

# **Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage**

## **Fahrweg Teil IV Trassierung**

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

## **1 Verteiler**

Dieses Dokument wurde vom Fachausschuss Fahrweg zur Veröffentlichung freigegeben.

## **2 Änderungsübersicht**

Datum der Freigabe: 15.02.2007, Weißdruck, Fachausschuss Fahrweg.

### 3 Inhaltsverzeichnis

1	Verteiler .....	2
2	Änderungsübersicht .....	3
3	Inhaltsverzeichnis .....	4
4	Allgemeines .....	8
4.1	Zweck und Anwendungsbereich .....	8
4.2	Magnetschnellbahn-Ausführungsgrundlagen .....	8
4.3	Abkürzungen und Definitionen .....	8
4.4	Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien .....	8
4.5	Kennzeichnung und Verbindlichkeit von Anforderungen .....	9
5	Trassierung .....	10
5.1	Allgemeine Trassierungsgrundsätze .....	10
5.1.1	Fahrwegachse (Raumkurve) .....	10
5.1.2	Kilometrierung .....	10
5.1.3	Grund- und Aufrisstrassierung .....	10
5.1.4	Einrechnung des Trassierungsentwurfes .....	10
5.2	Trassierungselemente Grundriss .....	11
5.2.1	Regelfahrweg .....	11
5.3	Trassierungselemente Aufriss .....	14
5.3.1	Regelfahrweg .....	14
5.3.2	Weichen .....	14
6	Trassierungsparameter .....	15
6.1	Geometrische Trassierungsparameter .....	15
6.1.1	Grenzwerte der Fahrweglängsneigung .....	15
6.1.2	Grenzwerte der Fahrwegquerneigung .....	16
6.1.3	Fahrwegverwindung und minimal zulässige Verwindungslänge .....	18
6.1.4	Minimal zulässiger Horizontalradius .....	19
6.1.5	Minimal zulässiger Vertikalhalbmesser .....	21
6.1.6	$R_{x,z}$ -Kriterium .....	23
6.1.7	$R_{x,y}$ -Kriterium .....	24
6.2	Fahrdynamische Vorgaben .....	25
6.2.1	Streckenricht- und Streckenhöchstgeschwindigkeit .....	25
6.2.2	Beschleunigungen .....	26

6.2.2.1	Antriebs- und Bremsbeschleunigung .....	27
6.2.2.2	Unausgeglichene Seitenbeschleunigung .....	27
6.2.2.3	Normalbeschleunigung (Komfortwert).....	29
6.2.3	Rucke .....	30
6.2.3.1	Seitenruck .....	31
6.2.3.2	Vertikalruck .....	32
6.2.3.3	Längsruck.....	33
6.2.3.4	Omnidirektionaler Ruck.....	33
6.2.4	Mindestlänge Sinusoide .....	34
6.2.5	Mindestlänge Klotoide.....	35
6.2.6	Komfortkriterien in Abhängigkeit der Gesamtfahrzeit der trassierten Strecke .....	36
7	Stützenteilung und Feldweiten .....	39
7.1	Einspurfahrweg .....	39
7.2	Doppel- oder Mehrspurfahrweg .....	40
8	Spurmittenabstand und Lichtraum .....	41
8.1	Spurmittenabstand .....	41
8.1.1	Genauigkeit.....	41
8.1.2	Nichtparallelität von Sinusoiden .....	41
8.2	Lichtraum und Begrenzungslinien.....	42
9	Spurwechseleinrichtungen .....	47
9.1	Allgemeines.....	47
9.2	Weichen .....	47
9.2.1	Allgemein .....	47
9.2.2	Ausführungsbeispiele Weichen .....	48
9.2.2.1	Schnellfahrweiche .....	49
9.2.2.2	Langsamfahrweiche .....	50
9.2.2.3	Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen .....	52
9.2.2.4	Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen .....	54
9.2.2.5	X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen bei Spurmittenabstand 5,10 m .....	56
9.3	Schiebebühne und Schwenkbühne.....	58
10	Betriebsanlagen .....	59

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Geometrische und fahrdynamische Eigenschaften der Sinusoide..... 12  
Abbildung 2: Geometrische und fahrdynamische Eigenschaften der Klotoide ..... 13  
Abbildung 3: Minimaler zulässiger Horizontalradius ..... 20  
Abbildung 4: Minimal zulässiger Vertikalhalbmesser ..... 22  
Abbildung 5: Vorzeichen der Beschleunigungen ..... 26  
Abbildung 6: Fahrkomfort Längs- und Seitenbeschleunigung (nach ISO 2631) ..... 37  
Abbildung 7: Fahrkomfort - Normalbeschleunigung (nach ISO 2631) ..... 38  
Abbildung 8: Raumkurvenlängen bei mehreren Fahrspuren ..... 40  
Abbildung 9: Lichtraum und Begrenzungslinien der MSB-Einzelspur,  $\alpha = 0^\circ$  ..... 42  
Abbildung 10: Lichtraum und Begrenzungslinien der MSB-Doppelspur,  $\alpha = 0^\circ$  ..... 43  
Abbildung 11: Lichtraum und Begrenzungslinien der MSB-Einzelspur,  $\alpha \leq 12^\circ$  ..... 44  
Abbildung 12: Lichtraum und Begrenzungslinien der MSB-Doppelspur,  $\alpha \leq 12^\circ$  ..... 45  
Abbildung 13: Lichtraum der MSB in Abhängigkeit der  $\alpha \leq 12^\circ$  ..... 46  
Abbildung 14: Gliederung der Spurwechseleinrichtungen ..... 47  
Abbildung 15: Krümmungsband Weiche ..... 48  
Abbildung 16: Trassierungselemente Schnellfahrweiche (Ausführungsbeispiel)..... 49  
Abbildung 17: Trassierungselemente 2-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel) ..... 50  
Abbildung 18: Stellvarianten der 3-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel)..... 51  
Abbildung 19: Trassierungselemente der Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen  
(Ausführungsbeispiel) ..... 52  
Abbildung 20: Trassierungselemente der Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen  
(Ausführungsbeispiel) ..... 54  
Abbildung 21: X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Spurmittenabstand 5,10 m)  
(Ausführungsbeispiel) ..... 56  
Abbildung 22: Schiebebühne (Beispiel) ..... 58  
Abbildung 23: Schwenkbühne (Beispiel)..... 58

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1:	Fahrweglängsneigung.....	15
Tabelle 2:	Fahrwegquerneigung .....	16
Tabelle 3:	Grenzwerte für $R_{x,z}$ bei Fahrwegverwindung.....	23
Tabelle 4:	Richtung von Beschleunigungsüberschuss und -fehlbetrag .....	28
Tabelle 5:	Spurmittenabstand .....	41
Tabelle 6:	Trassierungsparameter Schnellfahrweiche (Ausführungsbeispiel) .....	49
Tabelle 7:	Fahrdynamische Werte Schnellfahrweiche (Ausführungsbeispiel) .....	49
Tabelle 8:	Trassierungsparameter 2-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel) .....	50
Tabelle 9:	Fahrdynamische Werte der 2-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel) ...	50
Tabelle 10:	Trassierungsparameter der Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen (Ausführungsbeispiel) .....	52
Tabelle 11:	Fahrdynamische Werte der Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen (Ausführungsbeispiel) .....	53
Tabelle 12:	Trassierungsparameter der Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Ausführungsbeispiel) .....	54
Tabelle 13:	Fahrdynamische Werte der Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Ausführungsbeispiel) .....	55
Tabelle 14:	Trassierungsparameter der X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Spurmittenabstand 5,10 m) (Ausführungsbeispiel).....	56
Tabelle 15:	Fahrdynamische Werte der X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Spurmittenabstand 5,10 m) (Ausführungsbeispiel).....	57

## 4 Allgemeines

### 4.1 Zweck und Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument spezifiziert die allgemeingültigen technischen Vorgaben zur Trassierung von Magnetschnellbahnfahrwegen.

