaten siehe Kap. 9, Anhang: Nr. 8.

Die Eigenschaften der Schutzvorrichtungen und der Langstatorwicklung müssen zur Erzielung einer zuverlässigen Schutzfunktion aufeinander abgestimmt werden.

Folgende Maßnahmen zur Reduzierung des Anschlussfahrweges sind bei Bedarf vorzusehen:

- Teilweise Bewicklung einer oder mehrerer Statorabschnitte mit daraus resultierender Änderung der Motordaten,
- Zeitweise oder feste Verschaltung eines oder mehrerer Statorabschnitte oder Teile von Statorabschnitten beidseitig im Sternpunkt (Kurzschluss).

6.1.3 Betriebsleittechnik

§ 15, (3) und § 15, (4) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden. Diese Anforderungen müssen gemäß /MSB AG-BLT/ ausgeführt werden.

6.1.3.1 Struktur

Die Betriebsleittechnik muss die Komponenten und Funktionen zur Sicherung, Überwachung und Steuerung des Fahrbetriebs umfassen.

Die Betriebsleittechnik muss die Teilsysteme der Magnetschnellbahn funktional zu einem betriebsbereiten Gesamtsystem verbinden.

Die benachbarten Teilsysteme und operativen Ebenen der BLT sind (siehe Abbildung 16):

- *Fahrdienstleitung,*
- *Fahrweg und Stationen (einschl. Spurwechseinrichtungen und Referenzorten für die Ortung),*
- *Fahrzeug (alle MSB-Fahrzeuge und projektabhängig technisch gesicherte Sonderfahrzeuge),*
- *Antrieb und Energieversorgung (Unterwerke mit Antriebseinheiten),*
- *Instandhaltung.*

Die Komponenten der Betriebsleittechnik können mobil (z.B. Sicherungsrechner für ein Fahrzeug) oder ortsfest (z.B. Sicherungsrechner für einen Fahrwegbereich) sein.

Die ortsfesten Komponenten können sich weiter in zentrale Komponenten und in dezentrale Komponenten unterteilen.

Die Konfiguration muss im Rahmen der Projektierung nach den Vorgaben des Betreibers erfolgen.

6.1.3.2 Funktionen

Die Betriebsleittechnik muss folgende Funktionen beinhalten:

- Fahrablaufsteuerung,
- Fahrwegsicherung,
- Fahrprofilüberwachung,
- Fahrzeugsicherung,
- Antriebsabschaltung,
- Sichere Ortung,
- Datenübertragung.

Die **Fahrablaufsteuerungsfunktion** muss folgende Teilfunktionen beinhalten:

- die Bedien- und Anzeigefunktion (Anzeige des aktuellen Zustands des Fahrweges und aller der BLT bekannten Fahrzeuge, Bearbeitung der Bedieneingaben),
- Generierung von Fahrtvorgaben (aus Bedienhandlungen und automatisch aus Fahrplänen),
- Fahrwegeinstellung (Einstellen von beweglichen Fahrwegelementen),
- Generierung und Übertragung von Steuerungsdaten für Fahrzeuge.

Die **Fahrzeugsicherung** muss den Zustand der Fahrzeuge überwachen und steuern. Dazu muss sie beim MSB-Fahrzeug z. B. das Anheben, das Absetzen, die Überwachung der Funktion Bordenergieversorgung und die Ansteuerung der Sicheren Bremse über die Fahrzeugsteuerung abwickeln.

Die **Fahrwegsicherung** muss das Stellen und Überwachen von Fahrstraßen entsprechend den Fahrwegparametern einschließlich der beweglichen Fahrwegelemente realisieren. Die Besetzungsverfolgung und die Fahrstraßenauflösung müssen die Informationen über die Fahrzeugbewegungen berücksichtigen.

Die **Sichere Ortung** muss auf der Basis der festgelegten Referenzorte und den darauf bezogenen Relativort den aktuellen Ort und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ermitteln. Diese Informationen muss die Sichere Ortung der Fahrprofilüberwachung zur Verfügung stellen (siehe auch Kapitel 6.2.2).

Die **Fahrprofilüberwachung** muss das zulässige Fahrprofil aus Fahrzeug- und Fahrwegdaten berechnen. Die Fahrprofilüberwachung muss dieses Profil mittels der sicheren Ortungsinformation des Fahrzeugs überwachen. Die Fahrprofilüberwachung muss eine Verletzung des Profils der Antriebsabschaltung und der Fahrzeugsicherung melden.

Die **Antriebsabschaltung** muss den Antrieb derart abschalten, dass die Wirkung der Sicheren Bremse vom Antrieb nicht unzulässig beeinflusst wird.

Bei Verletzung des Maximalfahrprofils muss zusätzlich die sichere Fahrzeugbremse auslöst werden.

Bei Verletzung des Minimalfahrprofils erfolgt nach der Antriebsabschaltung das antriebslose Ausschweben.

Die **Datenübertragung** muss den Austausch folgender Daten/Informationen zwischen den Teilsystemen der Magnetschnellbahn und innerhalb der Betriebsleittechnik gewährleisten:

- Sicherungsdaten,
- Antriebsdaten,
- Diagnosedaten,
- Fahrgastnotruf,
- Brandmeldung,
- Betriebliche Sprachübertragung.

6.1.3.3 Konfigurationsparameter

Aus systemspezifischen, projektspezifischen oder betrieblichen Anforderungen müssen mindestens die folgenden Randbedingungen bzw. Parameter für die Konfiguration der Betriebsleittechnik abgeleitet werden:

- Die gesamte Strecke muss ausgehend von betrieblichen Anforderungen und der Antriebsauslegung in Sicherungsbereiche aufgeteilt werden.
- Fahrwegparameter:
 - Spurplan (Elementverkettung),
 - Gefahrenpunkte,
 - Spurwechseleinrichtungen,
 - Fahrweglängsneigung,
 - Ortungsgenauigkeit ggf. ortsbezogen (Lage der Referenzorte),
 - Halteplätze (Lage, Länge, Zielpunkte, Türfreigabe für MSB-Fahrzeuge),
 - Zwangshalt zum Halteplatz oder als Soforthalt,
 - Ortsbezogene Grenzgeschwindigkeiten,
 - Ortsbezogene Antriebskonfiguration,
 - Ortsbezogene fehlerhafte Antriebsbeschleunigung,
 - Ortsbezogene zulässige Überlagerung von Antrieb und Sicherer Bremse.
- Fahrzeugparameter:
 - Kennlinien für Sichere Bremse und antriebsloses Schweben von MSB-Fahrzeugen,
 - fahrzeugbezogene Grenzgeschwindigkeiten,
 - Fahrzeuglänge,
 - Absetzgeschwindigkeit von MSB-Fahrzeugen.
- Sonstige Parameter, sofern diese betriebsleittechnisch zu steuern sind:
 - Bereiche mit externer Bordenergieversorgung,
 - Bahnsteigtürfreigabe.

6.1.4 Fahrweg

6.1.4.1 Struktur

§ 12, (1), § 12, (2) und § 12, (3) und § 14 /MbBO/ müssen berücksichtigt werden.

Der Fahrweg gehört zu den Betriebsanlagen und untergliedert sich in:

- Fahrwegüberbauten,
- Fahrwegunterbauten,
- Spurwechseleinrichtungen,
- Sonderbauwerke,
- Streckenperipherie,
- Fahrwegausrüstung.

Die in Abbildung 22 definierten Grenzlinien und Freiräume sollten eingehalten werden, dürfen jedoch bauartabhängig und nach projektspezifischer Prüfung angepasst werden.

Die Instandhaltung des Fahrweges sollte vom Fahrwegträger aus erfolgen. Insbesondere bei der Instandsetzung von Fahrwegunterbauten kann davon abgewichen werden.

Fahrwegträger und Ausrüstungskomponenten dürfen in einem Anwendungsprojekt erst nach einer Qualifikation betrieben werden.

Vor dem Einsatz als Regelbauart in einem Anwendungsprojekt müssen Fahrwegträger und Ausrüstungskomponenten darüber hinaus unter möglichst anwendungsnahen Randbedingungen erprobt worden sein.

Die Rückwirkungen der einzelnen Baugruppen des Fahrweges aufeinander insbesondere unter der dynamischen Lasteinwirkung von Fahrzeugen und den Einwirkungen aus der Umwelt sind bauartspezifisch zu berücksichtigen.

Die Baugruppen des Fahrweges müssen projektspezifisch in einem Bauwerksverzeichnis eindeutig definiert werden.

Das Bauwerksverzeichnis muss wenigstens folgende Informationen beinhalten:

- Trassierungsparameter (Raumstationierung, Querneigung, Längsneigung, Horizontalradius, Vertikalradius, Fahrwegkoordinaten, Fahrweghöhe, Geländehöhe),
- Stütznummer,
- Trägernummer und -länge,
- Sonderbauwerke,
- Längslaufende und querende Infrastruktur (incl. Durchfahrtshöhen),
- Statorpaketanordnung (mit Angabe der Spalte),
- Lage und Kodierung der Lagereferenzleisten,

- Bereiche mit externer Bordenergieversorgung,
- Halteplätze,
- Lage und Anordnung der Motorwicklung in Bezug auf die Statorpaketanordnung,
- Kabelaufführungen an den Unterbauten.

Weitere Anforderungen an den Fahrweg sind in der Ausführungsgrundlage Fahrweg Teil I bis VI definiert.

Die darin definierten Anforderungen beziehen sich auf alle Baugruppen, die direkt am Fahrweg bzw. im unmittelbaren Trassenumfeld angeordnet sind.

6.1.4.2 Funktionen

Die aus Betrieb und Umwelt resultierenden und auf den Fahrweg wirkenden Lasten müssen projektspezifisch definiert werden.

Der Fahrweg muss diese Lasten aufnehmen und in den Baugrund einleiten.

Die aus Antrieb und Fahrzeug resultierenden Lasten werden über die Funktionsebenen des Fahrwegträgers in den Fahrweg eingeleitet.

Die Konstruktionen des Fahrwegs und seiner Anbauteile sollten fehlertolerant, fehleroffenbarend und / oder redundant ausgebildet werden.

Die Fahrwegträger müssen die fahrwegseitigen Baugruppen der MSB-spezifischen Fahrwegausrüstung aufnehmen.

Die Konstruktionen sind so auszulegen, dass die Funktionsebenen unter gleichzeitigem Einfluss des Fahrwegeigengewichtes und der Lasten aus dem Betrieb und der Umwelt höchstens Abweichungen von den Vorgaben der Raumkurve gemäß /MSB-FW GEO/ und /MSB-FW BEM/ aufweisen.

6.1.4.3 Konfigurationsparameter

6.1.4.3.1 Fahrwegüberbauten

Die Fahrwegüberbauten bilden die Fahrspuren des Fahrweges.

Die Fahrwegüberbauten müssen die Fahrwegausrüstung (gemäß Kap. 6.1.4.3.6) aufnehmen.

Die Fahrwegüberbauten müssen die einwirkenden Lasten (ggf. über die Lager) in die Fahrwegunterbauten ableiten.

Bei der Planung von MSB-Strecken sollte mit folgenden Regelfahrweg-Typen gearbeitet werden, projektspezifisch kann davon abgewichen werden:

- Fahrwegtyp I: Ein- /Mehrfeldträger mit Systemlängen von > 16 m (Richtwert: 24,768 m),
- Fahrwegtyp II: Ein- /Mehrfeldträger mit Systemlängen von ≤ 16 m (Richtwert: 12,384 m),
- Fahrwegtyp III: Mehrfeldplatten mit Systemlängen von z.B. 6 m (Richtwert: 6,192 m).

Die Fahrwegtypen I und II sind in der Regel diskret auf Stützen mit Einzelfundamenten gelagert. Die Auflagerungskräfte des Fahrwegtyps III werden in der Regel über Streifenfundamente in den Baugrund weitergeleitet.

Die Festlegung des jeweiligen Fahrweg-Typs und der Systemlängen muss projektspezifisch erfolgen.

Abweichend von den o.g. Richtwerten der Systemlängen können Träger mit gekürzter Systemlänge zum Einsatz kommen:

Zur Kompensation der radialen Verschiebung der Systemachsen beim Doppelspurfahrweg oder an Trassierungszwangspunkten können auf der bogeninnen liegenden Spur Fahrwegüberbauten eingesetzt werden, deren Systemlänge im Raster von 86 mm um bis zu 4*86 mm gekürzt werden kann.

Bei größeren Systemlängen (ca. > 31 m) müssen entweder Sonderträger oder Primärtragwerke mit aufgesetztem Regelfahrweg verwendet werden.

Für die Fahrwegüberbauten sind u. a. folgende „Bauweisen“ anwendbar:

- *Betonträger/ -platte mit integrierten (Beton-) Kragarmen,*
- *Stahlträger/ -platte mit integrierten (Stahl-) Kragarmen,*
- *Hybridträger /-platte als Betonträger/ -platten mit daran befestigten Modulen aus Stahl zur Aufnahme der Fahrwegausrüstung,*
- *Betonplatte auf Stahlträger oder Stahlplatte auf Betonträger.*

Nach der Lage der Gradienten zur Geländeoberkante (Fahrweghöhe) wird zwischen ebenerdigen und aufgeständerten Fahrwegen unterschieden.

Aufgeständerter Fahrweg

Fahrwege mit einer Fahrweghöhe zwischen 3,5 m und 20 m (in Sonderfällen > 20 m) werden als aufgeständerte Fahrwege bezeichnet.

Der aufgeständerte Fahrweg (siehe Abbildung 19) wird in der Regel in Trägerbauweise mit diskreten Unterbauten erstellt als:

- *Einfeldträger mit einseitigem Festlager,*
- *Zweifeldträger mit Festlager auf der Mittelstütze.*

Ebenerdiger Fahrweg

Fahrwege mit einer Fahrweghöhe von bis zu 3,5 m (minimale Höhe in Sonderfällen: 1,25 m) werden als ebenerdige Fahrwege bezeichnet.

Der ebenerdige Fahrweg kann in folgenden Bauweisen erstellt werden:

- *in Plattenbauweise mit kontinuierlichen Unterbauten (siehe Abbildung 20),*
- *Trägerbauweise mit diskreten Unterbauten entsprechend dem aufgeständerten Fahrweg.*

6.1.4.3.2 Fahrwegunterbauten

Die Fahrwegunterbauten müssen

- die aus den Fahrwegüberbauten einwirkenden Lasten in den Untergrund übertragen und
- die Befestigung von Zuleitungen der Fahrwegausrüstung ermöglichen.

Die Fahrwegunterbauten umfassen

- Fahrweggründung,
- Fahrwegstützen,
- sonstige Fahrwegunterbauten (einschließlich Masse-Feder System).

Die Abweichungen der Fahrweg - Stützorte in x-Richtung infolge elastischer Verformung der Unterbauten müssen auf folgende Werte begrenzt werden:

- 10 mm durch veränderliche Einwirkungen,
- 20 mm durch aussergewöhnliche Einwirkungen.

6.1.4.3.3 Spurwechseleinrichtungen

Die Forderung der /MbBO/, § 12, (2) muss beachtet werden.

Spurwechseleinrichtungen müssen den MSB-Fahrzeugen und den Sonderfahrzeugen den Wechsel von einer Fahrspur auf eine andere Fahrspur ermöglichen.

Generell wird zwischen Spurwechseleinrichtungen die keine Fahrtunterbrechung erfordern (Weichen) (siehe Abbildung 25) und Spurwechseleinrichtungen, die eine Fahrtunterbrechung erfordern (Schwenk- und Schiebebühnen) unterschieden.

Spurwechseleinrichtungen müssen mit Einrichtungen versehen sein, die die jeweilig erreichte Endlage nach dem Verstellvorgang verriegeln und gegen Verstellen zur Unzeit sichern.

Die Endlage und die Verriegelung der Endlage werden sicherungstechnisch durch die BLT überwacht.

Die Endlage der Spurwechseleinrichtung muss unabhängig von Ausfällen der Steuerung, Überwachung oder Energieversorgung beibehalten werden.

Der Ausfall einer einzelnen elektrischen, elektronischen oder elektromechanischen Baugruppe in Stell- und Verriegelungseinrichtungen, Steuerung, Überwachung bzw. Stromversorgung muss ohne Auswirkung auf die Verstellfunktion bleiben.

Die Verstellung der Spurwechseleinrichtung darf ausschließlich

- auf Veranlassung der BLT oder
- durch gesonderte Betriebsvorschrift geregelt, in Personalverantwortung erfolgen.

Die folgenden Randbedingungen sind projektspezifisch festzulegen:

- Verstellhäufigkeiten,
- erforderliche Verstellzeiten,
- MTBF und
- erforderliche elektrische Leistung.

6.1.4.3.4 Sonderbauwerke

Tunnel

Planung und Ausführung müssen projektspezifisch erfolgen.

Die Tunnel müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Aufnahme des Fahrweges,
- Aufnahme der Streckenperipherie,
- Anforderungen gemäß projektspezifischem Sicherheitskonzept,
- Einhaltung der definierten Freiräume und Grenzlinien.

Der Tunnel muss so ausgeführt werden, dass die Druckbeanspruchung des MSB-Fahrzeugs gemäß Kapitel 6.1.1.3.3 nicht überschritten wird.

Der Tunnel sollte so ausgeführt werden, dass die projektspezifisch zu definierenden auf den Passagier im Innenraum des MSB-Fahrzeugs wirkenden Druckänderungen gemäß Kap. 5.6.3 nicht überschritten werden.

Bei der Ausführung des gesamten Tunnelbauwerkes müssen projektspezifisch berücksichtigt werden:

- die Tunnellänge, die Anzahl der Spuren und die Fahrzeuglänge,
- über den Lichtraum hinausgehende räumliche Anforderungen (z.B. Streckenperipherie),
- Erschütterungseinleitungen,
- Tunnelknalleffekte,
- Abwärmeemissionen (z.B. Kabel),
- ggf. vorhandene Abgasemissionen von Sonderfahrzeugen.

Darüber hinaus müssen der Planung und dem Bau des gesamten Tunnelbauwerkes die einschlägigen Vorschriften für Tunnelbauten zu Grunde gelegt werden.

Die Einhaltung der geometrischen Anforderungen an den Fahrweg muss für den Übergang zwischen dem auf der Tunnelsohle ruhenden und dem angrenzenden, direkt auf dem Baugrund gegründeten Fahrweg gesondert nachgewiesen werden.

Primärtragwerke

Planung und Ausführung müssen projektspezifisch erfolgen.

Die Einhaltung der geometrischen Anforderungen an den Fahrweg ist für den Übergang zwischen dem auf dem Primärtragwerk ruhenden und dem angrenzenden, direkt auf dem Baugrund gegründeten Fahrweg gesondert nachgewiesen werden. Ggf. muss eine Übergangskonstruktion vorgesehen werden.

Der Langstator in der Übergangskonstruktion sollte ohne Antriebsfunktion ausgeführt werden.

Für den Bereich der Übergangskonstruktion muss die Funktion Ortung gesondert nachgewiesen werden.

6.1.4.3.5 Streckenperipherie

Die Streckenperipherie umfasst folgende Baugruppen:

- funktional erforderliche kleinere bauliche Anlagen, die im näheren Umfeld der Fahrwegtrasse benötigt werden (z.B. Funkmasten, Schaltstellen),
- projektspezifisch, örtlich erforderliche, bauliche Anlagen, mit trassennaher Anordnung (z.B. Schallschutzwand, Sichtschutz).

Eine unzulässige Rückwirkung von Bauten der Streckenperipherie auf das System muss ausgeschlossen werden.

Planung und Ausführung müssen projektspezifisch erfolgen.

6.1.4.3.6 Fahrwegausrüstung

Die Fahrwegausrüstung untergliedert sich in:

- die MSB-spezifische Fahrwegausrüstung (inklusive der jeweiligen Befestigungen) mit
 - Langstator mit Statorpaket und Langstatorwicklung,
 - Gleitleiste,
 - Seitenführschiene,
 - fahrwegseitige Baugruppen der Ortung,
 - fahrwegseitige Baugruppen der externe Bordenergieversorgung,
- die bauartspezifische Fahrwegausrüstung mit
 - Trägerlagerung,
 - Trägerspaltabdeckungen,
 - Erdung und Blitzschutz,
- und sonstige Anbauten mit
 - temporären und/ oder projektspezifischen Anbauten jeweils inkl. der Befestigung und
 - Vorrichtungen zur Instandhaltung am Fahrweg.