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 /MSB AG-GESAMTSYS/ dargestellt.

Die übergeordneten Dokumente Ausführungsgrundlage Gesamtsystem und seine Anlagen gelten einheitlich für die gesamte Dokumentation:

- 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&IH/
  - Anlage 5: Schall, Dok.-Nr: 72963, /MSB AG-SCHALL/

### 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 Dokumentes sind

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

dargestellt (siehe /MSB AG-FW ÜBG/).

## 5 Trassierung

### 5.1 Allgemeine Trassierungsgrundsätze

*Die Trassenführung sollte unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten so gewählt werden, dass bei Betrieb mit dem zugrunde gelegten Sollfahrprofil eine wirtschaftlich optimale Abstimmung zwischen fahrdynamischen Erfordernissen, Fahrkomfort, Baukosten und Instandhaltungsaufwand erreicht wird.*

*Es sollte angestrebt werden, dass das Fahrzeug große Streckenabschnitte mit gleich bleibender Geschwindigkeit befahren kann.*

*Weitere trassierungsrelevante Anforderungen beispielsweise aus Gründen der Ökologie, des Schallschutzes, der Bündelung mit anderen Verkehrstrassen, ästhetischen Gesichtspunkten und der Produktgestaltung können auf die Planung der Trassenlage Einfluss nehmen und sind projektspezifisch einzubeziehen.*

#### 5.1.1 Fahrwegachse (Raumkurve)

*Fahrwegachsen (Raumkurven) setzen sich zusammen aus der räumliche Überlagerung der Grund- und Aufrisstrassierung.*

Fahrwegachsen sind mit einer eindeutigen Bezeichnung zu versehen. Diese sollte numerisch und 3-stellig sein.

Bei mehrspurigen Fahrwegen ist jede Fahrwegachse getrennt zu trassieren.

#### 5.1.2 Kilometrierung

Die Kilometrierung ist aufgrund der system- und konstruktionsbedingten Verwendung von Fertigteilen auf die räumliche Abwicklung der Fahrwegachse (Raumkurve) zu beziehen.

#### 5.1.3 Grund- und Aufrisstrassierung

Die Trassierung im Grund- und Aufris soll zunächst getrennt durchgeführt werden.

Die sich durch die Überlagerung der Grund- und Aufrisstrassierung ergebende Raumkurve muss alle in dieser Ausführungsgrundlage enthaltenen Bedingungen erfüllen.

Die Trassierung der gesamten räumlichen Strecke ist mit den maßgeblichen, simulierten Istfahrprofilen auf die durchgängige Einhaltung der projektierten Komfortgrenzwerte zu überprüfen.

#### 5.1.4 Einrechnung des Trassierungsentwurfes

Der Trassierungsentwurf soll auf der Grundlage von Lage- und Höhenplänen und deren Abbildungssysteme durchgeführt werden.

Die geometrische bzw. geodätische Grundlage der Lage- und Höhenpläne ist auf die Anwendungsfähigkeit zu überprüfen.

Für die entwurfstechnischen Folgearbeiten (Festlegung der Stützeinteilung, Brückenbauwerke, Weichenanlagen) sowie für die spätere Bauabsteckung ist der graphische Entwurf nach Lage und Höhe in das Magnetbahnkoordinatensystem MKS /MSB AG-FW VERM/ einzurechnen.

Vorhandene Zwangspunkte sind vermessungstechnisch zu erfassen, zu koordinieren und bei der Einrechnung zu berücksichtigen.

Die Einrechnung ist so vorzunehmen, dass

- der Trassenverlauf innerhalb der üblichen Genauigkeit mit der graphischen Darstellung in den Entwurfsplänen übereinstimmt,
- in den Trassenhauptpunkten streng tangentielle Übergänge vorliegen,
- im Krümmungs- und Querneigungsband ein stetiger Verlauf vorliegt (Ausnahme Krümmungsband Biegeweichen und  $v_{\text{höchst}} < 100 \text{ km/h}$ ) und
- die dreidimensionalen Koordinaten Rechts, Hoch, Höhe aller Trassenhauptpunkte mit den entsprechenden Kilometrierungen ermittelt werden.

In den Berechnungen sind die

- Koordinaten und Höhen auf vier Nachkommastellen (1/10 mm) und
- Winkelangaben auf 5 Nachkommastellen

auszuweisen.

## 5.2 Trassierungselemente Grundriss

### 5.2.1 Regelfahrweg

Trassierungselemente des Grundrisses sind:

- Geraden ( $R_H = \infty$ )
- Kreisbögen ( $R_H = \text{konstant}$ )
- Sinusoiden (Regelfall als Übergangsbogen)
- Klotoiden (Sonderfall als Übergangsbogen)