Statorpaket

Die Statorpakete bilden mit Ihrer Unterseite die Statorebene und müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Führung des durch die Tragsmagnete erzeugten magnetischen Flusses mit Aufnahme und Weiterleitung der durch den magnetischen Fluss erzeugten Kräfte (Tragkräfte),
- Aufnahme und Weiterleitung der Beschleunigungs- und Bremskräfte aus der Motorwicklung (Antriebskräfte),
- Bildung der Referenzfläche (Statorebene) zur Messung des Luftspaltes zwischen Statorpaket und Tragsmagnet,

- Bildung der Referenzfläche zur Fahrweginspektion,
- Bildung der Zahn-Nut-Folge zur Ortung,
- Bildung der Zahn-Nut-Geometrie für Flussmodulation zur induktiven Energieübertragung in das MSB-Fahrzeug (Bordenergieversorgung).

Die Blechqualität sollte M 800-50 A gemäß /EN 10106/ erfüllen, nach funktionaler Prüfung können projektspezifisch abweichende Festlegungen getroffen werden.

Die Zahn-Nut Geometrie muss das Systemraster von 86 mm einhalten.

Die Statorpaketeilung muss 1032 mm, bezogen auf die Raumkurve, betragen.

Die in /MSB AG-FW GEO/ definierten Maße für Versätze, Spalte und das Neigungsänderungskriterium der Statorebene müssen im montierten unbelasteten Zustand bei Referenztemperatur eingehalten werden.

Langstatorwicklung

Über die Befestigung der Langstatorwicklung in den Nuten des Statorpaketes muss die Weiterleitung der Schubkräfte aus dem Antrieb und der sonstigen Kräfte (z.B. Eigengewicht, aus dynamischer Anregung) in die Statorpakete erfolgen.

Die Langstatorwicklung muss als 3-phasige Wicklung ausgeführt werden (siehe Abbildung 24 und Abbildung 5).

Die Nennlänge einer Wicklungsperiode muss 516 mm, entsprechend der Wellenlänge des magnetischen Wanderfeldes (6 Zahn/Nut-Perioden), betragen.

Der Richtwert für die Kabellänge eines einzelnen Leiters beträgt 2,35m je laufendem Meter Fahrweg.

Folgende Anforderungen müssen eingehalten werden:

- Die elektrischen Daten und Eigenschaften der Motorwicklung gemäß Kap. 6.1.2 Antrieb,
- die Anforderungen an den Langstatorschutz gemäß /MSB AG-ANT/ ,
- Anschluß der Wicklungserdung an die Erdung der Fahrweges gemäß /MSB AG-FW ÜBG/,
- der Anschluss der Motorwicklung muss an geeigneten Stellen (z.B. im Bereich von Stützen) unter Beachtung der Freiräume gemäß Abbildung 22 und der /MSB AG-FW ÜBG/ ausgeführt werden,
- bei der Verlegung der Motorwicklung sind temperatur- und lastbedingte min. und max. Spalte in der Statorebene zu berücksichtigen.

Die Motorabschnittsenden sollten an Fahrwegträgerenden gelegt werden.

Gleitleisten / Gleitebene

Die Gleitebene kann integrierter Bestandteil des Fahrwegträgers sein oder als Gleitleiste ausgeführt werden.

Die Gleitebene muss folgende Anforderungen erfüllen:

- die aus Sonderfahrzeugen eingeleiteten Einwirkungen unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus der Umwelt aufnehmen,
- die entstehenden statischen und dynamischen Kräfte unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus der Umwelt an der Schnittstelle Tragkufe und Gleitebene berücksichtigen,
- eine max. Längskraft von 250 kN je MSB-Fahrzeugsektion aufnehmen und in den Fahrwegträger weiterleiten,
- die aus Haftreibung resultierende Längskraft zwischen der Gleitkufe des MSB-Fahrzeugs und der Gleitebene des Fahrwegs muss bei den projektspezifisch festzulegenden Umweltbedingungen und Längsneigungen in Bereichen, in denen Fahrzeuge gegen unbeabsichtigte Bewegungen zu sichern sind, größer sein als die anteilige Hangabtriebskraft und die Windkraft in x-Richtung (s. Kap. 5.1.2.1),
- die /MSB AG-FW GEO/ definierten Maße für Versätze, Spalte und das Neigungsänderungskriterium der Gleitleiste im montierten unbelasteten Zustand bei Referenztemperatur einhalten,
- die definierten min. und max. Werte der Spalte und Versätze unter Verkehrslast einhalten, sowohl in der Planungsphase, als auch nach Fertigstellung des Fahrweges mit projektspezifischem Nachweis,
- in äquidistanten Abstand parallel zur Raumkurve ausgeführt werden.

Die Gleitleisten sollten trägerlang ausgeführt werden.

Seitenführschiene / Seitenführebene

Die Seitenführschiene bilden mit ihrer Oberfläche die Seitenführebene und müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- die Anforderungen einer Reaktionsschiene für die Führungsmagnete und den Bremsmagneten erfüllen,
- alle statischen und dynamischen Einwirkungen an der Schnittstelle Führungsmagnet/ Seitenführebene und Bremsmagnet/ Seitenführebene aus Betrieb und Umwelt aufnehmen,
- die aus Sonderfahrzeugen eingeleiteten Einwirkungen aufnehmen,
- müssen die in /MSB AG-FW GEO/ definierten Maße für Versätze, Spalte und das Neigungsänderungskriterium der Seitenführebene im montierten unbelasteten Zustand bei Referenztemperatur einhalten.

Die Seitenführschiene sollten trägerlang und in äquidistantem Abstand zur Raumkurve ausgeführt werden.

Die Seitenführschiene sollten aus Sonderstahl mit einer gegenüber S235 (ST37-2) um den Faktor 3 reduzierten elektrischen Leitfähigkeit oder einem gleichwertigen Material gefertigt werden. Für eine hiervon abweichende Materialwahl ist in der Systemauslegung eine Veränderung von Bremseigenschaften und Fahrwiderstand zu berücksichtigen.

Fahrwegseitige Baugruppen der Bordenergieversorgung von MSB-Fahrzeugen

Die fahrwegseitige Baugruppen der Bordenergieversorgung dienen der elektrischen Energieübertragung zu den fahrzeugseitigen Baugruppen der externen Bordenergieversorgung im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und sind projektspezifisch festzulegen .

Fahrwegseitige Baugruppen der Ortung

Die fahrwegseitige Baugruppen der Ortung dienen als Referenzorte. Anforderungen an die Anordnung entlang des Fahrweges sind projektspezifisch zu definieren.

Trägerlagerung

Die Trägerlagerung muss eine Justierbarkeit zur Kompensation plastischer Baugrundverformungen ermöglichen.

Die Trägerlagerung muss die Ableitung aller Kräfte aus den Fahrwegträgern sicherstellen.

Trägerspaltabdeckungen

Trägerspalte zwischen aufeinanderfolgenden Fahrwegträgern müssen geschlossen werden, wenn sie

- größer als 20 mm werden können und
- in Streckenabschnitten mit einer Streckenhöchstgeschwindigkeit oberhalb 150km/h liegen.

Erdung und Blitzschutz

Zum Schutz von Personen und gegen die Auswirkungen elektrostatischer Aufladungen sowie im Hinblick auf die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) müssen die elektrischen Einwirkungen aus

- Blitzeinschlägen,
- Potentialunterschieden und
- Erd- und Fehlerströmen

des Fahrzeugs und aller Baugruppen des Fahrweges bei der Bemessung einer Erdungs- und Blitzschutzanlage des Fahrweges berücksichtigt werden.

Hierzu muss ein projektspezifisches Erdungs- und Blitzschutzkonzept erstellt werden.

Sonstige Anbauten

Sonstige Anbauten am Fahrweg (bedingt z.B. durch Qualifikation neuer Baugruppen, Messungen oder projektspezifische Anforderungen) müssen so beschaffen sein, dass sie

- unter den projektspezifischen Umweltbedingungen allen für sie spezifizierten Beanspruchungen zuverlässig während der projektspezifisch festgelegten Nutzungsdauer standhalten und
- keine ungewollten Rückwirkungen auf das System zur Folge haben.

6.1.4.3.7 Grenzl原因en und Maße für feste Einbauten und Fahrzeuge

Folgende Grenzl原因en sind bei der Konstruktion der Baugruppen des Fahrweges einzuhalten:

- Begrenzungsl原因e für den kinematischen Raumbedarf des Fahrzeuges,
- Umgrenzung für Instandhaltungsanlagen (z.B. Waschanlage),
- Grenzl原因e für feste Anlagen,
- Grenzl原因en für Bahnsteige und Bahnsteigtüren.

Die Lage der einzelnen Elemente der Fahrwegausr原因ung in Bezug zur Raumkurve, sowie die für die Ausr原因ungen zur Verfügung stehenden Einbauräume sind in Abbildung 22 dargestellt.

Der zwischen den Einbauräumen und Grenzl原因en zur Verfügung stehende Raum kann für lokale Zu- und Ableitungen und als Montageraum genutzt werden. Um Mehrfachbelegungen dieses Raumes auszuschließen, muss die Nutzung projektspezifisch festgelegt werden.

6.1.4.3.8 Toleranzen, Lageabweichungen

Die Lage (Y, Z-Lage) der Funktionsflächen sowie die dafür definierten Einbauräume müssen wie in Abbildung 22 angegeben eingehalten werden.

Alle Angaben zur Fahrweggeometrie beziehen sich auf die Funktionsebenen im eingebauten, beschichteten Zustand (mechanische Maße, nicht elektrisch wirksame Maße).

Die definierten Maße gelten für den unbelasteten Zustand (Fahrweg ohne Verkehrslast und nur durch Eigengewicht belastet) bei projektspezifisch festzulegender Referenztemperatur.

Die max. und min. Spalte müssen darüber hinaus unter Beachtung der Längenänderung des Fahrweges durch Temperatureinwirkung, der elastischen Verformung der Unterbauten bei Lasteinwirkung, sowie der Montagetoleranzen eingehalten werden.

Die geometrischen Anforderungen und Toleranzen der Funktionsebenen sind in der /MSB AG-FW GEO/ festgelegt.

6.1.5 Sonstige Betriebsanlagen

Die Anordnung trassennaher Bauwerke sowie der sonstigen Betriebsanlagen muss projektspezifisch festgelegt werden.

Dabei müssen die Systemanforderungen berücksichtigt werden bezüglich:

- Lichtraum,
- Grenzl原因en,
- aerodynamischer Einflüsse,
- Einflüssen auf das MSB-Funksystem,
- Bemessung,
- Instandhaltung und
- weiterer projektspezifischer Anforderungen.

6.1.5.1 Stationen

§ 3, (3); § 15, (1) bis § 15, (6) /MbBO/ müssen berücksichtigt werden. Diese Anforderungen müssen wie folgt ausgeführt werden:

Stationen

Stationen müssen für eine projektspezifisch festzulegende Durchfahrgeschwindigkeit, die die örtliche Streckenhöchstgeschwindigkeit nicht überschreiten darf, ausgelegt werden.

Anforderungen an einen Witterungsschutz sind projektspezifisch zu definieren.

Die Ausrüstung mit gläsernen Türen und Wänden muss nach /DIN EN ISO 12543/ mit Sicherheitsglas erfolgen.

Die Festlegung von Beleuchtung, Blitzschutz/Brandschutz, Bodenbeläge, Zu-Abgänge und Zugangsmöglichkeit für Rettungsdienste muss projektspezifisch unter Berücksichtigung der am Standort gültigen Vorschriften erfolgen.

Der Fahrweg im Bereich der Stationen (Bahnsteige und anschließender Streckenbereich gemäß Kap. 5.4.4) sollte mit externer Bordenergieversorgung ausgerüstet werden.

Die Freiräume und Abstände zwischen Fahrzeug und Bahnsteig müssen unter Berücksichtigung der Fahrzeugbegrenzung von MSB-Fahrzeugen projektspezifisch festgelegt werden.

Die Ausführung/Ausrüstung der Stationen muss projektspezifisch erfolgen.

Bahnsteigtüranlagen

Bahnsteigtüranlagen dienen dazu Gefährdungen von Personen beim Fahrgastwechsel und durch durchfahrende Züge im automatischen Fahrbetrieb zu vermeiden (analog zu §31, (5) BOStrab).

Es muss unabhängig von den Zugbewegungen sichergestellt werden, dass

- Personen nicht in den Lichtraum des fahrenden Zugs geraten bzw. durch Fall oder Sprung vom Bahnsteig auf den Fahrweg gelangen können,
- Gegenstände vom Bahnsteig aus nicht in den Lichtraum des Zuges geraten können und
- Personen auf dem Bahnsteig nicht durch Einwirkungen durchfahrender Züge gefährdet werden können.

Projektspezifisch müssen die Ortungsgenauigkeit, die Breite und der Abstand der Außentüren von MSB-Fahrzeugen und die Anordnung der Bahnsteigtüren so aufeinander abgestimmt werden, dass bei Halt und mit geöffneten Fahrzeug- und Bahnsteigtüren eine festgelegte lichte Durchgangsbreite mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit vorhanden ist.

Dadurch werden Gefährdungen beim Fahrgastwechsel durch zu engen Durchgang vermieden. Als Ortungsmittel kommen z.B. die Sichere Ortung, die steuerungstechnisch relevante Ortung, oder eigene Ortungsmittel der Bahnsteigtüranlage in Frage.

Durch die Konstruktion der Bahnsteigtüren muss sichergestellt werden, dass ein selbsttätiges Verlassen der gesicherten Endlage ohne Freigabe durch die Sicherungseinrichtung nicht möglich ist.

Es sollte möglich sein, zeitweise eine Vor-Ort-Bedienung (z.B. für Instandhaltungsarbeiten) einzurichten.

Fahrwegreservierung und Vor-Ort-Bedienung müssen sich ausschließen.

Es muss an der Bahnsteigtüranlage möglich sein, einzelne gestörte Bahnsteigtüren manuell zu verriegeln, gegen das Verstellen zu sichern und dadurch aus der technischen Steuerung und Überwachung zu nehmen.

Die Ansteuerung und -überwachung der betreffenden Bahnsteigtür wird damit überbrückt.

Die Überbrückung der Meldung der gesicherten Endlage (geschlossen, verriegelt und gegen Öffnen gesichert) darf nur nach manueller Verriegelung der Tür in geschlossener Lage erfolgen.

Manuell verriegelte und gegen Verstellen gesicherte Bahnsteigtüren dürfen nur unter Personalverantwortung wieder zum Verstellen freigegeben werden.

Bahnsteigtüren müssen Notentriegelungseinrichtungen besitzen, die von der Fahrwegseite aus durch Fahrgäste bedienbar sein müssen und eine Räumung des Zuges unabhängig von der Positionierung des MSB-Fahrzeugs erlauben.

6.1.5.2 Unterwerke

Planung und Bau von Unterwerken müssen projektspezifisch erfolgen.

6.1.5.3 Betriebszentrale

Planung und Bau von Betriebszentralen müssen projektspezifisch erfolgen.

6.1.5.4 Halteplätze

Betriebshalteplätze

Die Anordnung und Ausstattung der Betriebshalteplätze erfolgt projektspezifisch unter Berücksichtigung der Vorgaben in Kapitel 5.4.1.2.4.2.

Betriebshalteplätze müssen bei Betriebsstörungen die Möglichkeit zum Aussteigen von Fahrgästen und Personal gewährleisten.

Der Ausstieg erfolgt in der Regel durch im MSB-Fahrzeug mitgeführte Ausstiegshilfen.

Weitere Anforderungen siehe Kapitel 5.4.1.2.4.2.

6.1.5.5 Instandhaltungsanlagen

Die Instandhaltungsanlagen untergliedern sich in:

- zentrale Instandhaltungsanlagen,
- dezentrale Instandhaltungsanlagen und
- Basisstandorte für Sonderfahrzeuge.

Die Instandhaltungsanlagen müssen projektspezifisch ausgelegt werden.

6.1.6 Sonderfahrzeug

Sonderfahrzeuge können aus eigener Kraft angetrieben werden.

Projektspezifisch muss festgelegt werden, über welche technische Ausrüstung Sonderfahrzeuge verfügen müssen.

Hierbei müssen die mit den Sonderfahrzeugen durchzuführenden Maßnahmen (z. B. Instandhaltungsmaßnahmen) berücksichtigt werden.

Für Anhänger von Sonderfahrzeugen, die unabhängig von diesen Sonderfahrzeugen eingesetzt werden sollen, gelten die Regelungen für Sonderfahrzeuge.

Für die Sicherung von Sonderfahrzeugen gilt Folgendes:

- Sofern das Betriebsprogramm einen gleichzeitigen Fahrbetrieb mit MSB-Fahrzeugen und Sonderfahrzeugen vorsieht, müssen Sonderfahrzeuge in die technische Sicherung einbezogen werden.
In diesem Fall sollten Sonderfahrzeuge technische Einrichtungen zur Ermittlung der Fahrzeugposition und Steuerung/ Überwachung der Fahrzeugbremsen (Betriebs- und Feststellbremse) und des Fahrzeugantriebs enthalten.
- Sofern kein gleichzeitiger Fahrbetrieb mit MSB-Fahrzeugen und Sonderfahrzeugen stattfinden soll, ist dies durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.

Gleichzeitiger Fahrbetrieb von MSB-Fahrzeugen und Sonderfahrzeugen liegt dann nicht vor, wenn sich alle Sonderfahrzeuge während des Fahrbetriebs von MSB-Fahrzeugen an ihren bestimmungsgemäßen Abstellpositionen oder in gesperrten Streckenabschnitten befinden, oder wenn sich alle MSB-Fahrzeuge während des Fahrbetriebs mit Sonderfahrzeugen an bestimmungsgemäßen Abstellpositionen befinden.

Ausnahmeregelungen z.B. für die Inbetriebnahmephase, für außerplanmäßige Instandhaltung oder im Zusammenhang mit dem Rettungskonzept bleiben hiervon unberührt.

Sonderfahrzeuge werden durch technische Einrichtungen spurgeführt. Diese müssen so ausgelegt sein, dass ein Abkippen des Fahrzeugs (auch vom quergeneigten) Fahrweg verhindert wird.

Die eingetragenen Lasten aus Sonderfahrzeugen dürfen nicht zu Beanspruchungen führen, die für die Dimensionierung des Fahrweges maßgebend werden.

Die mechanischen Eigenschaften des Sonderfahrzeugs inklusive vorhandener Auf- und Anbauten zur Erfüllung ihres Bestimmungszwecks (z.B. Arbeitsbühnen, Kräne, Schneepflug) müssen hinsichtlich

- Geometrie (Maße von Wagenkasten und Fahrgestell, z.B. Spurbreite),
- Gewicht und Gewichtsverteilung,

auf die in /MSB AG-FW BEM/ genannten Bemessungsgrenzwerte für orts- und zeitabhängige Kraft- und Beschleunigungseinwirkungen sowie Freiraumvorgaben gemäß /MSB AG-FW GEO/ abgestimmt werden.

6.2 Schnittstellen und teilsystemübergreifende Funktionen

6.2.1 Lasten und Einwirkungen

Kriterien für die Bemessung der Struktur von Fahrzeug und Fahrweg:

- a) Die relevanten Einwirkungen (ständige, veränderliche und außergewöhnliche) müssen nach Art und Größe bekannt sein.
- b) Die relevanten Einwirkungen müssen hinsichtlich ihrer Auftretenshäufigkeit bekannt sein (Annahmen sind zulässig).
- c) Die Einwirkungskombinationen und die daraus resultierenden Beanspruchungen der Baugruppen müssen bekannt sein.

d) Lasten infolge Einwirkungskombinationen mit einer kleineren Eintretenswahrscheinlichkeit als SIL 4 (gemäß /DIN EN 61508-1/) müssen bei der Bemessung nicht berücksichtigt werden.

e) Für Gefahrenfälle infolge von Einwirkungskombinationen nach d) sollte eine Risikobewertung gemäß EN 50126 durchgeführt werden.

Bei der Ermittlung der Eintretenswahrscheinlichkeit gemäß d) kann auf statistische Daten und Erfahrungswerte aus dem Feldeinsatz vergleichbarer Systeme/ Baugruppen/ Materialien zurückgegriffen werden.

Fahrzeuggewicht

Das Gewicht der MSB-Fahrzeuge ist gemäß Anhang 9, Pkt. 4.3 festzulegen.

Folgende Beladungszustände sind gemäß Anhang. 9 zu berücksichtigen:

- *Fahrzeugleergewicht (ohne Nutzlast),*
- *Mittleres Fahrzeuggewicht (z.B. 80% der zulässigen Nutzlast) bei Personenfahrzeugen,*
- *Zulässiges Fahrzeuggewicht (100% zulässige Nutzlast bei Personen- und Güterfahrzeugen),*
- *Maximales Fahrzeuggewicht (z.B. außergewöhnliche Betriebssituationen wie Evakuierung in benachbarte Sektionen bei Personenfahrzeugen).*

Nutzlast ist definiert als:

- *Gewicht der Fahrgäste mit Gepäck (Personenfahrzeuge),*
- *Gewicht der Zuladung (Güterfahrzeuge).*

Die Auftretenshäufigkeiten der Beladungszustände sind projektspezifisch festzulegen.

Die für die Bemessung zu berücksichtigenden Beladungszustände können auf Grund der Auftretenshäufigkeiten abweichend festgelegt werden.

Einwirkungen:

Auf Basis der projektspezifisch festgelegten Fahrzeuggewichte und der Randbedingungen wie

- zulässige Beschleunigungen in x-, y- und z-Richtung,
- betriebliche und maximale Fahrgeschwindigkeiten,
- Umweltbedingungen (z.B. Seitenwind, Temperaturen)
- zulässige Betriebssituationen

sind unter Berücksichtigung der Anforderungen in /MSB AG-FW BEM/ und /MSB AG-ANT/ die an den kraftübertragenden Schnittstellen Fahrzeug / Fahrweg anzusetzenden Einwirkungsgrößen zu ermitteln.

Der Antriebsstrom muss so begrenzt werden, dass die maximal zulässige Kraft gemäß Kap. 9 Nr. 7. (1) nicht überschritten wird.

Der Antriebsstrom muss so begrenzt werden, dass die maximal zulässige Beschleunigung / Verzögerung gemäß § 13, Absatz 5, /MbBO/ nicht überschritten wird.

Die Begrenzung des Antriebsstroms im Fehlerfall ist in Kap. 5.4.1 geregelt.

Einwirkungsbedingungen	Auftretenshäufigkeit
A: Systemzustand ohne Ausfälle bzw. Störungen von Baugruppen.	Häufige veränderliche Einwirkungen
B: Systemzustand mit Ausfällen bzw. Störungen von Baugruppen.	Seltene und außergewöhnlich seltene veränderliche Einwirkungen

Tabelle 6: Definition der Einwirkungsbedingungen A / B

Folgende Einwirkungen sind zu beachten.

Schnittstelle	Einwirkungsbedingungen A	Einwirkungsbedingungen B
Tragmagnet / Langstator	Kräfte in z-Richtung aus - Fahrzeugeigengewicht - Nutzlast unter Berücksichtigung zusätzlicher Massenkräfte resultierend aus - der Geschwindigkeit und - der Streckenführung (Radien, Quer- und Längsneigung) Einwirkungen auf das Fahrzeug (insbesondere Aerodynamik) Kräfte in x-Richtung durch den Langstatorantrieb Tragfeldbeeinflussung durch Antriebsströme (Höhe und Dauer müssen projektspezifisch festgelegt werden)	Erhöhte Tragmagnetkraft benachbarter Tragmagnete bei Ausfall Magnetregelkreis Tragen Erhöhte Kräfte infolge von Antriebsfehlern Erhöhtes Nutzlastgewicht bei außergewöhnlichen Betriebssituationen
Führmagnet / Seitenführschiene	Kräfte in y-Richtung bei quergeneigtem Fahrweg aus - Fahrzeugeigengewicht - Nutzlast unter Berücksichtigung zusätzlicher Massenkräfte aus - der Geschwindigkeit und - der Streckenführung (Radien, Quer- und Längsneigung) Aerodynamische Einwirkungen auf das Fahrzeug	Erhöhte Führmagnetkraft benachbarter Führmagnete bei Einzelausfall Magnetregelkreis Führen Mechanische Führfunktion bei Ausfall zweier benachbarter Magnetregelkreise Führen
Tragkufe / Gleitleiste	Kräfte in x-, y- und z-Richtung aus - Fahrzeugeigengewicht - Nutzlast unter Berücksichtigung der Fahrweglage (Radien, Quer- und	Mechanische Tragfunktion bei Ausfall zweier benachbarter Magnetregelkreise Tragen Absetzen des MSB-Fahrzeugs bei

Schnittstelle	Einwirkungsbedingungen A	Einwirkungsbedingungen B
	Längsneigung) und des Reibbeiwerts in x- und y-Richtung.	$v > 0$ km/h infolge von Antriebsstörungen
Fahrzeugbremse / Seitenführschiene		Mechanische und/oder magnetische Kräfte in x- und y-Richtung bei Bremsen mit sicherer Bremse

Tabelle 7: Einwirkungen an den Schnittstellen Fahrzeug - Fahrweg

Die dimensionierenden Einwirkungen sind auf Basis von /MSB AG-FZ BEM/ und /MSB AG-FW BEM/ festzulegen und in einer projektspezifischen Spezifikation zu dokumentieren.

6.2.2 Ortung

6.2.2.1 Aufgabe und Struktur

Die Ortung ist eine Einrichtung zur Orts- und Geschwindigkeitsbestimmung von technisch gesicherten Fahrzeugen.

Die Gesamtfunktion Ortung untergliedert sich in Einrichtungen und Funktionen innerhalb der Teilsysteme Fahrzeug (sofern es sich um technisch gesicherte Fahrzeuge handelt), Fahrweg, Betriebsleittechnik und Antrieb (Abbildung 18).

6.2.2.2 Funktionale Anforderungen

Die Anforderungen an die Ortserfassung (Einrichtungen zur Ermittlung der Orts- und Geschwindigkeitsinformationen) müssen von allen Teilsystemen festgelegt werden.

Einrichtungen zur Ermittlung der Orts- und Geschwindigkeitsinformationen werden als „steuerungstechnisch relevante Ortung“ (siehe. Abbildung 18) bezeichnet.

Es müssen Komponenten zur Feststellung von Referenzorten und Relativorten ortsfest vorhanden sein.

Die Ermittlung von Orts- und Geschwindigkeitsinformationen von technisch gesicherten Fahrzeugen wird durch Abtasten von Merkmalen des Fahrwegs z.B. am Fahrweg installierte Lagereferenzpunkte (Lagereferenzleisten, LRL) und die Statorpakete (Nut- / Zahn - Periodizität) erreicht.

Die fahrwegseitigen Ortsinformationen müssen von fahrzeugseitigen Einrichtungen erfasst und weiterverarbeitet werden:

- Für den Antrieb müssen folgende Informationen bereitgestellt werden (siehe auch /MSB AG-ANT/):
 - Fahrzeugort,
 - Fahrzeuglagesignal (Polradwinkel),
 - Fahrzeugkennung.

- Für die Funktion „Sichere Ortung“ der Betriebsleittechnik müssen folgende Informationen bereitgestellt werden (s. /MSB AG-BLT/):
 - Fahrzeugort,
 - Fahrzeuggeschwindigkeit,
 - Fahrtrichtung.
- Desweiteren müssen Ortsinformationen zu Diagnosezwecken bereitgestellt werden.

Die Genauigkeit, die Aktualität und die Sicherungsverfahren auf den Übertragungswegen aller Ortsinformationen müssen projektspezifisch und ggf. orts- und geschwindigkeitsabhängig festgelegt werden.

Projektspezifisch müssen das Koordinatensystem (Stationierung/Kilometrierung) und dessen Bezug zum Fahrzeug unter Berücksichtigung der Fahrzeuglänge festgelegt werden.

Weitergehende Festlegungen der Schnittstellen zwischen den beteiligten Teilsystemen sind projektspezifisch festzulegen.

Die Festlegung der Referenzorte entlang der Strecke sowie in der Anfahrt auf

- Stationen,
- Halteplätze,
- Abstellplätze und
- Spurwechseleinrichtungen

muss projektspezifisch erfolgen.

6.2.2.3 Konstruktive Anforderungen

Einbauorte der fahrzeugseitigen Einrichtungen (z.B. Sensoren zur Abtastung Nut/Zahn-Periodizität des Langstators und der Referenzortinformation sowie elektronische Auswertebaugruppen) sind projektspezifisch festzulegen.

Für die fahrzeugseitigen Einrichtungen sind insbesondere zu beachten:

- der Raumbedarf der fahrwegseitigen Komponenten (siehe Abbildung 22) unter Berücksichtigung dynamischer Bewegungen des Fahrzeugs während der Fahrt,
- die Umweltbedingungen sowie mechanische Anforderungen gemäß /MSB AG-UMWELT/, /EN 50125-1/ und /EN 61373/.

Details zu den Anforderungen an die fahrwegseitigen Einrichtungen finden sich in /MSB AG-FW ÜBG/.

Weitergehende Festlegungen der Schnittstellen zwischen den beteiligten Teilsystemen sind projektspezifisch zu treffen.

6.2.2.4 Nachweisführung

Sicherheitsanforderungen an die Ortung einschließlich der Verantwortlichkeiten für die Nachweisführung müssen projektspezifisch in Schnittstellendokumenten festgelegt werden.

Ihre Erfüllung muss teilsystemübergreifend für die Gesamtfunktionalität nachgewiesen werden.

Anforderungen können z.B. sein:

- *Diversität und Unabhängigkeit sowohl bei der Detektion als auch bei der Verarbeitung der Daten,*
- *Fehleroffenbarung (zulässige Ausfall offenbarungszeit, Systemreaktionen),*
- *Ungefährlichkeit von Einzelausfällen.*

6.3 Betrieb

6.3.1 Abgrenzung Betrieb/ Betriebsarten

6.3.1.1 Definition Betrieb

„Betrieb“ ist die Gesamtheit aller Maßnahmen, die der Beförderung von Personen und Gütern dienen (/MbBO/, § 2).

Dies umfasst sowohl die Bereithaltung der MSB-Gesamtanlage, die Vorbereitung und Durchführung von Fahrtvorhaben (Fahrbetrieb) als auch die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen.

Vorgaben für den Betrieb sind ferner im vom MSB-Unternehmer zu erstellenden Betriebshandbuch (/MbBO/, § 24) zu regeln. Dabei müssen projektspezifisch die Eigenschaften des MSB-Systems sowie die betrieblich/ organisatorischen Rahmenbedingungen des MSB-Unternehmers und geltende gesetzliche Bestimmungen berücksichtigt werden.

Während des Fahrbetriebs können gleichzeitig Bau- oder Instandhaltungsmaßnahmen (inklusive damit verbundener Fahrtvorhaben) stattfinden. Hierfür sind projektspezifische Regelungen zu erlassen.

Für Fahrten zur erstmaligen Inbetriebsetzung des Systems und für Demonstrationsfahrten während der Inbetriebnahmephase sind projektspezifische Sonderregelungen zu erlassen sowie ggf. zusätzliche Sicherungseinrichtungen vorzusehen.

Anforderungen an Regeln für den Betrieb (Fahrbetrieb und Instandhaltung) sind /MSB AG-BTR / zu entnehmen.

6.3.1.2 Definition Betriebsarten

Betriebsarten sind definierte und eindeutig voneinander abgegrenzte Arten des Fahrbetriebes, die sich in ihren technischen und nichttechnischen Maßnahmen zur Durchführung von Fahrten unterscheiden.

Betriebsarten sind fahrzeugbezogen, d.h. für jedes am Fahrbetrieb teilnehmende Fahrzeug wird eine Betriebsart eingestellt.

Der Fahrbetrieb muss in einer der beiden folgenden Betriebsarten durchgeführt werden:

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem

- **"Normalbetrieb":**
Fahrten unter vollständiger technischer Sicherung,
- **"Abweichungen vom Normalbetrieb":**
Fahrten unter einer nicht vollständigen technischen Sicherung
Für Fahrbetrieb mit MSB-Fahrzeugen in der Betriebsart "Abweichung vom Normalbetrieb" sollte eine vollständige technische Sicherung des Fahrwegs vorhanden sein. Dabei sollten die BLT-Funktionen Fahrablaufsteuerung, Fahrwegsicherung, Fahrprofilüberwachung, Antriebsabschaltung und Sichere Ortung nicht beeinträchtigt sein. Es ist zulässig, dass die Überwachung sicherheitsrelevanter fahrzeugseitiger Zustandsignale (überwacht durch die BLT-Funktion Fahrzeugsicherung) nicht vollständig vorhanden ist.
Diese Betriebsart kann z.B. bei Überführungsfahrten in eine Instandhaltungsanlage notwendig sein.
Zur Durchführung von Fahrten in der Betriebsart "Abweichungen vom Normalbetrieb" müssen projektspezifische Festlegungen hinsichtlich der anzuwendenden betrieblichen Regelungen getroffen werden.

Für Sonderfahrzeuge müssen die Randbedingungen für den Fahrbetrieb projektspezifisch in Abhängigkeit von deren technischer Ausrüstung festgelegt werden.

Ausnahmefälle wie z. B. Sicherung des Fahrbetriebs innerhalb von Instandhaltungsanlagen müssen projektspezifisch festgelegt werden.

Zum gleichzeitigen Fahrbetrieb von MSB-Fahrzeugen und Sonderfahrzeugen siehe auch Kapitel 6.1.6.

6.3.1.3 Grundsätze für die Anwendung der Betriebsarten

Fahrbetrieb mit Fahrgästen mit MSB-Fahrzeugen muss grundsätzlich in der Betriebsart Normalbetrieb durchgeführt werden. Ausnahmen sind nur in gesondert zu definierenden Störungs- und Notfällen zulässig.

Für Fahrbetrieb in der Betriebsart „Abweichungen vom Normalbetrieb“ müssen die Maßnahmen zur nichttechnischen Überwachung des Fahrzeugzustands im Regelwerk für Betrieb festgelegt werden.

Gleichzeitiger Betrieb von Fahrzeugen in unterschiedlichen Betriebsarten muss projektspezifisch geregelt werden.

6.3.2 Betriebliche Funktionen und Abläufe

6.3.2.1 Fahrtvorgaben und Überwachung des Betriebs

Für Fahrten in den Betriebsarten laut Kap. 6.3.1.2 müssen manuelle und automatisch generierte Fahrtvorgaben möglich sein.

Das Fahrbetriebspersonal muss die Möglichkeit haben, Überwachungs- und Steuerungsaufgaben wahrzunehmen.

Das Fahrbetriebspersonal muss die Möglichkeit haben, die Betriebsart zu wechseln.

Weitere Festlegungen siehe /MSB AG-BLT/.

6.3.2.2 Abfahrt von einer Station im Normalbetrieb

Sicherung der MSB-Fahrzeug-Außentüren: Siehe /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.3.5.

Sicherung der Bahnsteigtüren: Siehe /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.2.7.

Optische und akustische Signale für Fahrgäste zum Signalisieren der Zeit bis zur Abfahrt sollten in den Stationen vorgesehen werden

6.3.2.3 Anfahrt zu einer Station im Normalbetrieb

MSB-Fahrzeuge müssen Stationen zielgenau anfahren und selbsttätig absetzen.

Sicherung der MSB-Fahrzeug-Außentüren: Siehe /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.3.5.

Sicherung der Bahnsteigtüren: Siehe /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.2.7.

Durchfahrten durch Stationen bei verriegelten Bahnsteigtüren muss möglich sein, die maximale Durchfahrgeschwindigkeit ist projektspezifisch festzulegen.

6.3.2.4 Auf- und Abrüsten von MSB-Fahrzeugen

Behandlung der Sicherer Bremsen (Bremsprüfung): Siehe /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.3.2.

Steuerung / Überwachung Bordenergieversorgung: Siehe /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.3.3.

Ein unmittelbar wirkendes Abrüsten und Abschalten von Bordnetzen aus besonderem Grund, das ohne technische Zustimmungsprüfung erfolgt, muss als projektspezifische, betriebliche Sondermaßnahme (Bedienung in Personalverantwortung) geregelt werden.

Aus aufgerüstet abgestellten Fahrzeugen sollten weiterhin

- der Status der Brandmeldeanlagen übertragen und
- Diagnosedaten übertragen und in die betriebliche Disposition einbezogen werden.

6.3.2.5 Abwicklung von Zwangshalten von MSB-Fahrzeugen

Behandlung der Zwangshalte ist in /MSB AG-BLT/, unter anderem in den Kapiteln 6.3.3.7 („Zwangshalt“) und 6.3.4 („Fahrprofilüberwachung“) geregelt.

Die Zwangsbremung sollte in der Regel durch den Antrieb erfolgen.

Fälle, die ein sofortiges Auslösen der Sicherer Bremsen erfordern, sind in /MSB AG-BLT/ genannt.

Der sequentielle Ablauf einer Zwangsbremung mit der sicheren Bremsen ist in /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.3.4 geregelt, dessen Aufhebung in /MSB AG-BLT/, Kapitel 6.3.3.7.

6.3.2.6 Randbedingungen zum Bewegen der Sonderfahrzeuge

Sonderfahrzeuge müssen auch außerhalb der in /MSB AG-UMWELT/ definierten Umweltbedingungen betrieben werden können (z.B. zur Durchführung von Winterdienstmaßnahmen). Die dabei einzuhaltende Grenzen müssen projektspezifisch festgelegt werden.

Falls die Sonderfahrzeuge aufgrund ihrer Auslegung nicht den gesamten MSB-Fahrweg befahren können, sind diesbezügliche Einschränkungen und Ausschlüsse projektspezifisch zu regeln.

Bezüglich der Behandlung der Sonderfahrzeuge im Betriebsablauf finden sich in /MSB AG-BTR / weitere Anforderungen.

7 Qualitätsmanagement

In allen Phasen der Planung, Ausführung und des Betriebs des MSB-Systems müssen durch Einführung und Aufrechterhaltung eines Qualitätsmanagementsystems die Anforderungen der Norm /DIN EN ISO 9001/ erfüllt werden.

Die Norm /DIN EN ISO 9004/ gibt darüber hinausgehende Anleitungen zur Verbesserung der Wirksamkeit und Effizienz des zu realisierenden Qualitätsmanagementsystems.

Projektspezifisch muss ein Qualitätsmanagementplan für jedes Teilsystem erstellt werden.