*Als Übergangsbögen sollten Sinusoiden verwendet werden.*

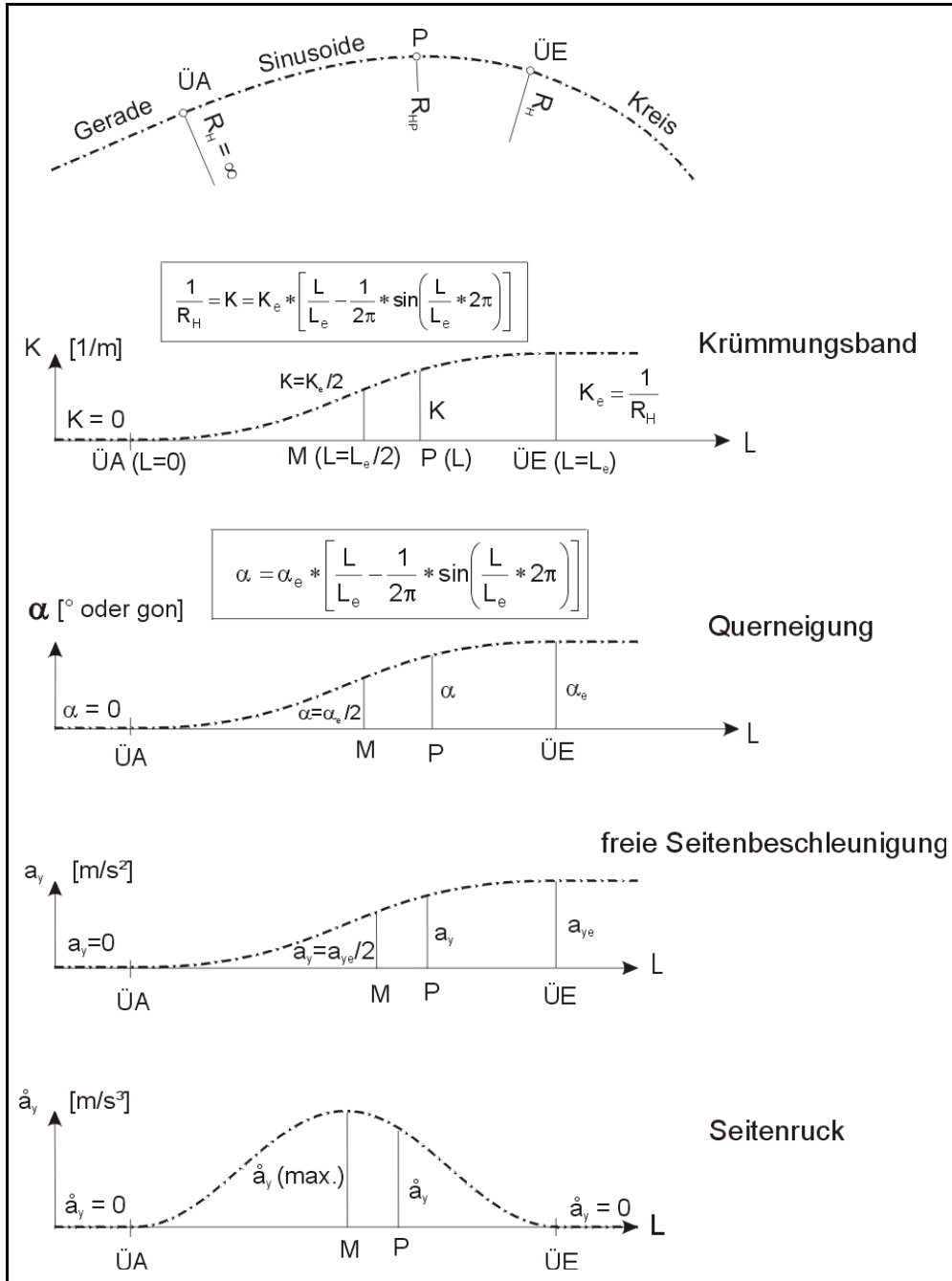
*Bei Sinusoiden ergeben sich Krümmung, Querneigung, unausgeglichene Seitenbeschleunigung und Seitenruck als stetige Funktion der Zeit und der gefahrenen Strecke.*

*Klotoiden als Übergangsbögen können im Beschleunigungs- und Bremsbereich an Stationen und in Bereichen ohne Fahrgäste (z.B. IHZ-Zufahrten) verwendet werden. Dies gilt nur für Streckenabschnitte auf denen die Geschwindigkeit des Sollfahrprofils nicht mehr als 100 km/h beträgt.*

*Eine spätere Nutzung des Streckenteils mit einer höheren Maximalgeschwindigkeit (z.B. im Falle einer Netzerweiterung und möglichen Durchfahrt an dieser Station) sollte abgeschätzt werden.*

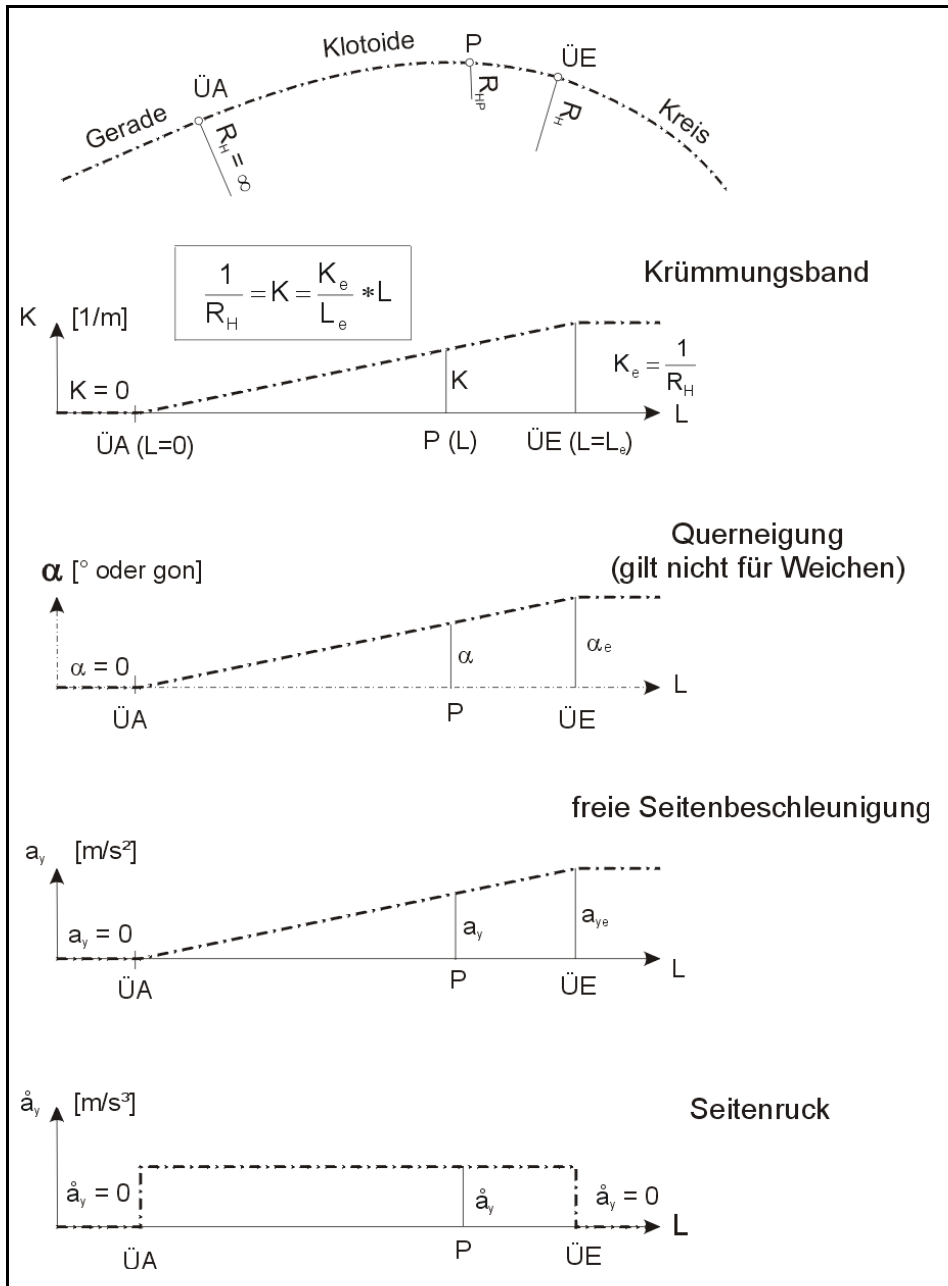
Wendelinien (S-Schläge) sind als ein Element (durchgehende Sinusoide) zu trassieren.

Die geometrischen und fahrdynamischen Eigenschaften der Sinusoide bzw. der Klotoide sind nachfolgend in Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellt. Die Berechnung der Mindestlänge der Sinusoiden bzw. Klotoiden ist unter Punkt 6.2.4 erläutert.