8 Abbildungen

8.1 Dokumentenbaum

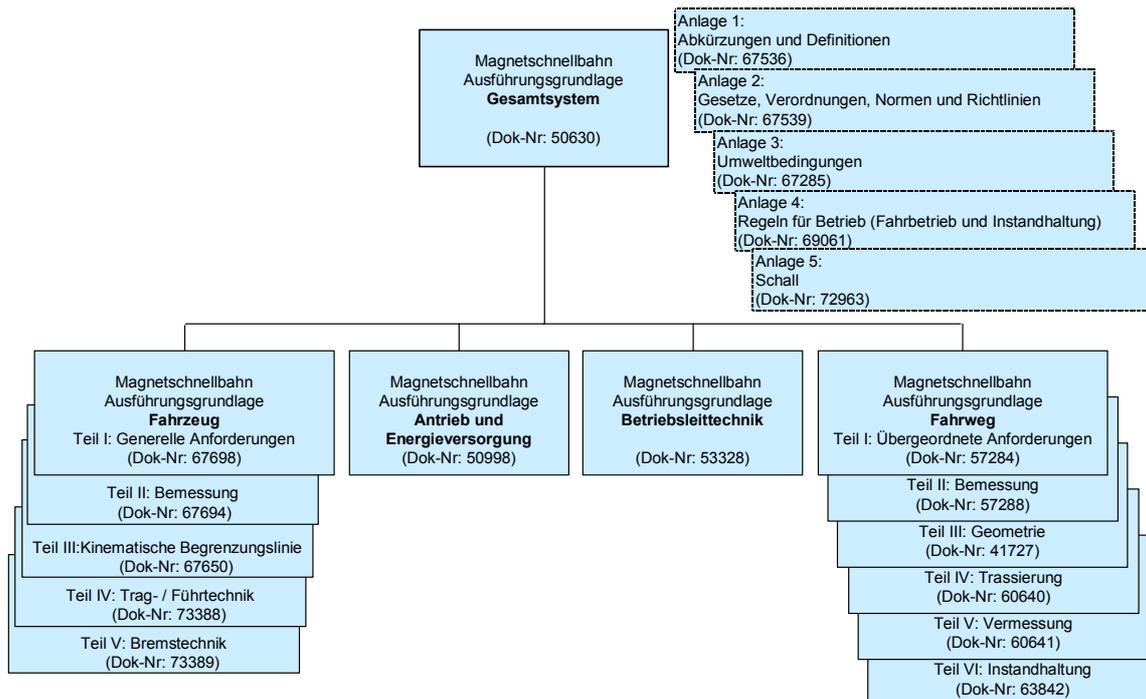


Abbildung 1: Dokumentenbaum Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen

8.2 Systemstruktur und Koordinatensystem

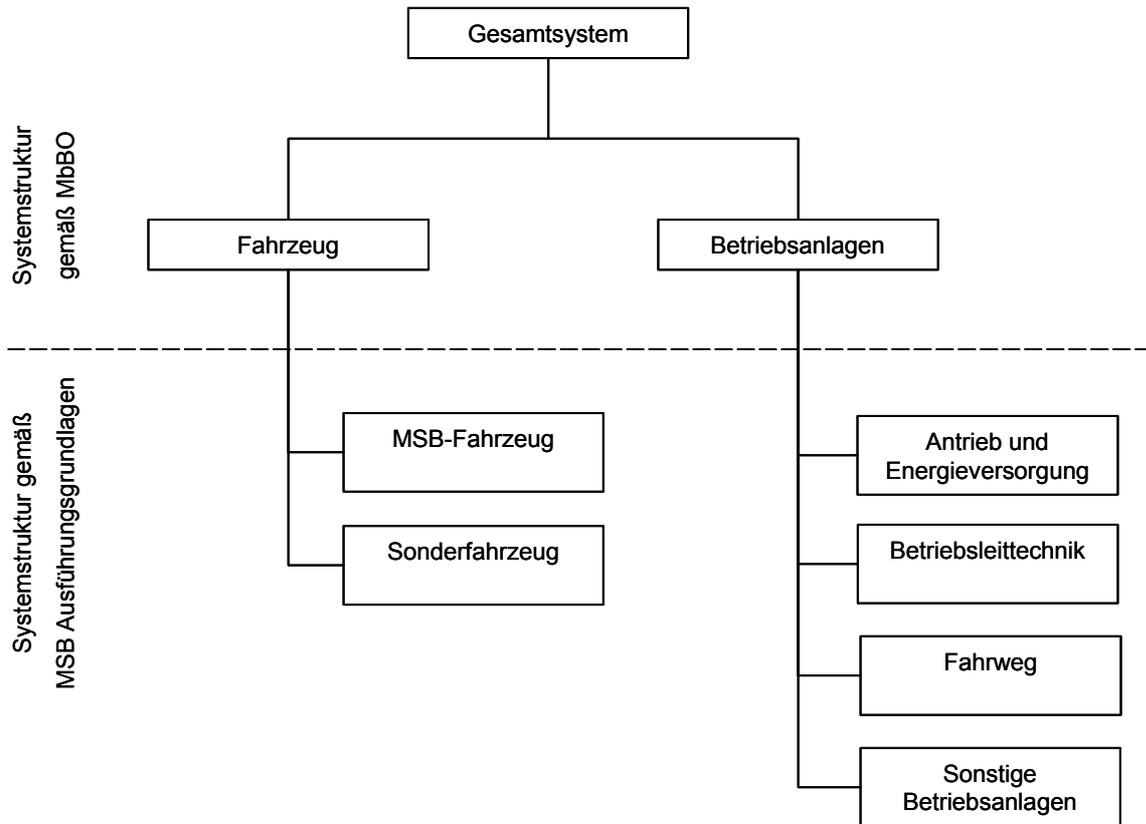
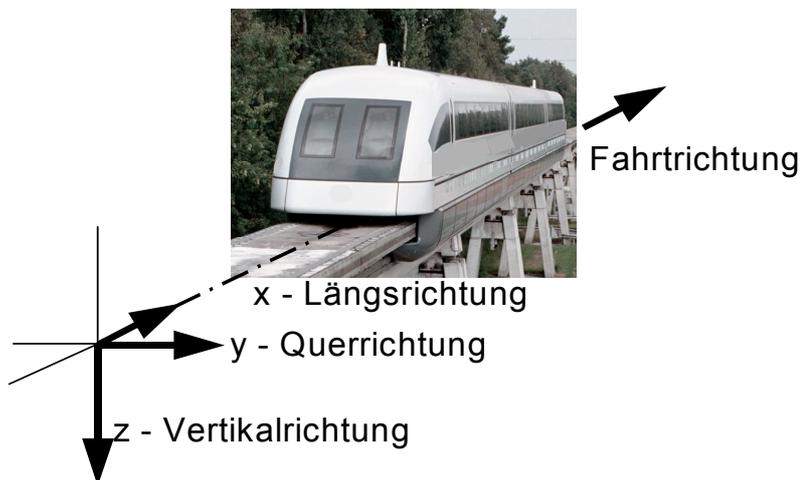


Abbildung 2: Systemstruktur



Zur Darstellung gesonderter Sachverhalte sind in den Teilsystemen weitere Koordinatensysteme definiert.

Abbildung 3: Koordinatensystem

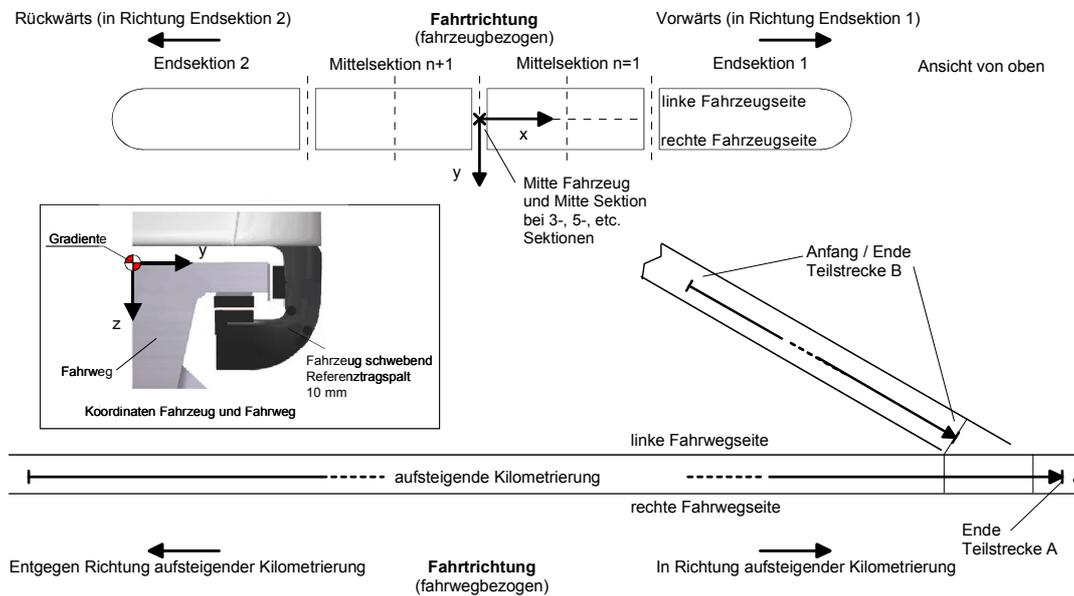


Abbildung 4: Koordinatensystem und Fahrtrichtung

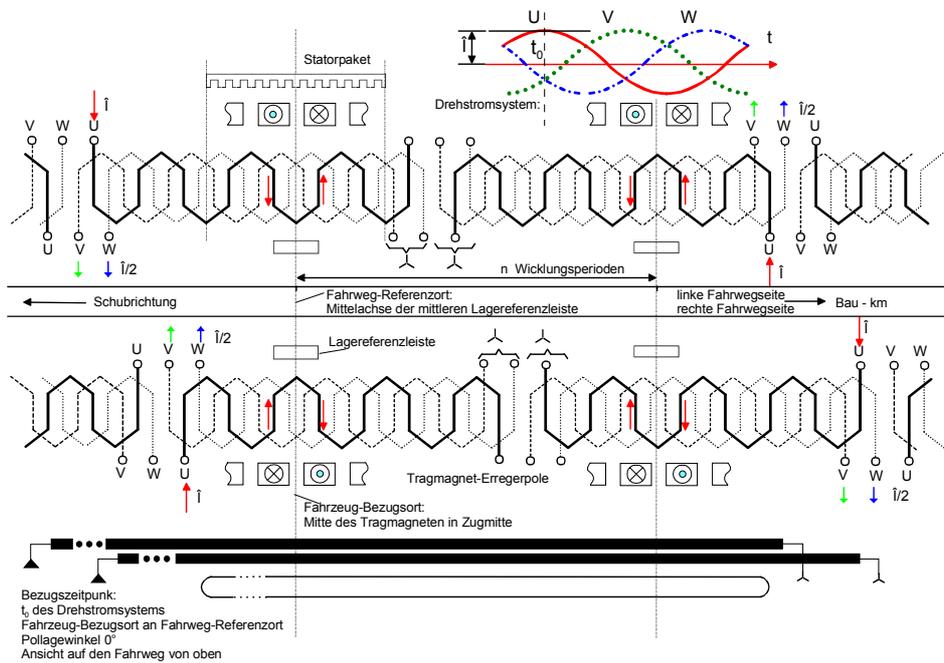


Abbildung 5: Zuordnung Wicklungsstränge, Referenzort, Erregerpole

8.3 MSB-Fahrzeugsektionen für Personentransport

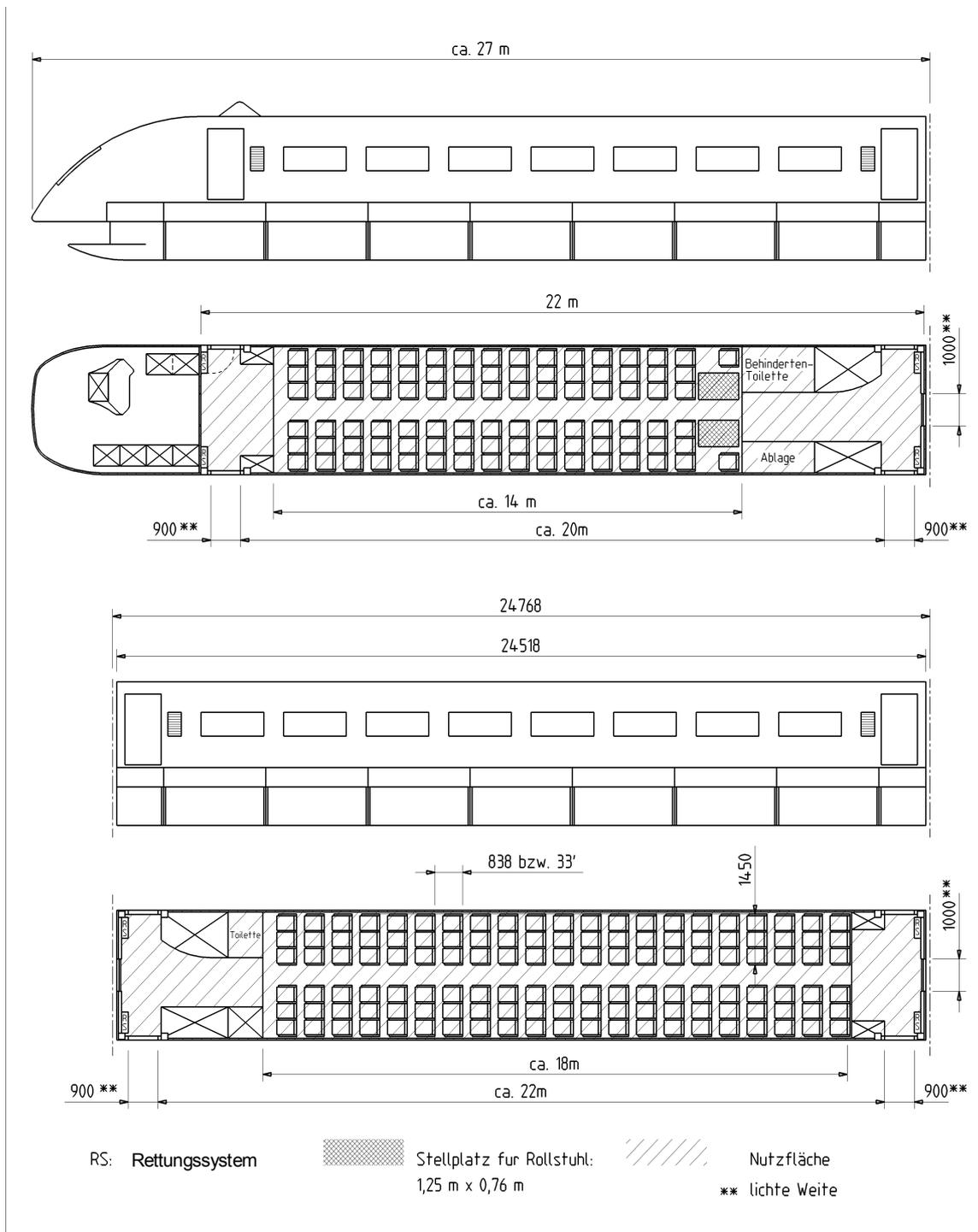


Abbildung 6: Fahrzeugsektionen für Personentransport Fernverkehr (Beispiel)

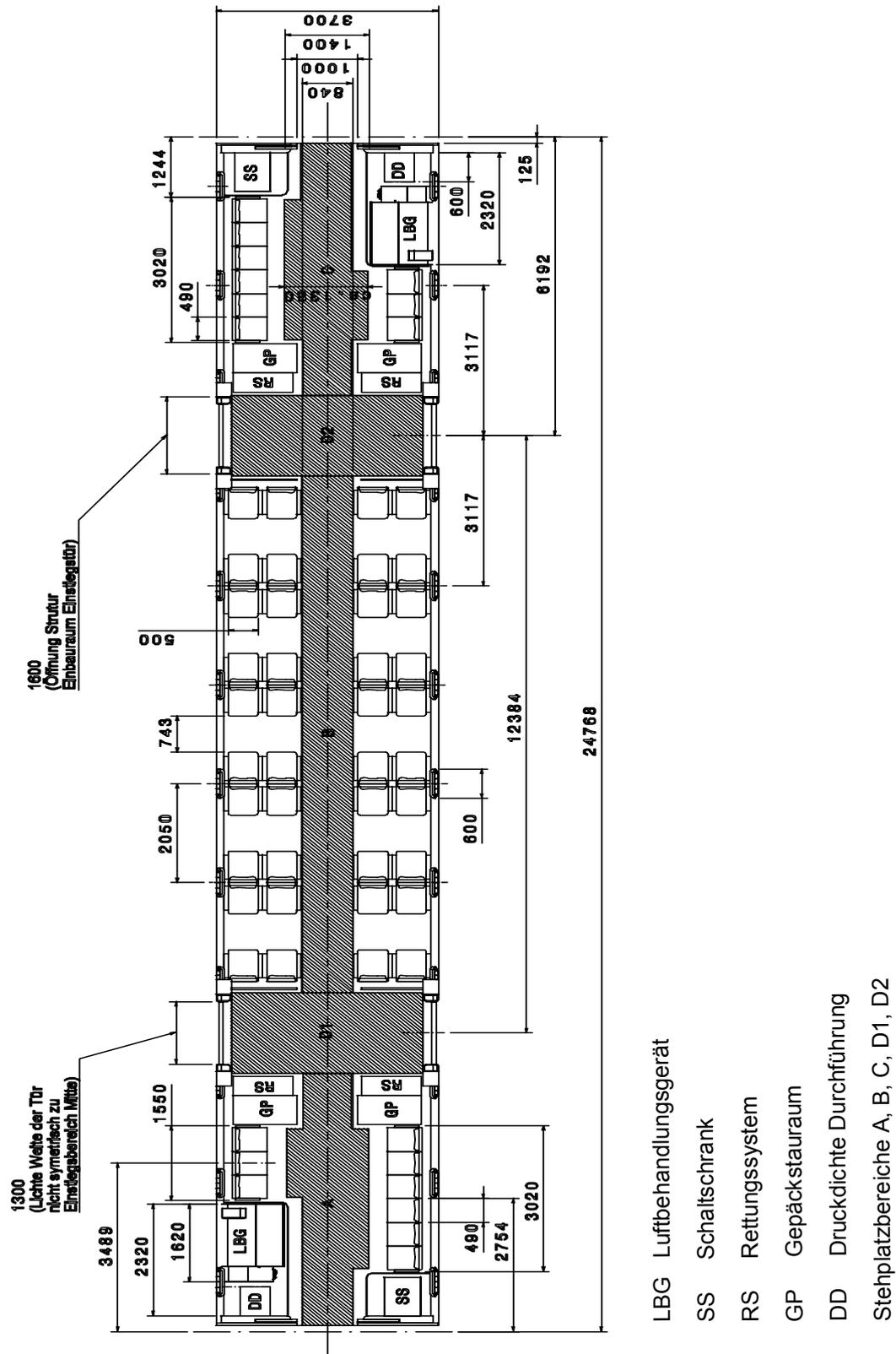


Abbildung 8: Fahrzeug-Mittelsektionen für Personentransport Flughafenbinder (Beispiel)

8.4 Trag-/ Führsystem

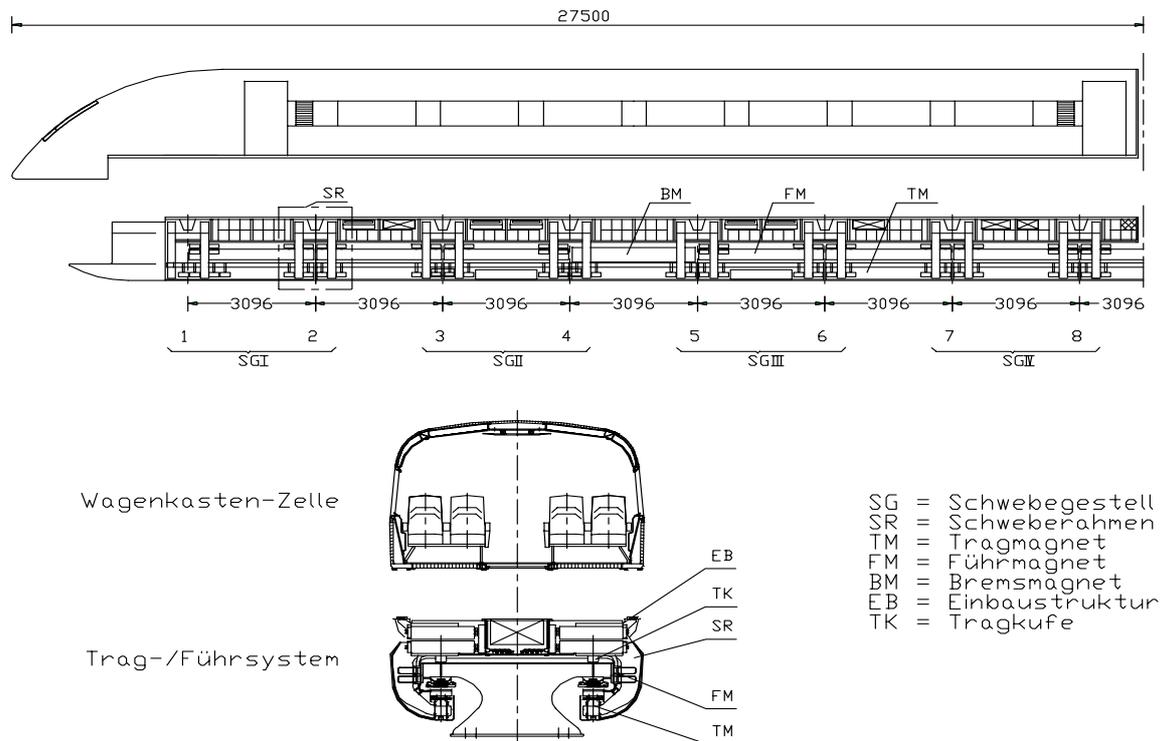


Abbildung 9: Trag-/ Führsystem (Beispiel)