**Abbildung 1: Geometrische und fahrdynamische Eigenschaften der Sinusoide**

Die Querneigung wird analog zur Krümmung sinusförmig aufgebaut.



**Abbildung 2: Geometrische und fahrdynamische Eigenschaften der Klotoide**

## **5.3 Trassierungselemente Aufriss**

### **5.3.1 Regelfahrweg**

Der Aufriss des Regelfahrweges enthält:

- Geraden ( $R_V = \infty$ )
- Halbmesser (Kreisbögen,  $R_V = \text{konstant}$ )
- Klotoiden (Übergangsbogen)

*Zwischen den Geraden und den Halbmessern sind Klotoiden zur Vermeidung von Krümmungssprüngen im Gradientenverlauf (Vertikalruck  $\dot{a}_z = \infty$ ) einzuschalten.*

*Die maximal zulässige Längsneigung in den Geraden ist unter Punkt 6.1.1 festgelegt.*

### **5.3.2 Weichen**

*Weichen dürfen nicht im Bereich von Vertikalausrundungen angeordnet werden. Die maximal zulässige Längsneigung in den Geraden ist unter Punkt 6.1.1 festgelegt.*

## 6 Trassierungsparameter

### 6.1 Geometrische Trassierungsparameter

Explizit ausgewiesene Sonderfälle sind genehmigungspflichtig.

Für Ausnahmen von den Vorschriften der MbBO gilt MbBO §3 (2) und §5 (1) 2.

#### 6.1.1 Grenzwerte der Fahrweglängsneigung

In Tabelle 1 sind die Grenzwerte der Fahrweglängsneigung aufgeführt.

Ort	Bereich	Grenzwert	Festlegung durch
Freie Strecke, außerhalb von Halteplätzen		$ s  = 100 ‰$	MbBO § 13 (2)
Innerhalb von Halteplätzen	Bahnsteigbereich	$ s  = 5 ‰$	MbBO § 13 (2)
	Betriebshalteplätze für betrieblich bedingten Halt	$ s  = 100 ‰$ gemäß Nachweis der Haltefunktion	MbBO § 13 (2)
	Sonstige Betriebshalteplätze	$ s  = 100 ‰$ gemäß Nachweis der Haltefunktion	MbBO § 13 (2)
	Evakuierungshalteplätze	$ s  = 5 ‰$	MbBO § 13 (2)

**Tabelle 1: Fahrweglängsneigung**

Vorzeichenregel: + s = Steigung

- s = Gefälle

### 6.1.2 Grenzwerte der Fahrwegquerneigung

Zur Ausschaltung bzw. Herabsetzung der bei Kurvenfahrten auftretenden unausgeglichenen Seitenbeschleunigungen sind die Fahrwegebenen quergeneigt anzulegen. Die Grenzwerte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

*Die Querneigung wird durch die Drehung der Fahrwegüberbauten um die Fahrwegachse, die in ihrer Höhenlage (Gradiente) erhalten bleibt, erzeugt. Der Fahrzeugschwerpunkt bewegt sich somit stets im gleichen Abstand von der räumlichen Fahrwegachse. Beim Halt (an Bahnsteigen oder Betriebshalteplätzen) verursacht die Querneigung eine Beschleunigung nach bogeninnen.*

Ort	Bereich	Grenzwert	Festlegung durch
Freie Strecke, außerhalb von Halteplätzen		$ \alpha  = 12^\circ$	MbBO § 13 (3)
		$ \alpha  = 16^\circ$ in Sonderfällen	MbBO § 13 (3)
Innerhalb von Halteplätzen	Bahnsteigebereich	$ \alpha  = 3,0^\circ *$	Gesamtsystem
	Betriebshalteplätze für betrieblich bedingten Halt	$ \alpha  = 6,0^\circ$	Gesamtsystem Entspricht $a_y = 1,0$ m/s <sup>2</sup> (Bogeninnen)
	Sonstige Betriebshalteplätze	$ \alpha  = 12^\circ$	Gesamtsystem Entspricht $a_y = 2,0$ m/s <sup>2</sup> (Bogeninnen)
	Evakuierungshalteplätze	$ \alpha  = 6,0^\circ$	Gesamtsystem Entspricht $a_y = 1,0$ m/s <sup>2</sup> (Bogeninnen)
Weichen		$ \alpha  = 0^\circ$	Gesamtsystem Geradausstellung bzw. Abbiegestellung (rechnerisch bei $ s  = 0$ ‰)

**Tabelle 2: Fahrwegquerneigung**



*\*) In /MbBO/ § 13 (3) ist die zulässige Querneigung im stehenden Fahrzeug im Bahnsteigbereich auf 3,4° begrenzt. Die max. zul. Querneigung von 3,0° wird aus systemtechnischen Gründen vorgegeben.*

Die Entwässerung des Fahrweges sollte über die Oberseite der Fahrwegüberbauten erfolgen /MSB AG-FW ÜBG/.

Die Mindestquerneigung des Fahrweges beträgt

$$|\alpha| = 1,15^\circ \text{ (entspricht 2 \%)}.$$

(Ausgenommen sind die Bereiche, in denen die Querneigungsrichtung wechselt (z.B. S-Schläge), sowie Abstell-, Instandhaltungsspuren, Stationen und Weichen).

Vorzeichenregel:     +  $\alpha$  = Rechtsdrehung (in Kilometrierungsrichtung gesehen)

                           -  $\alpha$  = Linksdrehung (in Kilometrierungsrichtung gesehen)

### 6.1.3 Fahrwegverwindung und minimal zulässige Verwindungslänge

Die Verwindungsstrecke ist der Übergangsbereich zwischen konstanten Querneigungsabschnitten.

Die Anfangs- und Endpunkte von Verwindungsstrecken und von Übergangsbögen bei der Grundrisstrassierung sollen der Lage nach zusammenfallen.

*Im Einzelfall können Verwindungsstrecken auch in Fahrwegabschnitten mit konstanter Grundrisskrümmung angeordnet werden (siehe auch in 5.2.1, Berechnungsformel für die Querneigung  $\alpha$  mit  $L_e$  = Verwindungslänge).*

Der Verlauf der Verwindung im Querneigungsband soll analog dem Verlauf der Krümmung in der Grundrisstrassierung erfolgen.