8.5 Bremskennlinie sichere Bremse

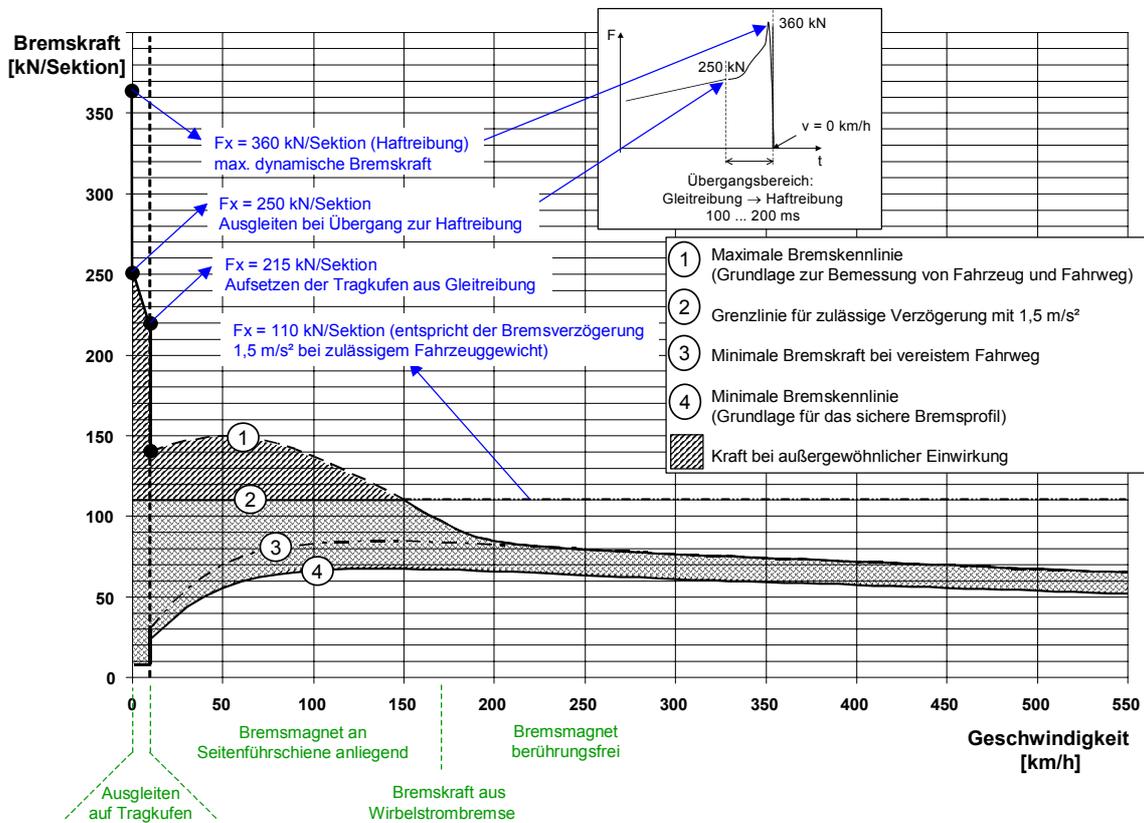
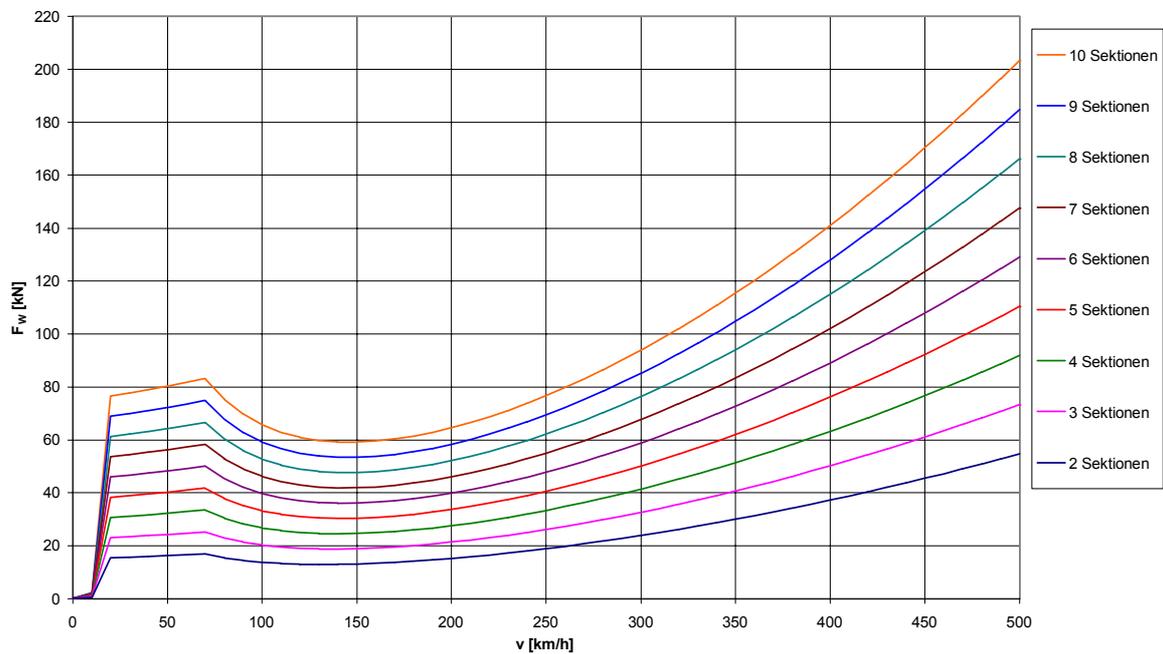


Abbildung 10: Bremskennlinie sichere Bremse für eine MSB-Fahrzeugsektion

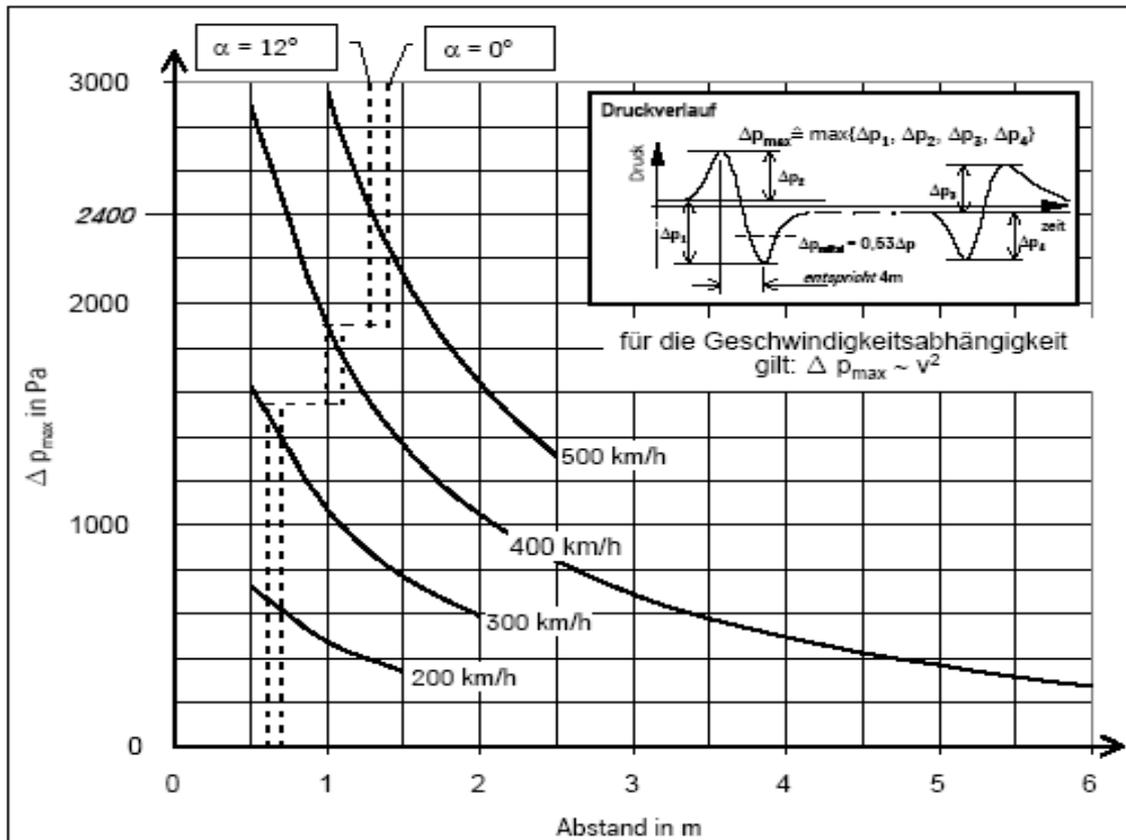
8.6 Fahrwiderstand



Erläuterung siehe Kap. 6.1.1.3.2

Abbildung 11: Fahrwiderstand (Flughafenanbinder - Planungsstand 2006)

8.7 Druckeinwirkung (außerhalb von Tunneln)



Druckeinwirkung auf ebenen Flächen parallel zur Fahrtrichtung, ortsfest oder parallel bewegt.
 - - - - Abstand der Fahrzeug-Seitenwände bei Zugbegegnung:
 $D_m = S \cdot \cos(\alpha) - B_{WK-A}$ mit S - Spurmittenabstand gem. Tab. 5
 α - Quereigung
 B_{WK-A} - Äußere Wagenkastenbreite gemäß Anhang Nr. 4.2 (4)

Fahrgewegquerneigung	$\alpha / ^\circ$	0			12		
Spurmittenabstand	S / m	4,4	4,8	5,1	4,4	4,8	5,1
Abstand der Fahrzeugseitenwände bei Zugbegegnung	D_m / m	0,70	1,10	1,40	0,60	1,00	1,29

Abbildung 12: Druckeinwirkung bei Vorbeifahrt eines MSB-Fahrzeugs (außerhalb von Tunneln)
 (Flughafenanbinder - Planungsstand 2006)

8.8 Struktur der Energieversorgung

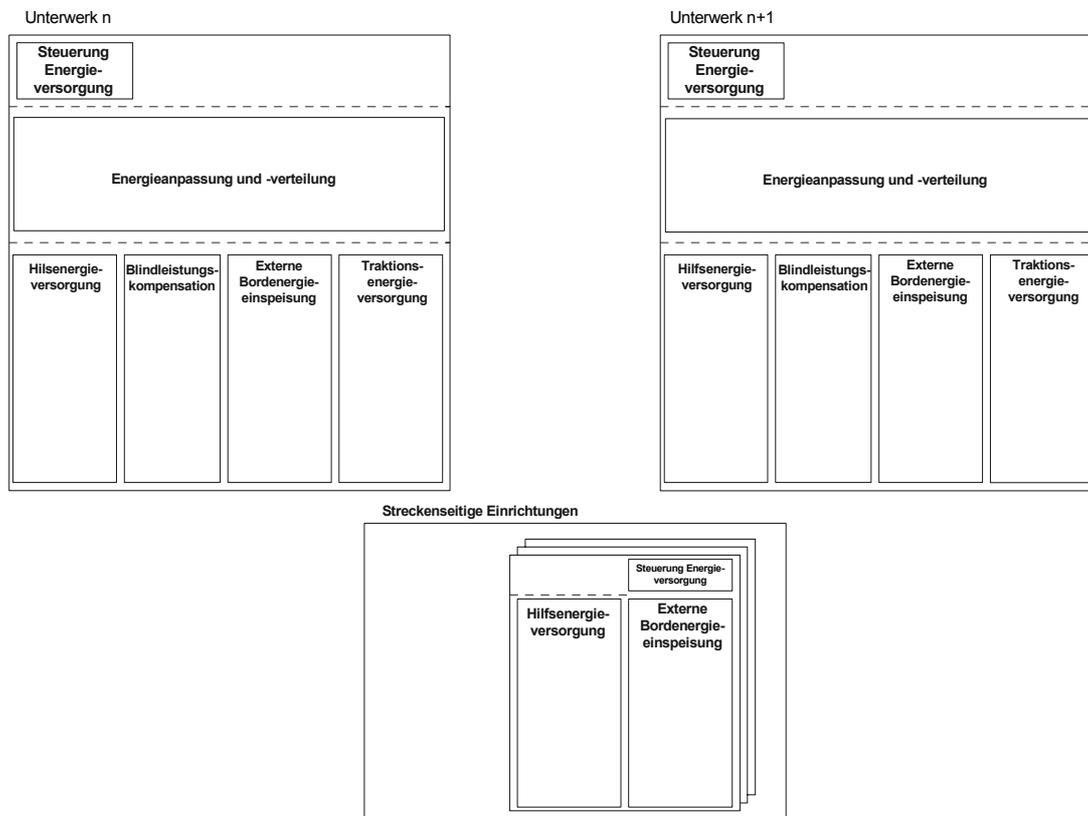


Abbildung 13: Struktur der Energieversorgung (Beispiel)

8.9 Struktur und Funktionen des Antriebs

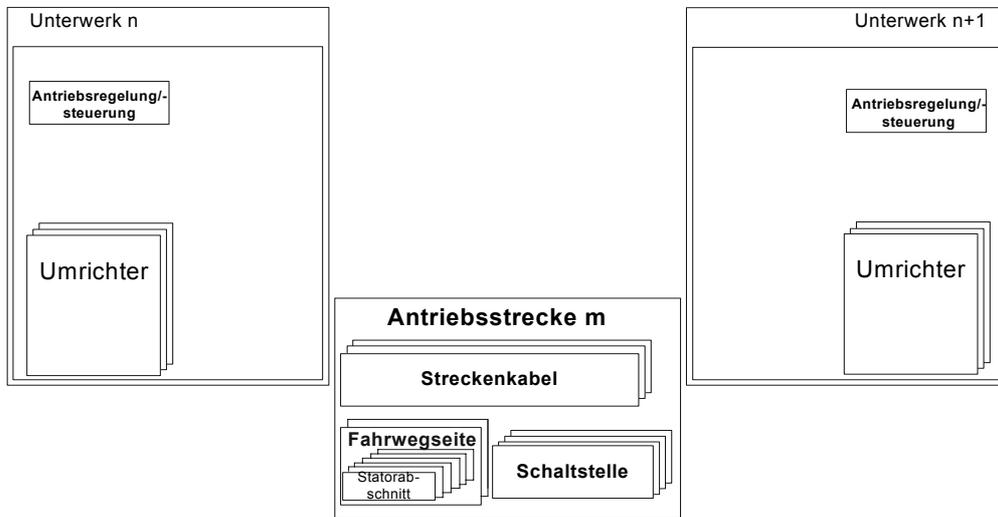
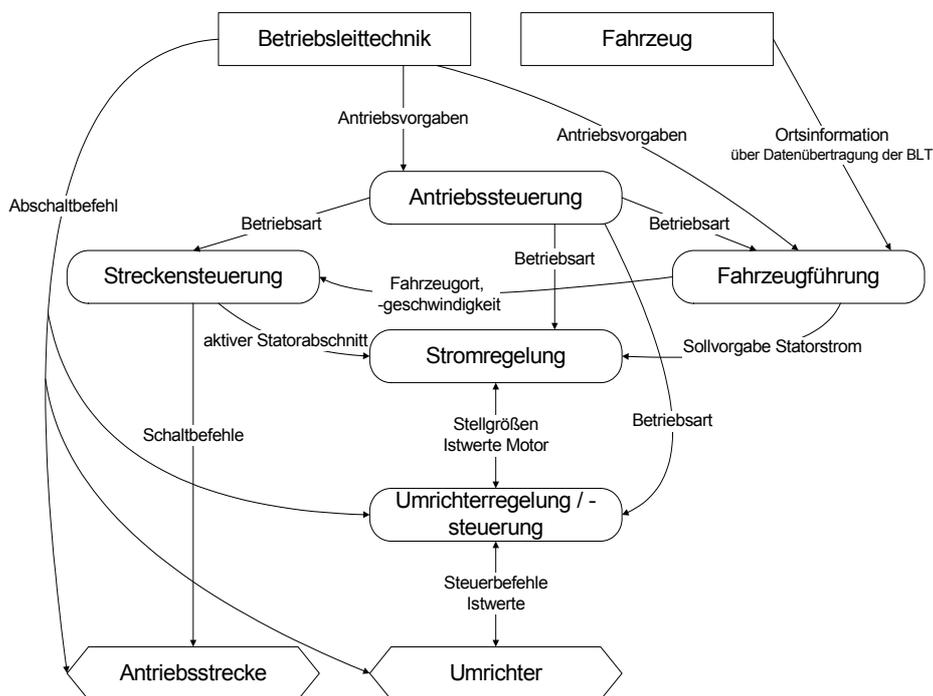


Abbildung 14: Struktur des Antriebs (Beispiel)



Antriebsfunktionen werden in ovalen und externe Komponenten in rechteckigen Feldern dargestellt.

Abbildung 15: Funktionen des Antriebs

8.10 Struktur und Funktionen der Betriebsleittechnik

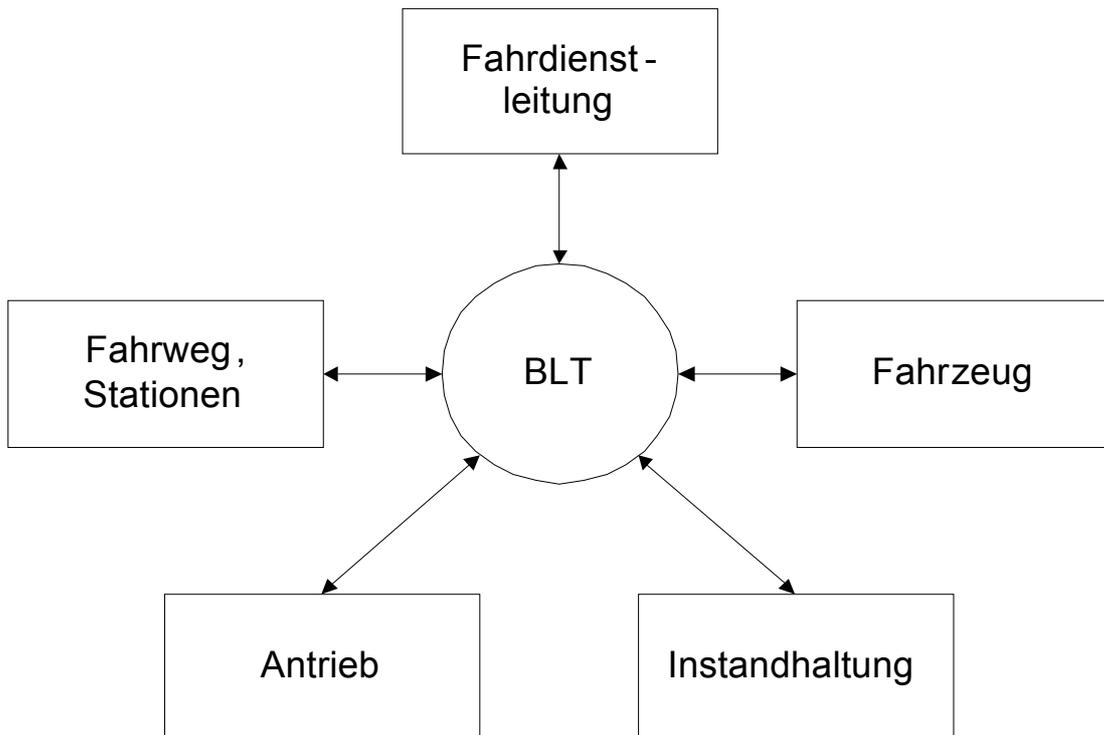
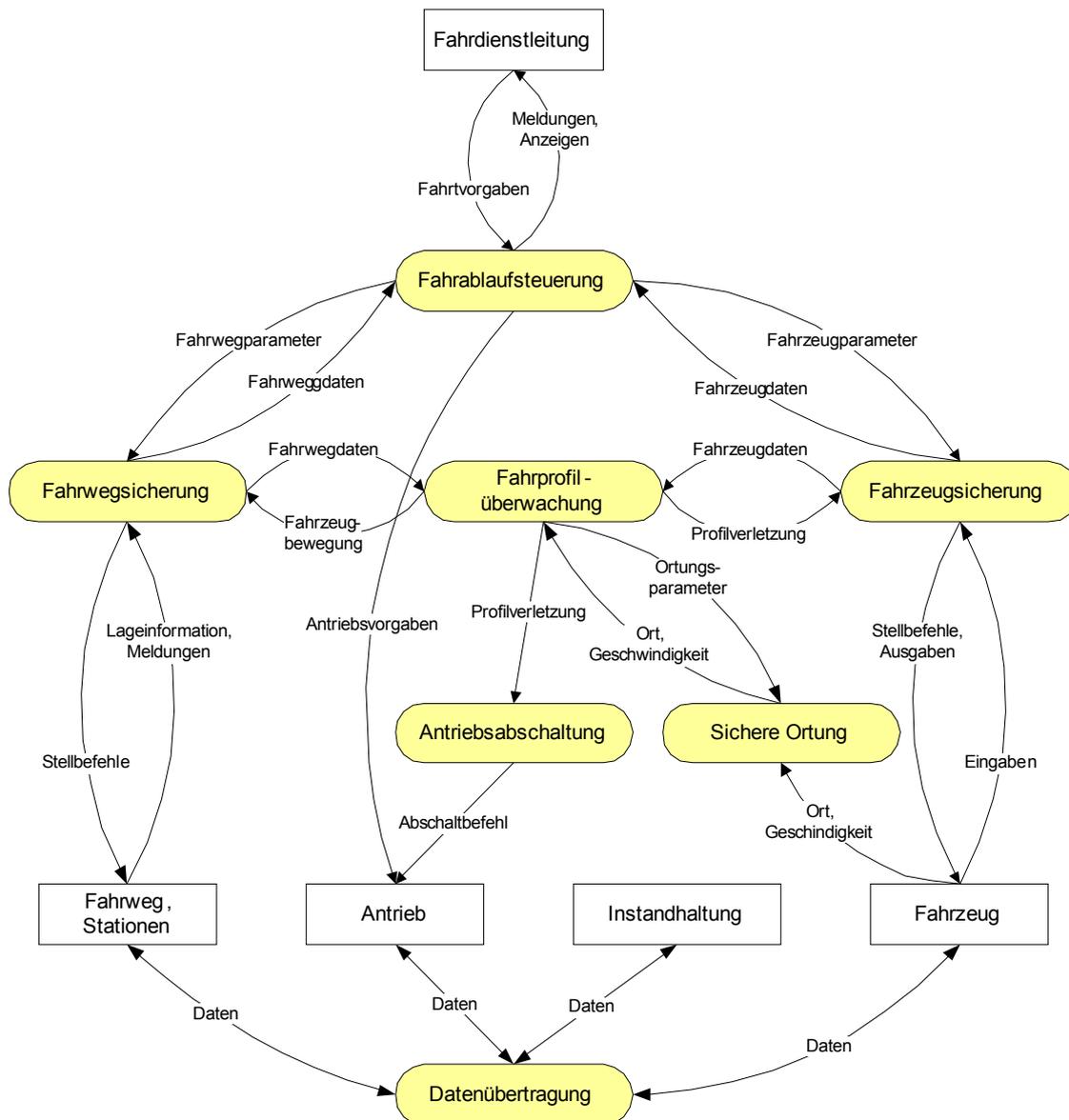


Abbildung 16: Einordnung und Schnittstellen der BLT



BLT-Funktionen werden in ovalen und externe Komponenten in rechteckigen Feldern dargestellt.