*Bei Verwendung von Sinusoiden in der Grundrisstrassierung soll die Fahrwegverwindung sinusförmig ausgebildet werden. Fällt die Verwindung aber mit einer Klotoiden im Grundriss zusammen, so ist die Verwindung linear, d.h. mit einer gleichmäßigen Querneigungsänderung über die Elementlänge (siehe Abbildung 2), zu gestalten.*

	Verwindung	Festlegung durch
<b>Höchstwert</b>	$ \Delta\alpha_{\max}  = 0,10 \text{ }^\circ/\text{m}$	Gesamtsystem (Fahrzeuggeometrie)
<b>Grenzwert nach projektspezifischer Abstimmung</b>	$ \Delta\alpha_{\max}  = 0,15 \text{ }^\circ/\text{m}$	Gesamtsystem (Fahrzeuggeometrie)

*Die minimal zulässige Länge der Verwindungsstrecke ergibt sich aus der maximal zulässigen Verwindung, dem maximalen Seitenruck (siehe 6.2.3.1) und dem maximalen Vertikalruck (siehe 6.2.3.2 und 6.2.4).*

### 6.1.4 Minimal zulässiger Horizontalradius

Für Radien der Kreisbögen ohne unausgeglichene Seitenbeschleunigung gilt:

$$R_H = \frac{\left( \frac{v}{3,6} \right)^2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos^2 \beta}{\left( g \cdot \cos \beta + \frac{\left( \frac{v}{3,6} \right)^2}{-R_v} \right) \cdot \sin \alpha} \quad a_y = 0 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

Für Radien der Kreisbögen mit nicht kompensierter unausgeglichener Seitenbeschleunigung gilt:

$$R_H = \frac{\left( \frac{v}{3,6} \right)^2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos^2 \beta}{a_y + \left( g \cdot \cos \beta + \frac{\left( \frac{v}{3,6} \right)^2}{-R_v} \right) \cdot \sin \alpha} \quad a_y \leq a_y \text{ max} \quad (2)$$

- Vorzeichenregel:     +  $R_H$  = Rechtsbogen (in Kilometrierungsrichtung gesehen)  
                               -  $R_H$  = Linksbogen (in Kilometrierungsrichtung gesehen)

*Die Grenzwerte für  $a_y$  sind unter Punkt 6.2.2.2 aufgeführt. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Werte für  $v$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $R_v$  möglicherweise nicht für den ganzen Kreisbogen gleich bleiben, sondern sich mit der Fortbewegung auf der Raumkurve ändern können.  $R_H$  wird mit den vorstehenden Formeln für einen Punkt auf der Raumkurve berechnet. Bei Überlagerung einer Grundrisskrümmung mit einer Vertikalausrundung sind außerdem die Bedingungen des  $R_{x,z}$ -Kriteriums und des  $R_{x,y}$ -Kriteriums zu beachten (siehe Punkt 6.1.6).*

	Minimal zulässiger Horizontalradius	Festlegung durch
<b>Grenzwert</b>	$ R_{H \text{ min}}  = 350 \text{ m}$	Gesamtsystem (Fahrzeuggeometrie)

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt beispielhaft den Verlauf des minimal zulässigen Horizontalradius in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit, wenn fahrdynamische Vorgaben (siehe Kap. 6.2.2.2) zu berücksichtigen sind. Es sind in diesem Beispiel  $12^\circ$  Fahrwegquerneigung vorausgesetzt und für eine unausgeglichene Seitenbeschleunigung von  $0,0 \text{ m/s}^2$  bzw.  $1,5 \text{ m/s}^2$  die kleinsten Horizontalradien gesucht.

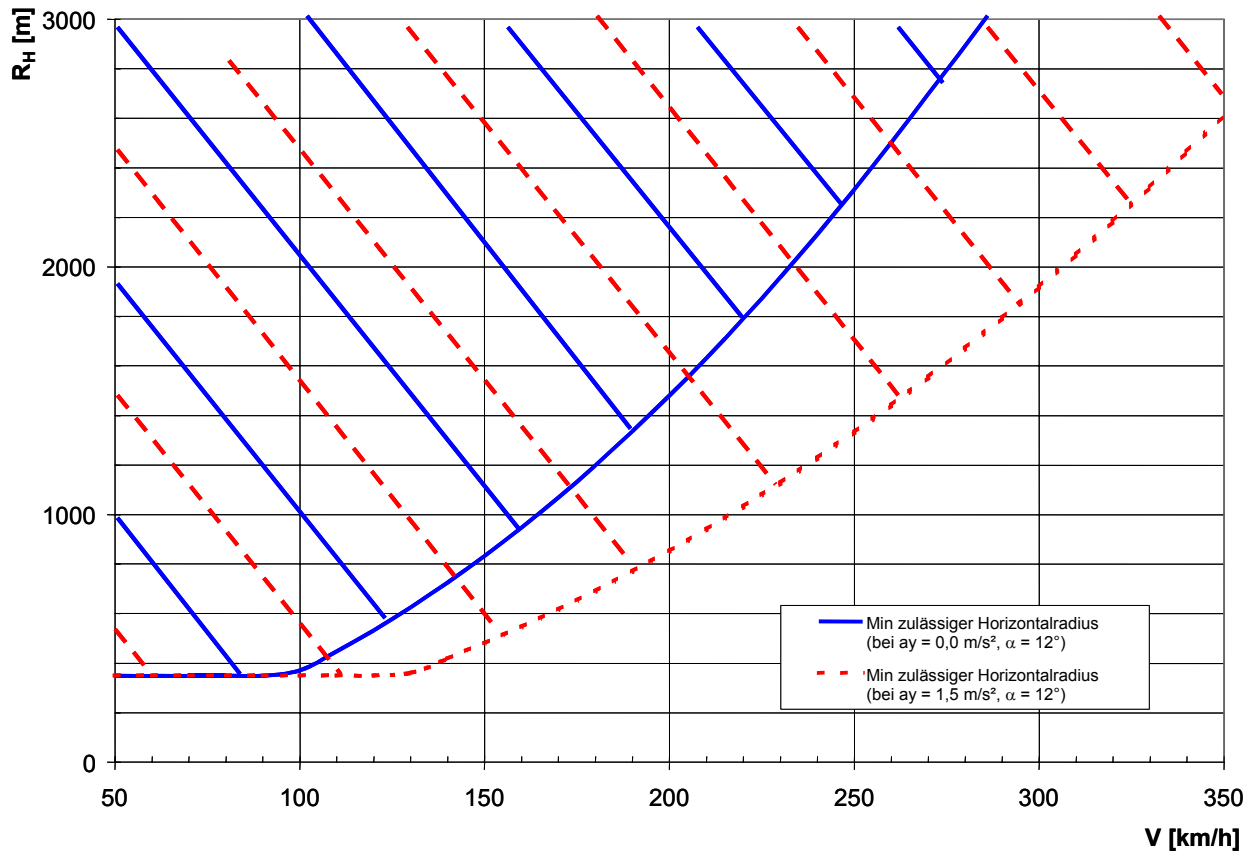


Abbildung 3: Minimaler zulässiger Horizontalradius

### 6.1.5 Minimal zulässiger Vertikalhalbmesser

Die Halbmesser sollen so gewählt werden, dass möglichst geringe Normalbeschleunigungen auftreten.

Mit den unter 6.2.1 aufgeführten Grenzwerte der Beschleunigungen ergeben sich die Mindestwerte der Ausrundungshalbmesser wie folgt:

$$R_{V \min} = \left| \frac{(\frac{v}{3,6})^2 \cdot \cos\alpha}{g \cdot (\cos\alpha \cdot \cos\beta - 1) + (\frac{v}{3,6})^2 \cdot \frac{\sin\alpha \cdot \cos^2\beta}{R_H} - a_{z \max}} \right| \quad (3)$$

Vorzeichenregel:     +  $R_V$  = Kuppen  
                               -  $R_V$  = Wannen

*Für Kuppen und Wannen gelten unterschiedliche Grenzwerte für  $a_{z \max}$ .*

*Auch hier erfolgt die Berechnung für einen Punkt auf der Raumkurve und es muss die mögliche Änderung von  $v$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $R_H$  während der Fahrt durch den Halbmesser ggf. bei der Ergebnisermittlung berücksichtigt werden.*

	Minimal zulässiger Vertikalhalbmesser	Festlegung durch
<b>Grenzwert</b>	$ R_{V \min}  = 530 \text{ m}$	Gesamtsystem (Fahrzeuggeometrie)

Weichen sollen nicht im Bereich von Vertikalausrundungen liegen.

*Die Vorzeichenregelung ist aufgrund der Verwendung von Übergangsbögen in der Gradientenberechnung erforderlich.*

In der nachfolgenden Abbildung 4 sind beispielhaft die minimal zulässigen Vertikalhalbmesser in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für die jeweils maximal zulässige Normalbeschleunigung an Kuppen und in Wannen dargestellt. Die fahrdynamischen Vorgaben werden zur Berechnung von  $R_{V_{min}}$  entsprechend in der o. a. Gleichung (3) eingesetzt.

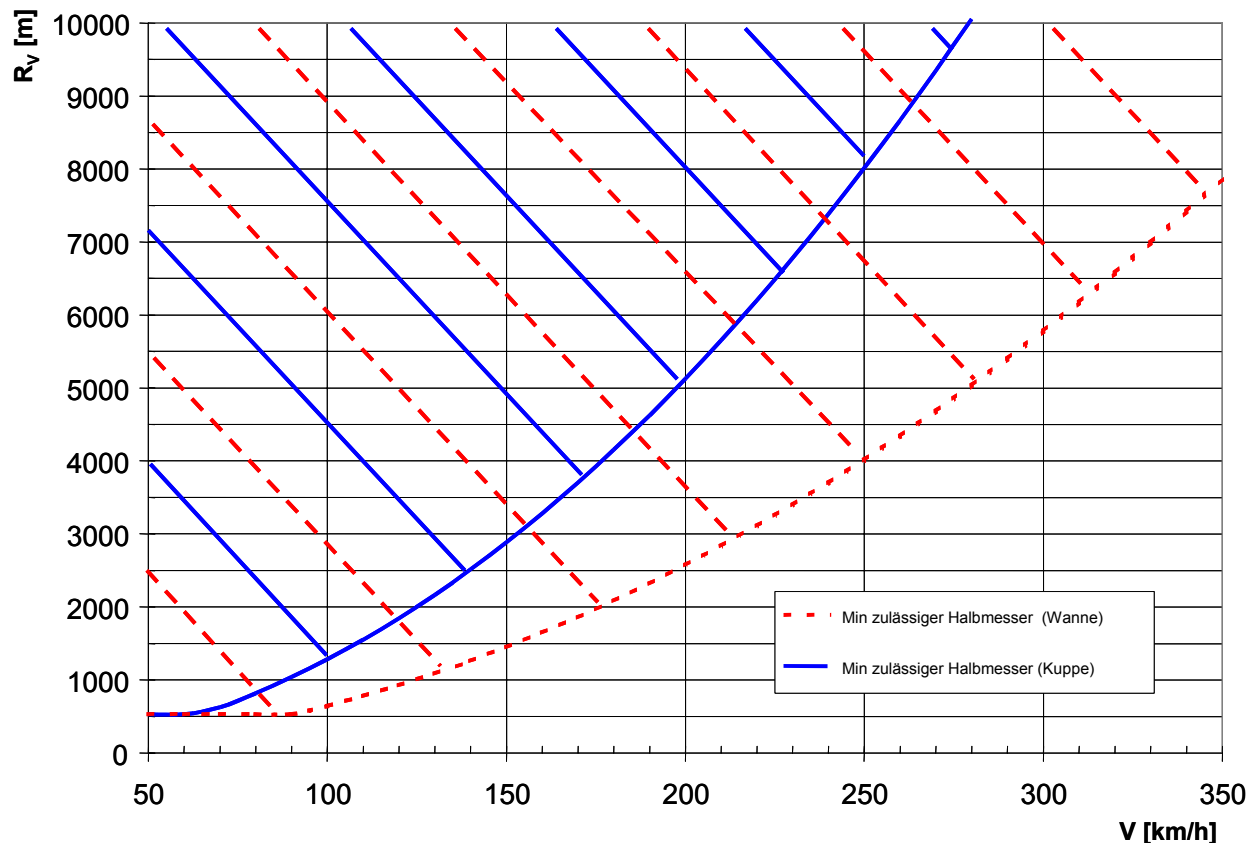


Abbildung 4: Minimal zulässiger Vertikalhalbmesser

### 6.1.6 $R_{x,z}$ -Kriterium

Bei Überlagerung einer Gradientenkrümmung (Halbmesser) mit einer Horizontalkrümmung (Radius) ist das  $R_{x,z}$ -Kriterium (räumliche Halbmesser) zu beachten.

$$\frac{1}{R_{x,z}} = \left| \frac{\cos\alpha}{R_V} - \frac{\sin\alpha \cdot \cos^2\beta}{R_H} \right| \quad (4)$$

Vorzeichenregeln der eingesetzten Parameter siehe in Kapitel 6.1.1 bis 6.1.5.

	Minimal zulässiges $R_{x,z}$ -Kriterium	Festlegung durch
<b>Grenzwert</b>	$ R_{x,z \min}  = 530 \text{ m}$ für $\Delta\alpha = 0,00 \text{ } ^\circ/\text{m}$	Gesamtsystem (Fahrzeuggeometrie)

Bei zusätzlicher Überlagerung mit einer Verwindung ist der räumliche Halbmesser abhängig von der örtlich vorhandenen Verwindung.

Die Grenzwerte aus der Tabelle 3 sind abhängig von der jeweiligen projektspezifischen Fahrzeuggeometrie. (Die Zwischenwerte sind linear zu interpolieren).

$\Delta\alpha$ [°/m]	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
$R_{x,z \min}$ [m]	530	550	590	630	670	710
$\Delta\alpha$ [°/m]	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
$R_{x,z \min}$ [m]	770	830	900	990	1100	1230
$\Delta\alpha$ [°/m]	0,12	0,13	0,14	0,15		
$R_{x,z \min}$ [m]	1410	1640	1950	2430		

**Tabelle 3: Grenzwerte für  $R_{x,z}$  bei Fahrwegverwindung**

### 6.1.7 $R_{x,y}$ -Kriterium

Bei Überlagerung einer Gradientenkrümmung (Halbmesser) mit einer Horizontalkrümmung (Radius) ist das  $R_{x,y}$ -Kriterium (räumliche Radius) zu beachten.

$$\frac{1}{R_{x,y}} = \left| \frac{\sin\alpha}{R_V} + \frac{\cos\alpha \cdot \cos^2\beta}{R_H} \right| \quad (5)$$

Vorzeichenregeln der eingesetzten Parameter siehe in Kapitel 6.1.1 bis 6.1.5.