Abbildung 17: Betriebsleittechnische Funktionen und Datenflüsse

8.11 Struktur der Ortung

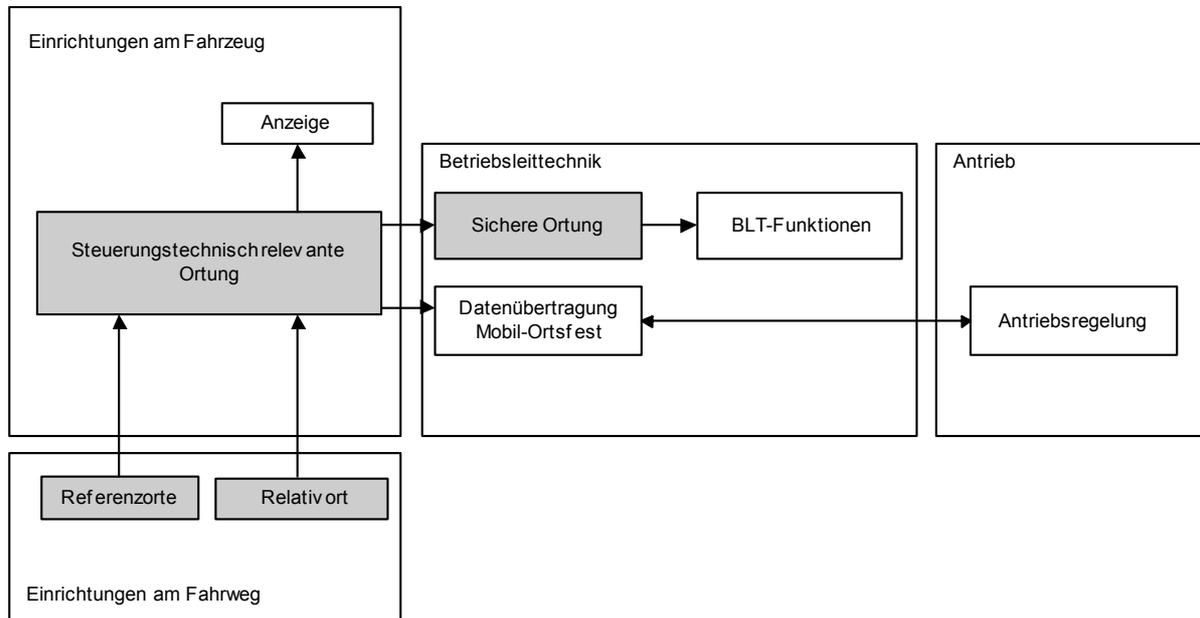


Abbildung 18: Struktur der Ortung (Beispiel)

8.12 Aufgeständerter Fahrweg

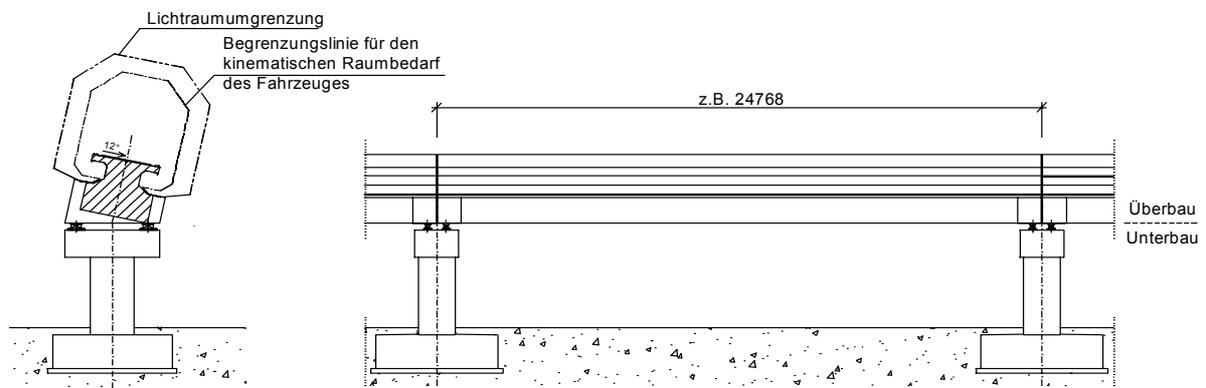


Abbildung 19: Aufgeständerter Fahrweg (Beispiel)

8.13 Ebenerdiger Fahrweg

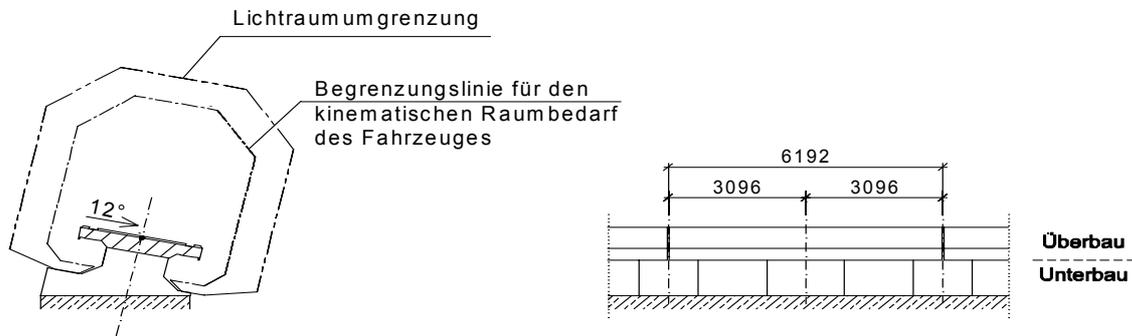


Abbildung 20: Ebenerdiger Fahrweg (Beispiel)

8.14 Trägermaß

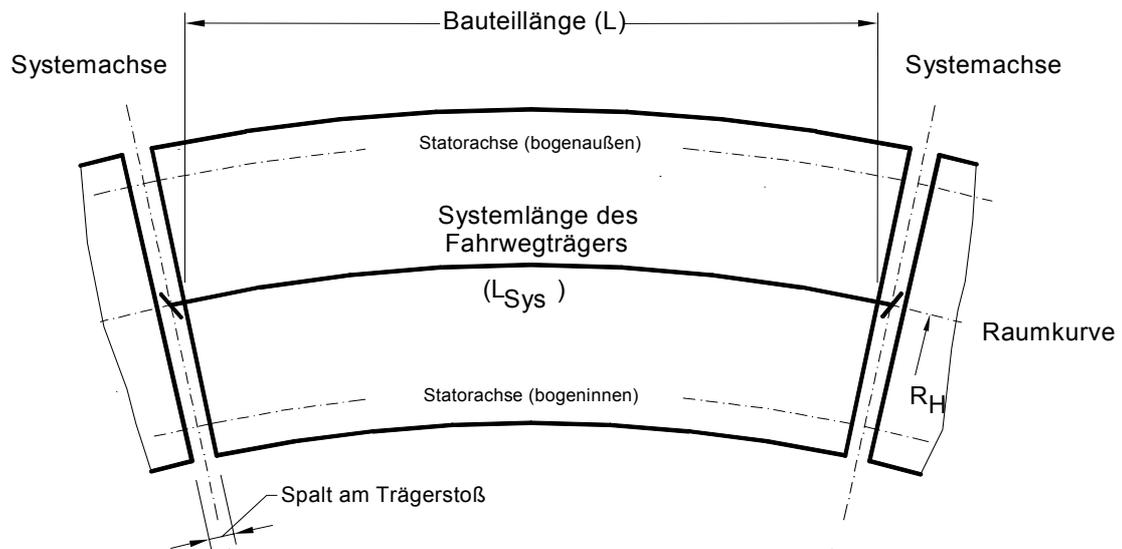
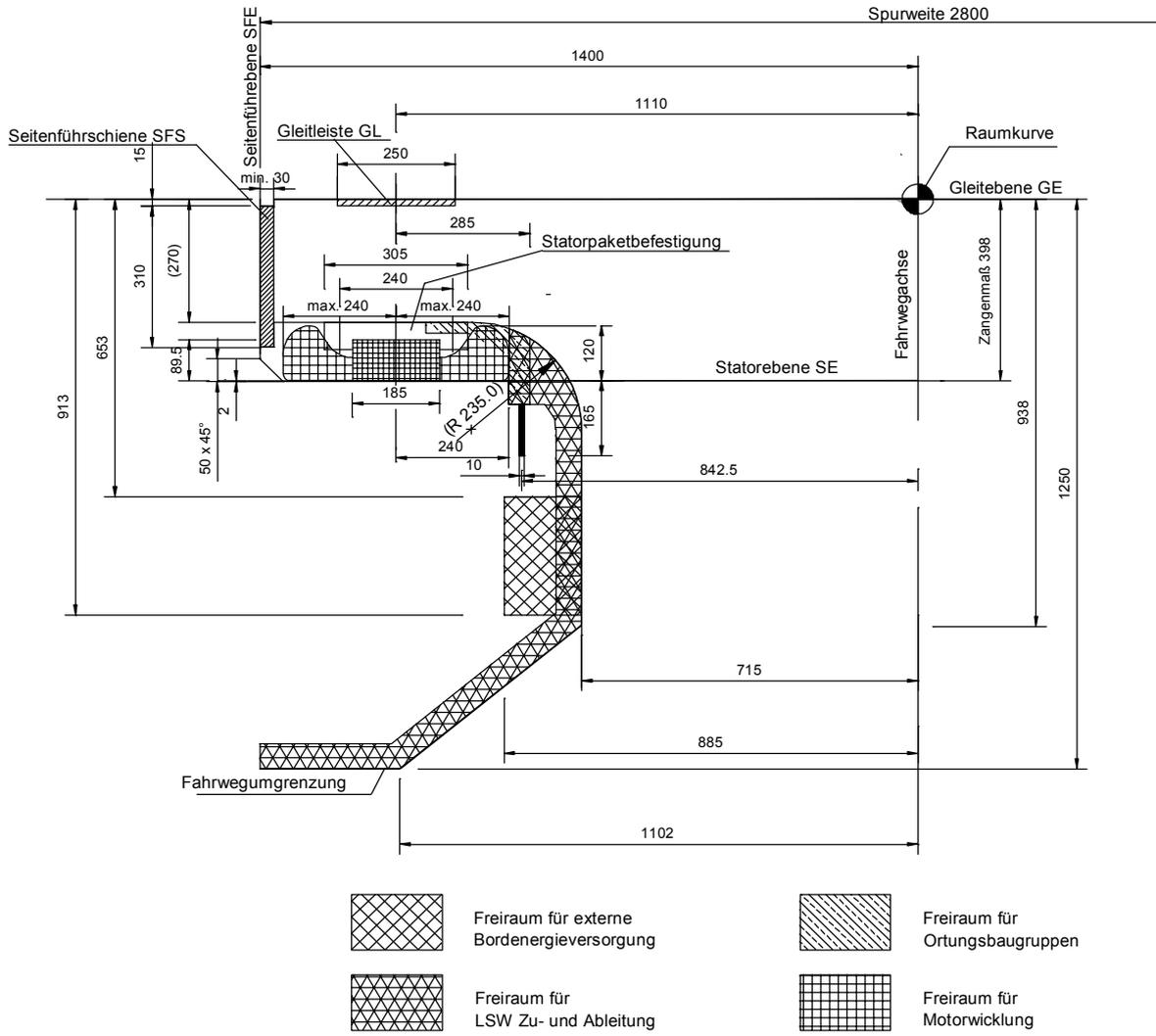


Abbildung 21: Trägermaß - Zusammenhang Bauteillänge/ Systemlänge

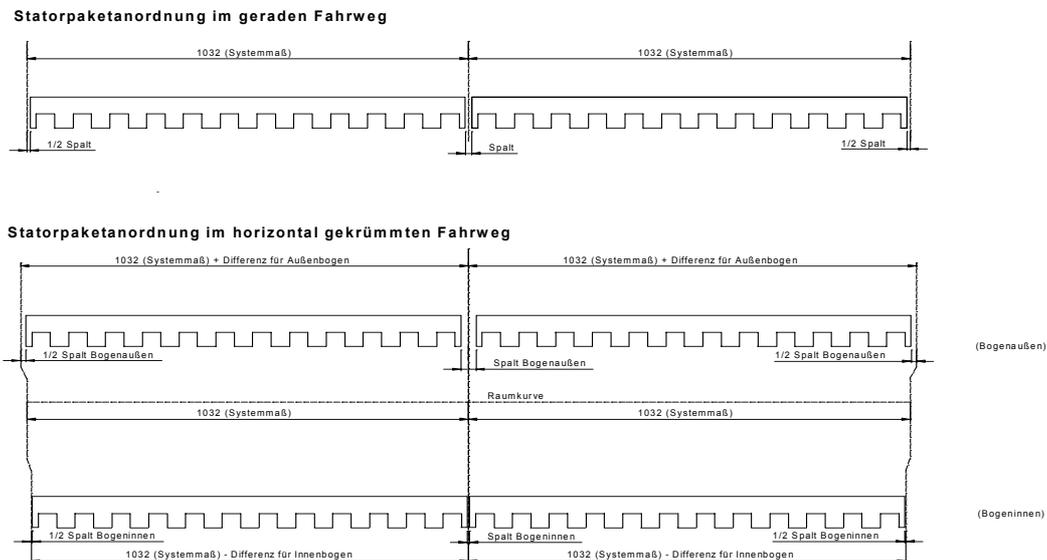
8.15 Fahrwegausrüstung und Funktionsebenen



() Werte in Klammern sind bauartspezifisch

Abbildung 22: Funktionselemente, -ebenen und Einbauräume am Fahrweg, Abmessungen (Nennmaße)

8.16 Statorpaketanordnung



Die Längen der einzelnen Statorpakettypen müssen projektspezifisch festgelegt werden.
 Abbildung 23: Statorpaketanordnung (Beispiel)

8.17 Langstatorwicklung

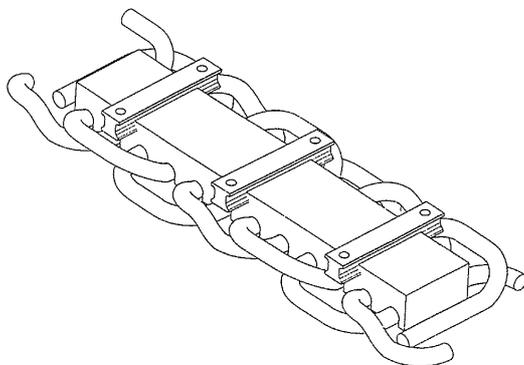
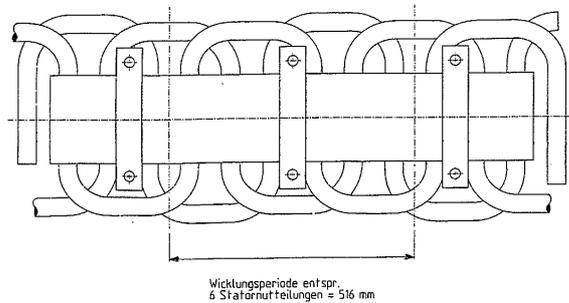


Abbildung 24: Langstatorwicklung (Beispiel)

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
 Gesamtsystem

Dok.-Nr.: 50630 Version Weißdruck Ausg. Datum 15.02.2007

Seite 84 von 92

8.18 Spurwechseleinrichtungen

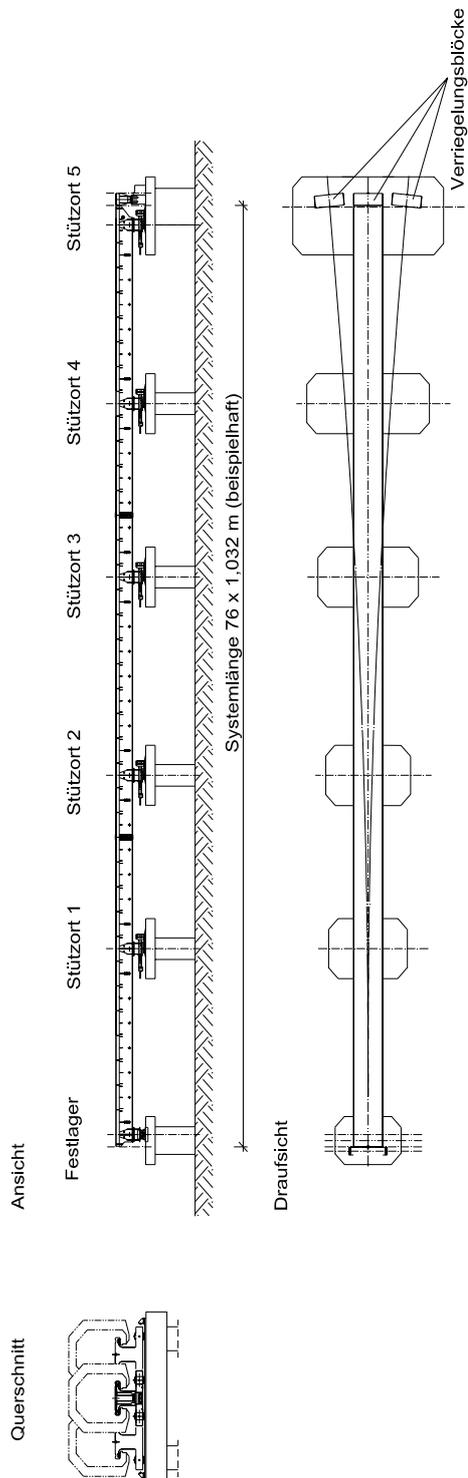


Abbildung 25: Weiche (Beispiel)

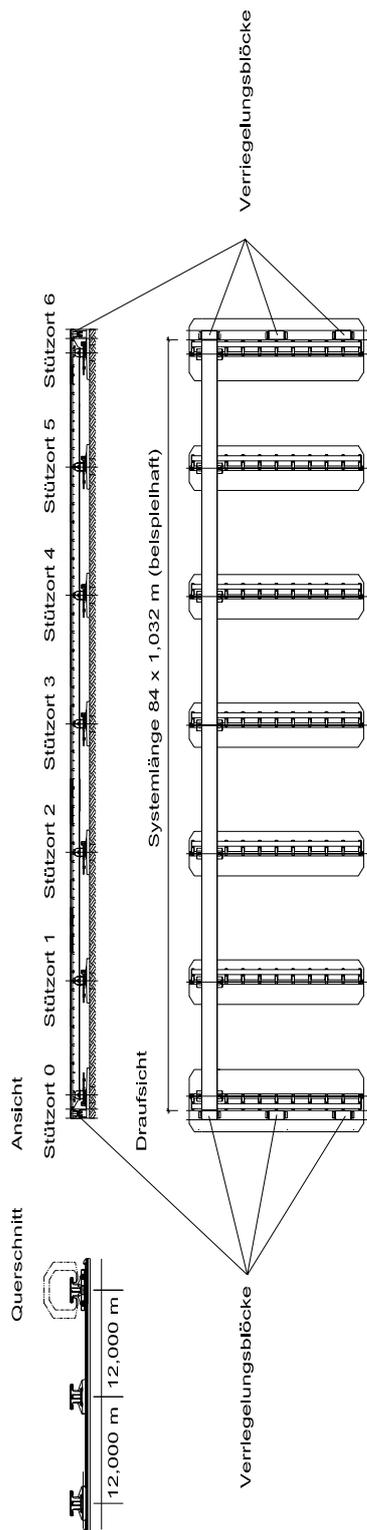


Abbildung 26: Schiebebühne (Beispiel)

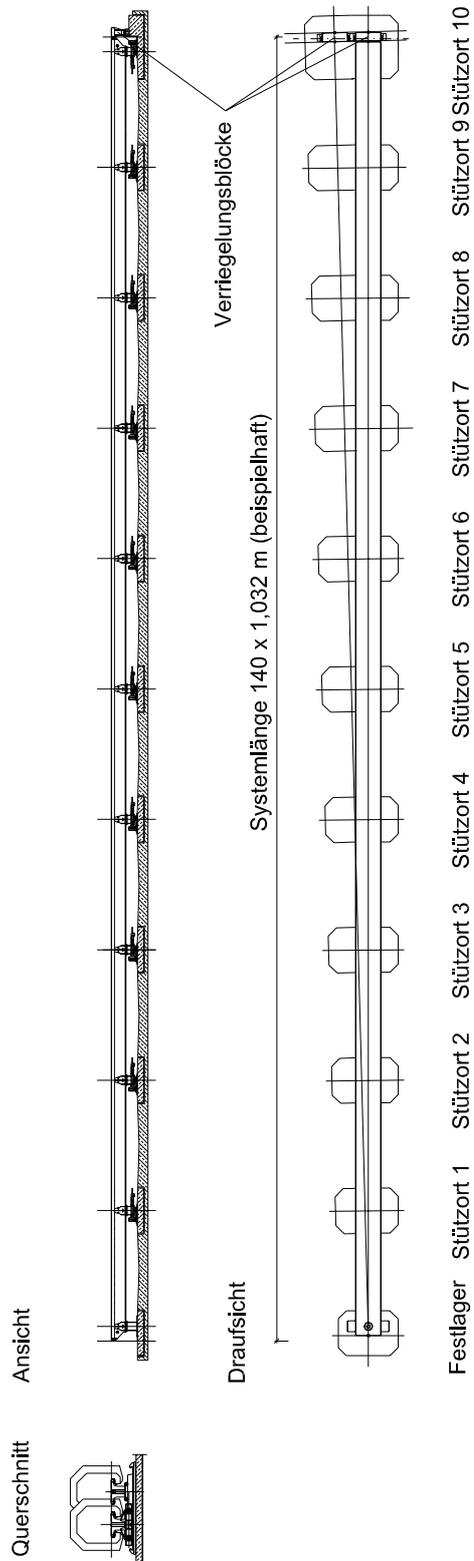


Abbildung 27: Schwenkbühne (Beispiel)

8.19 Schutzbauwerke

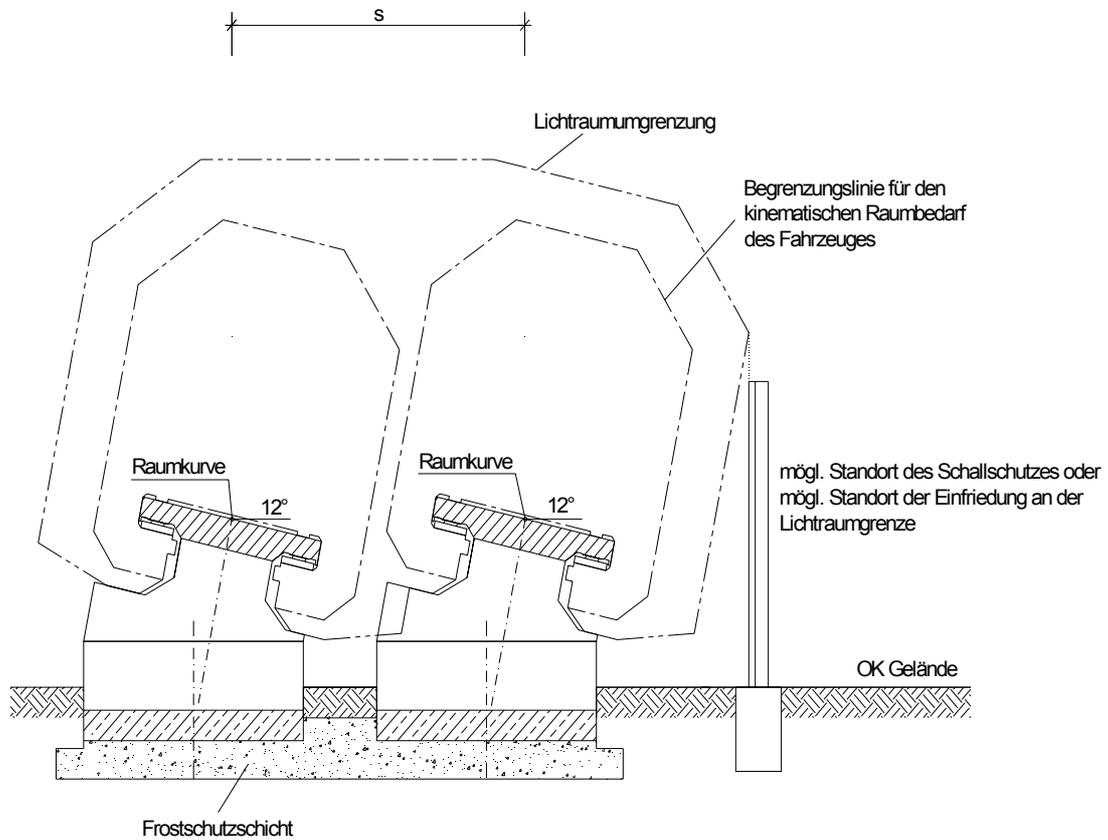


Abbildung 28: Schallschutzwand und Schutzzaun am ebenerdigen Fahrweg (Beispiel)

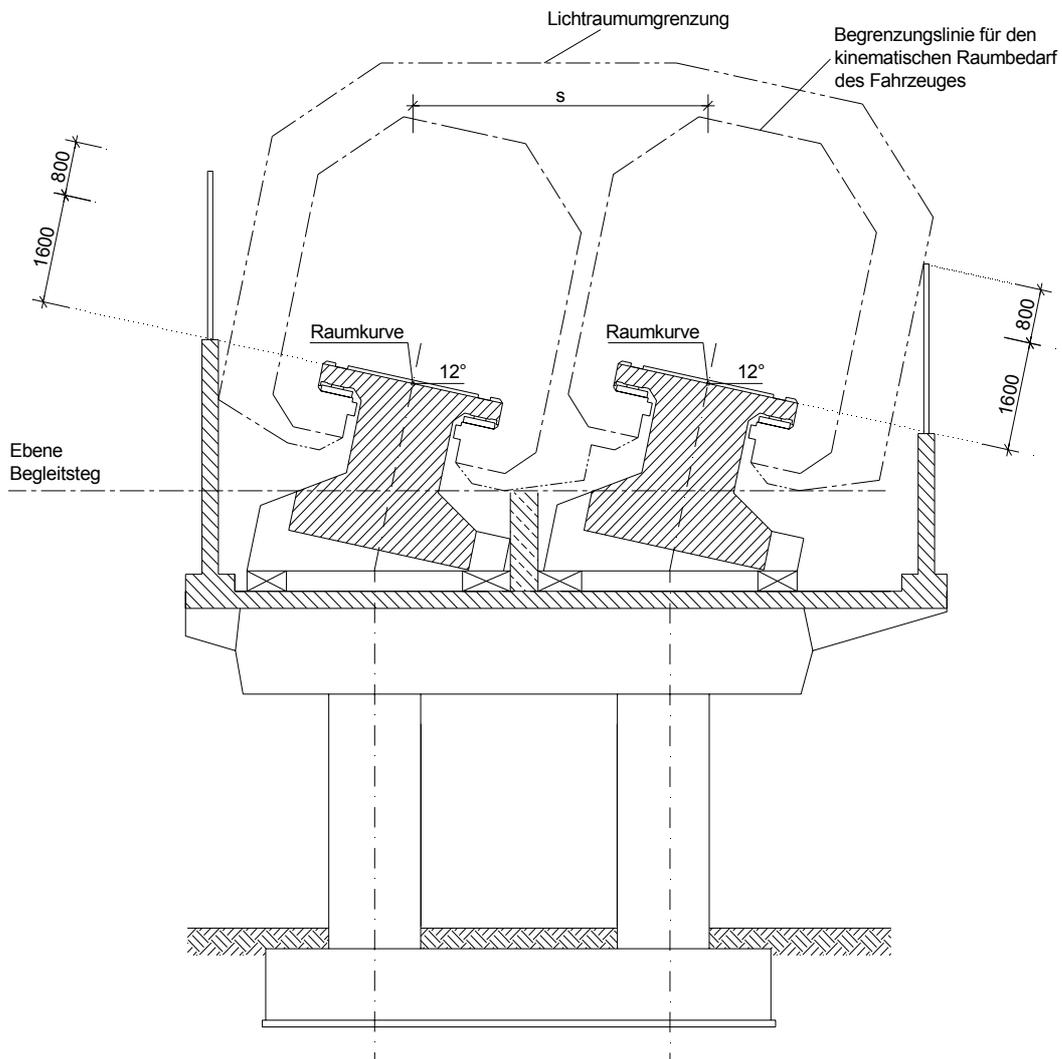
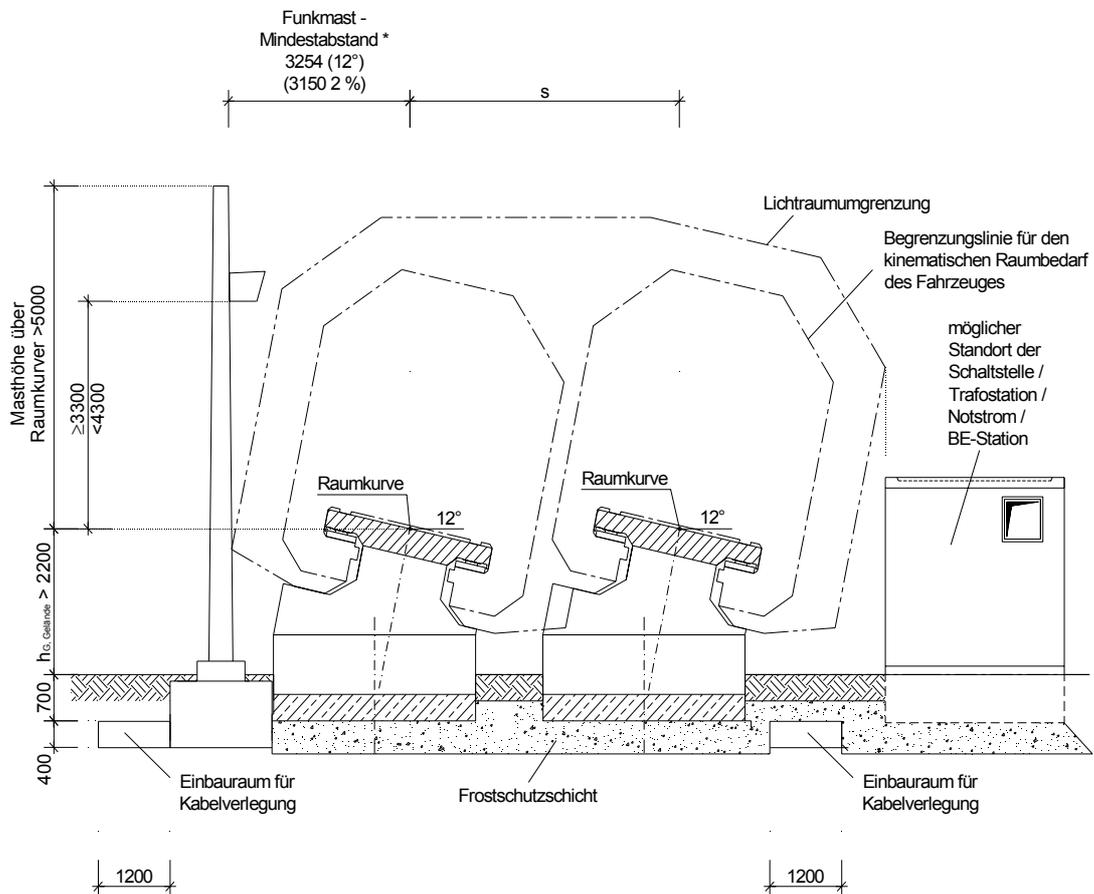


Abbildung 29: Schallschutzwand am aufgeständerten Fahrweg (Beispiel)

8.20 Streckenperipherie



* ausgenommen Sonderfälle

h_{G, Gelände} - Gradientenhöhe über Gelände nach Fertigstellung

Abbildung 30: Streckenperipherie bei ebenerdigem Fahrweg (Beispiel)

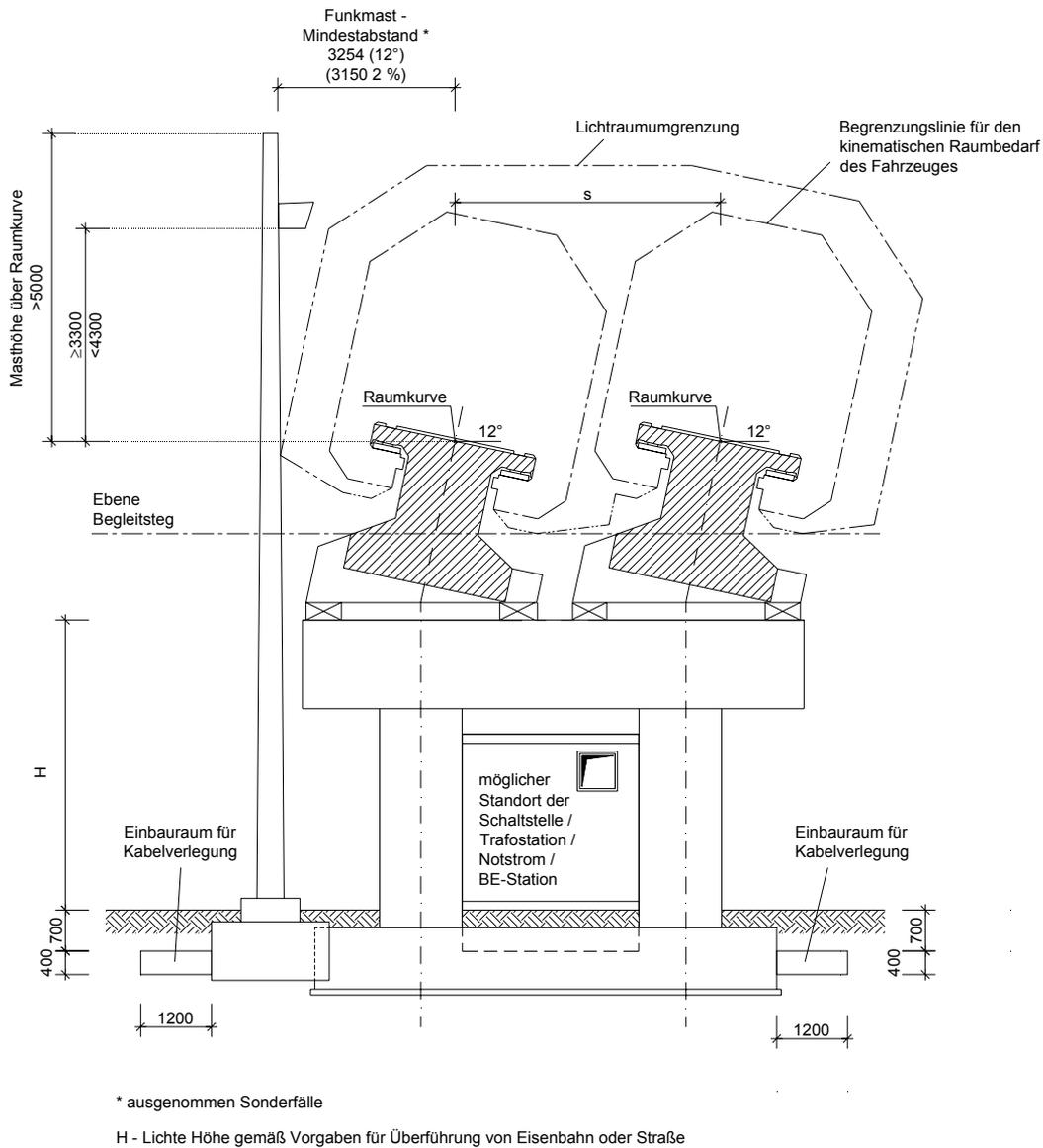


Abbildung 31: Streckenperipherie bei aufgeständertem Fahrweg (Beispiel)

9 Anhang: Magnetschnellbahn-Systemdaten

MSB-Systemdaten
Anhang zur Ausführungsgrundlage Gesamtsystem, Dok.-Nr.: 50630, Weißdruck

Die nachfolgend definierten Systemdaten sind zur Bemessung von Teilsystemen und Baugruppen der MSB erforderlich. Die in diesem Anhang als "Systemkenngrößen" gekennzeichneten Systemdaten gelten für alle Projekte. Die (hier nicht gesondert als "Systemkenngrößen" gekennzeichneten) projekt- bzw. produktspezifischen Daten sind unter Anwendung der Ausführungsgrundlagen projektspezifisch zu bestätigen oder abweichend festzulegen. Die Festlegungen sind in der Nachweisführung zu berücksichtigen.

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
1. Transport / Betriebliche Kenngrößen						
1.1. Geschwindigkeit						
(1)	Fahrzeughöchstgeschwindigkeit	$V_{Fz,hochst}$		500	km/h	Konstante, aus den zulässigen Dauerlasten für das Fahrzeug abgeleitete Geschwindigkeit.
(2)	Fahrzeuggrenzgeschwindigkeit	$V_{Fz,grenz}$		-	km/h	Konstante, aus den zulässigen Fahrzeuglasten (Sonderlastfälle) abgeleitete Geschwindigkeit. Festlegung erfolgt projektspezifisch auf der Grundlage von Störfallbetrachtungen.
(3)	Fahweghöchstgeschwindigkeit	$V_{Fw,hochst} (X)$		≤ 500	km/h	Ortsabhängiger Verlauf der aus der Beanspruchbarkeit des Fahwegs abgeleiteten zulässigen Geschwindigkeit für eine trassierte Strecke.
(4)	Fahwegrenzgeschwindigkeit	$V_{Fw,grenz} (X)$		-	km/h	Ortsabhängiger Verlauf der aus der Beanspruchbarkeit des Fahwegs bei außergewöhnlichen Einwirkungen abgeleiteten zulässigen Geschwindigkeit für eine trassierte Strecke. Festlegung erfolgt projektspezifisch auf der Grundlage von Störfallbetrachtungen.
1.2. Fahrplan						
(1)	Zugfolgezeit			-	min	Projektspezifische Festlegung

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
2. Trassierung						
2.1. Horizontalradius						
(1)	Minimaler Horizontalradius	$R_{H, \min}$	x	350	m	
2.2. Grenzwerte der Querneigung						
(1)	- im Bahnsteigbereich	$\alpha_{\max} (BS)$	x	3	°	Gemäß MbBO § 13 (3) ist die zulässige Querneigung im stehenden Fahrzeug im Bahnsteigbereich auf 3,4° begrenzt. Daraus abgeleitet ergibt sich die max. zulässige Querneigung von 3,0° für die Trassierung.
(2)	- an Betriebshalteplätzen für betrieblich bedingten Halt	$\alpha_{\max} (HP_2)$		6	°	Komfortrichtwert nach projektspezifischer Festlegung
(3)	- an sonstigen Betriebshalteplätzen	$\alpha_{\max} (HP_1)$	x	12	°	
(4)	- ausserhalb von Halteplätzen	$\alpha_{\max} (ST)$	x	12 16	°	MbBO § 13, (3) MbBO § 13, (3) bei Zulassung im Einzelfall
(5)	Sollwert der Querneigung zur Entwässerung der Fahwegträgeroberseite	$\alpha_{\min} (ST)$		≥ 1,15	°	entsprechend 2%
2.3. Vertikalradius						
(1)	Minimaler Vertikalradius	$R_{V, \min}$	x	530	m	
2.4. Grenzwerte der Längsneigung						
(1)	- im Bahnsteigbereich	$S_{\max} (BS), (\beta)$	x	5	‰	MbBO § 13, (2)
(2)	- in Bereichen, in denen stehende Fahrzeuge gegen unbeabsichtigte Bewegungen zu sichern sind	$S_{\max} (BE), (\beta)$	x	5	‰	MbBO § 13, (2), Ausnahme nach MbBO § 5, (1) zulässig
(3)	- an Halteplätzen	$S_{\max} (HP), (\beta)$		≤ 100	‰	Festlegung nach projektspezifischer Festlegung gemäß Nachweis der Haltefunktion
(4)	- ausserhalb von Halteplätzen	$S_{\max} (ST), (\beta)$	x	100	‰	
2.5. Grenzwerte der Fahrwegverwindung						
(1)	Grenzwerte der Fahrwegverwindung	$\Delta\alpha_{\max} (ST)$	x	0,10	°/m	in Sonderfällen bis 0,15°/m bei Kombination von Querneigung größer 12° und Verwindung größer 0,1°/m nur nach Prüfung im Einzelfall.
2.6. Überlagerung von Trassierungselementen						
(1)	$R_{x,z}$ -Kriterium	$R_{x,z, \min}$	x	$f_{x,z}(\Delta\alpha)$	m	
(2)	$R_{x,y}$ -Kriterium	$R_{x,y, \min}$	x	$f_{x,y}(\Delta\alpha)$	m	
2.7. Sonstige Trassierungskenngrößen						
(1)	Spurmittenabstand	S_M	x	≥ 4.400	mm	gemäß MbBO, geschwindigkeitsabhängig
(2)	Lichtraumumgrenzung	-	x	-	mm	gemäß MbBO

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
3.	Beschleunigungen, Rucke, Schwingungen und Drücke					
3.1.	Beschleunigung					
3.1.1.	Längsbeschleunigung (x-Richtung)					
(1)	Maximalwert der Antriebsbeschleunigung	$a_{x,max,Beschleunigen}$	x	$\leq 1,5$	m/s ²	MbBO § 13, (5)
(2)	Maximalwert der Bremsbeschleunigung	$a_{x,max,Bremsen}$	x	$\geq -1,5$	m/s ²	MbBO § 13, (5)
3.1.2.	Unausgeglichene (freie) Seitenbeschleunigung (y-Richtung)					
(1)	Strecke	$a_{y,max}$	x	$\leq 1,5$	m/s ²	nach bogenausssen, MbBO § 13, (4)
(2)	Spurwechseleinrichtung	$a_{y,max,SWE}$	x	$\leq 2,0$	m/s ²	nach bogenausssen, MbBO § 13, (4)
3.1.3.	Normalbeschleunigung (z-Richtung)					
(1)	Wanne	$a_{z,max}$		$\leq 1,2$	m/s ²	MbBO § 13, (6), kann im Einzelfall überschritten werden (veränderliche Einwirkungen)
(2)	Kuppe	$a_{z,min}$		$\geq -0,6$	m/s ²	
3.2.	Ruck					
(1)	Seitenruck	$\delta_{y,max}$		0,5	m/s ³	Komfortkriterium, für Stadteinfahrten bei Zwangspunkten: im Einzelfall bis zu 1,0 m/s ³
(2)	Seitenruck Weiche im Abzweig	$\delta_{y,max,SWE}$		2,0	m/s ³	Komfortkriterium
(3)	Vertikalluck	$\delta_{z,max}$		0,5	m/s ³	Komfortkriterium, im Einzelfall bei Zwangspunkten: bis zu 1,0 m/s ³

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
4.	MSB-Fahrzeug					
4.1.	Fahrzeugkonfiguration					
(1)	Anzahl Fahrzeugsektionen	N_{Sekt}		2 ... 10	Stück	
(2)	Nutzfläche je Fahrzeugsektion	A_{Nutz}		-	m ²	projektspezifische Festlegung
(3)	Sitzplätze je Fahrzeugsektion	N_{Sitz}		-	-	
(4)	Stehplätze je Fahrzeugsektion	N_{Steh}		-	-	
(5)	Nutzlast je Fahrzeugsektion	NL		-	kg	
4.2.	Fahrzeugeometrie					Flughafenanbinder - Planungsstand 2006
(1)	Geometrische Länge Endsektion	L_{ES}		ca. 25	m	
(2)	Geometrische Länge Mittelsektion (Systemlänge Fahrzeugsektion)	L_{MS}	x	24,768	m	s.a. Nr. 6.1.1. (3): Tragmagnetbelegungslänge Mittelsektion
(3)	Geometrische Länge Fahrzeug	L_{FzG}			m	$L_{FzG} = 2 \cdot L_{ES} + (N_{Sekt} - 2) \cdot L_{MS}$
(4)	Äußere Breite Wagenkasten	B_{Wk-A}	x	3.7	m	
(5)	Höhe Wagenkasten über Gradiente (ohne Antenne)	H_{Wk-Grd}		ca. 3,3	m	Fahrzeug abgesetzt, projektspezifisch festzulegen
(6)	Höhe Fußboden Oberkante über Gradiente	$H_{FOk-Grd}$		ca. 0,93	m	Fahrzeug abgesetzt, projektspezifisch festzulegen
(7)	Höhe Fahrzeug (inkl. Antenne) über Gradiente	$H_{FzG-Grd}$		ca. 3,8	m	Fahrzeug abgesetzt, projektspezifisch festzulegen
(8)	Höhe Wagenkasten außen über Fußboden Oberkante	H_{Wk-FOk}		ca. 2,4	m	projektspezifisch festzulegen
(9)	Höhe Gradiente über Fahrzeug-Unterkante	$H_{Grd-FzG,UK}$		ca. 0,9	m	Fahrzeug abgesetzt, projektspezifisch festzulegen
(10)	Gesamthöhe Fahrzeug (ohne Antenne)	$H_{FzG,Ges}$		ca. 4,2	m	projektspezifisch festzulegen
4.3.	Fahrzeuggewichte					Die u.g. Streckenlasten liegen der Fahwegbemessung zugrunde. Eine Toleranz von +/- 5% der Streckenlasten ist fahrzeugeitig zulässig.
(1)	Eigengewicht einer Fahrzeugsektion	M_{EG}		≥	kg	Das Fahrzeuggewicht darf den Wert entsprechend einer Streckenlast von 19 kN/m gemittelt über die Systemlänge einer Fahrzeugsektion nicht unterschreiten.
(2)	Mittleres Gewicht einer Fahrzeugsektion	M_{MG}		≤	kg	Das Mittlere Fahrzeuggewicht entspricht einer durchschnittlichen Streckenlast von 26 kN/m gemittelt über die Systemlänge einer Fahrzeugsektion.
(3)	Zulässiges Gewicht einer Fahrzeugsektion	M_{ZG}		≤	kg	Das Zulässige Fahrzeuggewicht darf den Wert entsprechend einer Streckenlast von 29 kN/m gemittelt über die Systemlänge einer Fahrzeugsektion nicht überschreiten.
(4)	Maximales Gewicht einer Fahrzeugsektion	M_{XG}		≤	kg	Das Maximale Fahrzeuggewicht darf den Wert entsprechend einer Streckenlast von 31 kN/m gemittelt über die Systemlänge einer Fahrzeugsektion nicht überschreiten.

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
5.	Fahrweg					
5.1.	Fahrgewegkonfiguration					
5.1.1.	Grundmaße					
(1)	Statorpaketsystemlänge	$L_{Sp, Sys}$	x	1.032	mm	s. auch Abb. 23 /MSB AG-GESAMTSYS/, Kap. 8. 16
5.1.2.	Regelträgerlängen					
(1)	Regelfahrgeweg I	$L_{Sys, Typ I}$		> 16	m	In der Regel diskret auf Einzelfundamenten gelagert. Projektspezifisch festzulegen.
(2)	Regelfahrgeweg II	$L_{Sys, Typ II}$		≤ 16	m	In der Regel diskret auf Einzelfundamenten gelagert. Projektspezifisch festzulegen.
(3)	Regelfahrgeweg III	$L_{Sys, Typ III}$		ca. 6	m	In der Regel diskret auf Streifenfundamenten gelagert. Projektspezifisch festzulegen.
5.2.	Fahrgeweggeometrie					
(1)	Spurweite (Abstand der Seitenführebenen)	S_{SFE}	x	2.800	mm	
(2)	Fahrgewengemaß Gleitlebene-Statorebene	$T_{ZM, GLE-SE}$	x	398	mm	
5.3.	Lageabweichungen der Funktionsebenen					
5.3.1.	Toleranz Fahrgewengemaß					
(1)	Fahrgewengemaß im Trägerfeld	ΔT_{ZM}		+3 / -5	mm	
(2)	Relativer Unterschied der Zangenmaße am Trägerstoß			± 0,4	mm	
5.3.2.	Toleranz Spurweite					
(1)	Spurweite im Trägerfeld	$\max \Delta S$		± 2	mm	
(2)	Relativer Unterschied der Spurweite am Trägerstoß			± 1	mm	
5.4.	Verformungen Fahrgewegüberbauten					
5.4.1.	in x-Richtung infolge Verkehr					
(1)	am Trägerstoß			10 20	mm	periodisch bei Zwangsbremmung
5.4.2.	in z-Richtung infolge Verkehr					
(1)	Einfeldträger	$\max f_{z, FzG}$	x	$L_{St}/4.000$	mm	bei statischer Einwirkung bei zulässigem Fahrzeuggewicht
(2)	Zweifeldträger		x	$L_{St}/4.800$	mm	bei statischer Einwirkung bei zulässigem Fahrzeuggewicht
(3)	Fahrgewegplatten					Die Konstruktion ist im Einzelfall zu bewerten.
5.4.3.	in y-Richtung infolge Verkehr					
(1)	Einfeldträger	$\max f_{y, FzG}$	x	$L_{St}/15.000$	mm	bei stationärer Einwirkung bei zulässigem Fahrzeuggewicht und $a_y \max$
(2)	Zweifeldträger		x	$L_{St}/18.000$	mm	bei stationärer Einwirkung bei zulässigem Fahrzeuggewicht und $a_y \max$
(3)	Fahrgewegplatten					Die Konstruktion ist im Einzelfall zu bewerten.
5.5.	Spurwechseleinrichtungen					
(1)	Umlaufzeit einer 2-Wege-Weiche von Endlage zu Endlage			30	s	Typischer Wert

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
6.	Geometrie der Schnittstellen Fahrzeug - Fahrgew					
6.1.	Tragmagnet - Langstator					
6.1.1.	Tragmagnet					
(1)	Tragmagnetsystemlänge (Magnet in Regelänge)	$L_{sys, TM}$	x	3.096	mm	
(2)	Tragmagnetmittlenabstand in y-Richtung	$e_{y, TM}$	x	2.220	mm	
(3)	Tragmagnetbelegungslänge Mittelsektion	$L_{TM-B, MS}$	x	24.768	mm	
(4)	Tragmagnetbelegungslänge Endsektion	$L_{TM-B, ES}$		23.753	mm	kein Systemmaß, kann projektspezifisch variieren
6.1.2	Langstator					
(1)	Langstatormittlenabstand in y-Richtung	$e_{y, SP}$	x	2220	mm	Nennmaß
(2)	Breite des Statorpaketes (geometrisch)	$b_{y, SP}$		≥ 185	mm	Typisches Ausführungsbeispiel: 185 mm, projektspezifisch festzulegen
(3)	Polteilung	$e_x, Polteilung$	x	258	mm	Nennmaß, 3-phasige Motorwicklung
(4)	Nutteilung (Mittlenabstand der Motorwicklungskabel)	$e_x, Nutteilung$	x	86	mm	Nennmaß
6.2.	Führmagnet - Seitenführschiene					
6.2.1.	Führmagnet					
(1)	Führmagnetsystemlänge	$L_{sys, FM}$	x	3.096	mm	
6.2.2.	Seitenführschiene					
(1)	Seitenführschienehöhe	h_{FS}	x	310	mm	
(2)	Seitenführschiendicke	d_{SFS}		≥ 30	mm	30 mm, Typisches Ausführungsbeispiel, projektspezifisch festzulegen
6.3.	Bremsmagnet - Seitenführschiene					
(1)	Bremsmagnetmittlenabstand in x-Richtung	$e_{x, BM}$		24.768	mm	Richtwert, projektspezifisch können abweichende Maße festgelegt werden.
6.4.	Tragkufe - Gleitebene					
6.4.1	Tragkufe					
(1)	Tragkufelänge	$L_{x, TK}$		740	mm	Richtwert, projektspezifisch können abweichende Maße festgelegt werden.
(2)	Tragkufenbreite	$b_{y, TK}$		110	mm	Richtwert, projektspezifisch können abweichende Maße festgelegt werden.
(3)	Tragkufenmittlenabstand in x-Richtung	$e_{x, TK}$		3.096	mm	
(4)	Tragkufenmittlenabstand in y-Richtung	$e_{y, TK}$	x	2.220	mm	
6.4.2	Gleitebene					
(1)	Gleitebenen- / Gleiteistenbreite	$\min b_{y, GL}$		≥ 150	mm	

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
7.	Einwirkungen an den Schnittstellen Fahrzeug/Fahrgew in x-Richtung					
(1)	Veränderliche Einwirkungen bei Antrieb/Bremsen	$\max p_x$		4,8	kN/m	Lokales Maximum: im Mittel über eine Fahrzeugsektion 4,4 kN/m bei einer Mittelsektion mit 24,768 m Länge. Begrenzung des Antriebsstroms so, dass die maximal zulässige Kraft nicht überschritten wird.
(2)	Ausgewöhnliche Einwirkungen (symmetrisch)	$\max p_x$		10,0	kN/m	Entspricht ca. 250 kN/Fahrzeugsektion bei einer Mittelsektion mit 24,768 m Länge
(3)	Ausgewöhnliche Einwirkungen (asymmetrisch)	$\max p_x$ r.l		5,5 bzw. 2,0	kN/m	Entspricht einer maximalen Gesamtkraft von 185 kN/Fahrzeugsektion bei einer Mittelsektion mit 24,768 m Länge und einer maximalen Ungleichverteilung von 0,73 : 0,27 zwischen den beiden Fahrgew./Fahrzeugseiten
8.	Antrieb					
8.1.	Motorgeometrie					
	siehe <i>Tragmagnet und Langstator</i>			-		
8.2.	Motorkonstanten					
(1)	Schubkraftkonstante je Mittelsektion	$c_{M,MS}$		-	N/A	Zugeschnittene Größengleichung: $c_{M,MS} = 43,0 \cdot \sqrt{(m_{MS}[t] / 64,5 t)}$ mit m_{MS} - Ist-Gewicht Mittelsektion Werte können bei sehr hohen und sehr niedrigen Temperaturen aufgrund der Längenänderung langer MSB-Fahrzeuge variieren.
(2)	Schubkraftkonstante je Endsektion	$c_{M,ES}$		-	N/A	Zugeschnittene Größengleichung: $c_{M,ES} = 41,3 \cdot \sqrt{(m_{ES}[t] / 62,0 t)}$ mit m_{ES} - Ist-Gewicht Endsektion Werte können bei sehr hohen und sehr niedrigen Temperaturen aufgrund der Längenänderung langer MSB-Fahrzeuge variieren.
(3)	Induzierte Motorspannung je Fahrzeugsektionslängsseite	u_p		-	V	Entspricht $1/6 \cdot c_M \cdot \text{Geschwindigkeit}$
(4)	Leiterquerschnitt	A_S		300	mm	Richtwert für Aluminiumleiter
(5)	Leitenwiderstand	R_S		0,23	Ω	Richtwert pro km Statorlänge bei 20°C und 0-30 Hz
(6)	Widerstand/Temperaturbeiwert	θ_{St}		0,004	1/°C	Richtwert Faktor ist: $(1 + \theta_{St} \cdot (T - 20^\circ\text{C}))$
(7)	Widerstand/Frequenzbeiwert	f_{St}		0,004	s	Richtwert Faktor ist: $(1 + f_{St} \cdot (\text{Frequenz} - 30\text{Hz}))$
(8)	Streuinduktivität	L_S		2,6	mH	Richtwert pro km Statorlänge ohne Fahrzeug
(9)	Fahrzeughauptinduktivität	L_h		0,1	mH	Richtwert je Sektion und Seite ind. L_S
(10)	Erkappazität	C_S		1	μF	Richtwert pro km Statorlänge
(11)	Längenfaktor Wanderfeldleitung/Langstator			2,35		Richtwert
(12)	Max. Leitertemperatur	$T_{L,max}$		70	°C	Richtwert aus Lebensdauergründen, technisch 90°C
(13)	Thermische Zeitkonstante	t_{Stat}		1...5	h	Richtwert
(14)	Nennspannung	U_{Nenn}		10...20	kV	Richtwert verkettete Grundschwingung effektiv
8.3.	Motorverschaltung					
(1)	Motorabschnittslänge	ds		1.200	m	Richtwert, individuell zwischen ca. 0,5 und 3 km
(2)	Motorabschnittsversatz	$vers$		300	m	Richtwert, individuell zwischen 0 und ds/2

Nr.	Bezeichnung	Formelzeichen	Systemkenngröße	Wert	Einheit	Erläuterung
9.	Betriebsleittechnik					
9.1	Sichere Ortung					
(1)	Ungenauigkeit der Ortsinformation statisch			2	m	Beispielwert. Der Wert ist projektspezifisch zu ermitteln.
(2)	Ungenauigkeit der Geschwindigkeitsinformation			5	km/h	Beispielwert. Der Wert ist projektspezifisch zu ermitteln.
9.2	Fahrzeugbezogene Geschwindigkeiten					
(1)	Abseitzgeschwindigkeit			5	km/h	Beispielwert. Der Wert ist projektspezifisch zu ermitteln.
9.3	Verzögerungs- und Laufzeiten					
(1)	Max. Antriebsabschaltzeit			2,3	s	Richtwert für die Abschaltzeit der Antriebs- und Bremsenergie bei sicherheitsrelevantem Abschaltgrund durch die BLT
10.	Aerodynamik					
10.1.	Druck bei Fahrzeugvorbeifahrt					
(1)	Max. Druckamplitude auf die Fahrzeugseitenflächen		x	2.400	Pa	
(2)	Druckamplitude auf Bauten am Fahweg			-	Pa	abhängig von Abstand und Fahrzeuggeschwindigkeit
(3)	Druckbelastung auf den Fahwegtisch und auf den Fahrzeugunterboden		x	-7,6 bis 15,2	kN/m ²	
10.2.	Druck bei Tunnelfahrt					
(1)	Auslegungsdruck für Tunnelbemessung			5.500	Pa	Druckdifferenz Fahrzeug innen / aussen
(2)	Auslegungsdruck für Fahrzeugbemessung			6.000	Pa	Druckdifferenz Fahrzeug innen / aussen