	Minimal zulässiges $R_{x,y}$ -Kriterium	Festlegung durch
<b>Grenzwert</b>	$ R_{x,y \min}  = 350 \text{ m}$	Gesamtsystem (Fahrzeuggeometrie)

*Der zulässige Mindestradius für das  $R_{x,z}$ -Kriterium ist mit 530 m festgelegt. Aufgrund dessen ist es nur durch besondere Trassierungsgeometrien möglich, dass zusätzlich der Grenzwert für das  $R_{x,y}$ -Kriterium mit 350 m erreicht wird.*

*Für die mögliche Überlagerung mit einer Verwindung sind in Abhängigkeit mit der Fahrzeuggeometrie projektspezifisch Regelungen zu treffen.*



## 6.2 Fahrdynamische Vorgaben

### 6.2.1 Streckenricht- und Streckenhöchstgeschwindigkeit

*Die Streckenrichtgeschwindigkeit ist das ortsabhängige Minimum aus maximaler Betriebsgeschwindigkeit, der Richtgeschwindigkeit aus Fahrkomfort und weiteren Projektvorgaben (Diagramm siehe /MSB AG-ABK&DEF/).*

*Für die Fahrwegdimensionierung werden folgende Obergrenzen für die Fahrweg- und Tunnelhöchstgeschwindigkeit festgelegt:*

<b>Streckenbereich</b>	<b>Höchst- geschwindigkeit</b>	<b>Festlegung durch</b>
Freie Strecke	$v_{\max} \leq 500 \text{ km/h}$	Fahrweg (Dauerlasten)
Tunnelstrecken (Querschnittsabhängig)	$v_{\max} \leq 500 \text{ km/h}$	Fahrweg (Dauerlasten)
Weichen in Geradausstellung	$v_{\max} \leq 500 \text{ km/h}$	Fahrweg (Dauerlasten)
Weichen in Abbiegstellung	bauartspezifisch	Fahrweg (Dauerlasten)

*Unter zusätzlicher Beachtung der Fahrzeughöchstgeschwindigkeit (projektspezifisch bzw. /MSB AG-GESAMT/) ergibt sich aus den vorgenannten Höchstgeschwindigkeiten die Streckenhöchstgeschwindigkeit.*

*Die Sollgeschwindigkeit ist das Minimum aus Streckenricht- und Streckenhöchstgeschwindigkeit.*

*Das für fahrdynamische Simulationen erforderliche Istfahrprofil (Diagramm siehe /MSB AG-ABK&DEF/) wird durch zusätzliche Antriebssimulationen erzeugt, bei denen die tatsächliche, projektbezogene Leistungsfähigkeit des Antriebs beachtet wird.*

## 6.2.2 Beschleunigungen

Die Beschleunigungen sind je nach Wirkrichtung aufgeteilt in:

- Antriebs- bzw. Bremsbeschleunigung  $a_x$
- unausgeglichene Seitenbeschleunigung  $a_y$
- Normalbeschleunigung (Komfortwert)  $a_z$
- Normalfallbeschleunigung (Erdbeschleunigung)  $g$

Die Beschleunigungsgrenzwerte für die unausgeglichene Seitenbeschleunigung und für die Normalbeschleunigung sollen von der räumlichen Fahrwegachse (Raumkurve) eingehalten werden.

Die Einhaltung der Grenzwerte für die Antriebs- bzw. Bremsbeschleunigung erfolgt durch das Subsystem Antrieb (siehe /MSB AG-ANT/).

Aus Gründen des Fahrkomforts sind durch geeignete Wahl der Trassierungsparameter möglichst geringe unausgeglichene Seiten- und Normalbeschleunigungswerte anzustreben. Auf Weichen ist ein Ausgleich der Seitenbeschleunigung nicht möglich, da der Fahrweg dort nicht quergeneigt werden darf.

Die Abbildung 5 zeigt am Querschnitt eines Magnetschnellbahnfahrzeugs (mit Blickrichtung in aufsteigende Kilometrierung) wohin bei einem positiven Vorzeichen die jeweilige Beschleunigung wirkt.

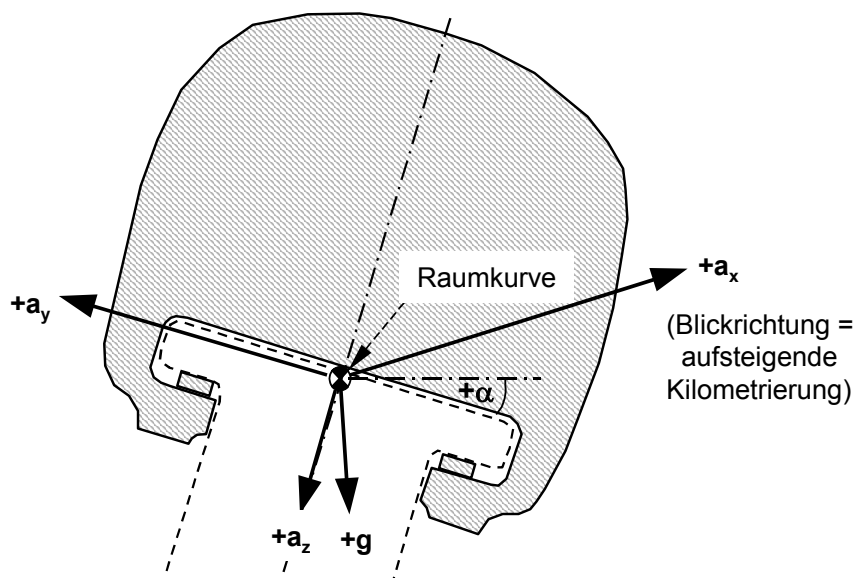


Abbildung 5: Vorzeichen der Beschleunigungen

### 6.2.2.1 Antriebs- und Bremsbeschleunigung

Die Einhaltung der Grenzwerte für die Antriebs- bzw. Bremsbeschleunigung erfolgt durch das Subsystem Antrieb (siehe /MSB AG-ANT/).

Die Einhaltung der Grenzwerte für die Antriebs- und Bremsbeschleunigung ist unter Berücksichtigung des vorgegebenen Maximalfahrprofils und der aus der Trassierung resultierenden Fahrweglängsneigung punktuell zu überprüfen.

Grenzwert	Antriebs- und Bremsbeschleunigung	Festlegung durch
	$ a_{x \max}  = 1,5 \text{ m/s}^2$	MbBO

Komfortbedingte Höchstwerte (Fahrkomfort) können projektspezifisch festgelegt werden.

### 6.2.2.2 Unausgeglichene Seitenbeschleunigung

Die unausgeglichene Seitenbeschleunigung berechnet sich wie folgt:

$$a_y = \frac{(v/3,6)^2}{R_H} \cdot \cos \alpha \cdot \cos^2 \beta - \left( g \cdot \cos \beta + \frac{(v/3,6)^2}{-R_v} \right) \cdot \sin \alpha \quad (6)$$

*Das Vorzeichen der errechneten unausgegliehenen Seitenbeschleunigung zeigt die Richtung der Beschleunigung für den Fahrgast an:*

*Bei positivem Vorzeichen in Fahrtrichtung nach links,*

*Bei negativem Vorzeichen in Fahrtrichtung nach rechts.*

Grenzwert	unausgeglichene Seitenbeschleunigung	Festlegung durch
für den Regelfahrweg	$ a_{y \max}  = 1,5 \text{ m/s}^2$	MbBO (nach bogenaußen)
für Weichen	$ a_{y \max}  = 2,0 \text{ m/s}^2$	Gesamtsystem (Dimensionierung Weichen)

Komfortbedingte Höchstwerte (Fahrkomfort) können projektspezifisch festgelegt werden.

Wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs der Querneigung und dem Radius optimal angepasst, tritt keine Seitenbeschleunigung auf ( $a_y = 0$ ).

Ist die Geschwindigkeit höher, wirkt sie nach bogenaußen, d.h. auf der geneigten Fahrwegfläche nach oben als „Beschleunigungsüberschuss“.

Ist sie niedriger, wirkt sie nach bogeninnen, d.h. auf der geneigten Fahrwegfläche nach unten als Beschleunigungsfehlbetrag (Hangabtrieb).

Den Zusammenhang von jeweiligem Horizontalradius in Fahrtrichtung, zugehöriger Fahrwegquerneigungsrichtung und dem aus der Berechnung vorliegendem Vorzeichen von  $a_y$  ist in Tabelle 4 informativ dargestellt.

	<b>Rechtskurve und positive Querneigung</b>	<b>Linkskurve und negative Querneigung</b>
<i>Trassierungsparameter in Fahrtrichtung</i>	<i><math>R_H</math> und <math>\alpha</math> mit positivem Vorzeichen (+)</i>	<i><math>R_H</math> und <math>\alpha</math> mit negativem Vorzeichen (-)</i>
<i><math>a_y</math> mit positivem Vorzeichen (+)</i>	<i>Beschleunigung in Fahrtrichtung nach links = Beschleunigungsüberschuss</i>	<i>Beschleunigung in Fahrtrichtung nach links = Beschleunigungsfehlbetrag</i>
<i><math>a_y</math> mit negativem Vorzeichen (-)</i>	<i>Beschleunigung in Fahrtrichtung nach rechts = Beschleunigungsfehlbetrag</i>	<i>Beschleunigung in Fahrtrichtung nach rechts = Beschleunigungsüberschuss</i>

**Tabelle 4: Richtung von Beschleunigungsüberschuss und -fehlbetrag**

In der /MSB AG-FW BEM/ wird die Wirkrichtung der freien Seitenbeschleunigung abweichend von dieser Ausführungsgrundlage ohne Berücksichtigung der Trassierungsrichtung ausschließlich nach bogeninnen und bogenaußen unterschieden. Ein negatives Vorzeichen beschreibt in der /MSB AG-FW BEM/ immer eine Beschleunigung nach bogeninnen (Beschleunigungsfehlbetrag) und ein positives Vorzeichen beschreibt immer eine Beschleunigung nach bogenaußen (Beschleunigungsüberschuss).

### 6.2.2.3 Normalbeschleunigung (Komfortwert)

Die Normalbeschleunigung (Komfortwert) resultierend aus der Raumkurventrassierung berechnet sich wie folgt:

$$\mathbf{a}_z = \frac{(\mathbf{v}/3,6)^2}{\mathbf{R}_H} \cdot \sin \alpha \cdot \cos^2 \beta + \left( \mathbf{g} \cdot \cos \beta + \frac{(\mathbf{v}/3,6)^2}{-\mathbf{R}_V} \right) \cdot \cos \alpha - \mathbf{g} \quad (7)$$

Die Normalbeschleunigung (Komfortwert) innerhalb einer Verwindungsstrecke (Drehung um die Raumkurve) ergibt sich wie folgt:

$$\mathbf{a}_z = \pm \mathbf{b}_G \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha_e - \alpha_a}{\rho^\circ} \cdot \left( \frac{(\mathbf{v}/3,6)}{\mathbf{L}_e} \right)^2 \cdot \sin \left( 2\pi \cdot \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{L}_e} \right) \quad (8)$$

Die Extremwerte der vg. Normalbeschleunigung (Komfortwert) ergeben sich bei  $\mathbf{L} = \mathbf{L}_e / 4$  und bei  $\mathbf{L} = 3 \mathbf{L}_e / 4$  wie folgt:

$$\mathbf{a}_z = \pm \mathbf{b}_G \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha_e - \alpha_a}{\rho^\circ} \cdot \left( \frac{(\mathbf{v}/3,6)}{\mathbf{L}_e} \right)^2 \quad (9)$$

Die Normalbeschleunigung, resultierend aus der Verwindung, wirkt mit entgegengesetztem Vorzeichen auf der rechten und linken Fahrzeugseite. In der Addition der beiden vg. Normalbeschleunigungen ist stets der ungünstigere Fall zu berechnen, d.h. das Vorzeichen der zweiten Komponente ist entsprechend dem der Normalbeschleunigungskomponente aus der Trassierung im Aufriss zu wählen.

Grenzwert	Normalbeschleunigung	Festlegung durch
für Kuppen	$\mathbf{a}_{z \max} = -0,6 \text{ m/s}^2$	Gesamtsystem (Dimensionierung Fahrweg), Empfehlung MbBO
für Wannan	$\mathbf{a}_{z \max} = +1,2 \text{ m/s}^2$	Gesamtsystem (Dimensionierung Fahrweg), Empfehlung MbBO

Komfortbedingte Höchstwerte (Fahrkomfort) können projektspezifisch festgelegt werden.

### 6.2.3 Rucke

*Rucke sind differenzielle Änderungen der Beschleunigungen pro Zeiteinheit.*

Die Rucke werden auf der räumlichen Fahrwegachse (Raumkurve) berechnet.

Übergangsbögen sollen in der Grundrisstrassierung so trassiert werden, dass die Höchstwerte der Rucke (differentielle Änderungen der Beschleunigungen pro Zeiteinheit) nicht überschritten werden.

Die Rucke sind je nach Wirkrichtung aufgeteilt in:

- Seitenruck  $\ddot{a}_y$
- Vertikalruck  $\ddot{a}_z$
- Längsruck  $\ddot{a}_x$
- omnidirektionaler Ruck (nicht bei Weichen)  $\ddot{a}_o$

Möglichst geringe Ruckwerte erhöhen das subjektive Fahrempfinden der Passagiere (guter Fahrkomfort). Dies kann z.B. durch Verlängerung von Übergangsbögen im Grundriss erreicht werden.

Die nachfolgend aufgeführten Formeln zur Berechnung der Ruckwerte gelten nur bei analogem Verlauf der Krümmungs- und der Verwindungsstrecken. Liegt kein analoger Verlauf vor, ist die Einhaltung der Grenzwerte punktuell zu prüfen.

### 6.2.3.1 Seitenruck

Der Seitenruck berechnet sich wie folgt:

- bei Klotoiden

$$\dot{a}_y = \frac{\Delta a_y}{L_K} \cdot \frac{v}{3,6} \quad (10)$$

- bei Sinusoiden (für den Maximalwert)

$$\dot{a}_y = 2 \cdot \frac{\Delta a_y}{L_S} \cdot \frac{v}{3,6} \quad (11)$$

Höchstwert	Seitenruck	Festlegung durch
Grundsätzlich	$ \dot{a}_{y \max}  = 0,5 \text{ m/s}^3$	Gesamtsystem (Fahrkomfort)
Ausnahmen, z.B. für den Bereich von Stationen	$ \dot{a}_{y \max}  = 1,0 \text{ m/s}^3$	Gesamtsystem (Fahrkomfort)
Für Weichen (Abbiegestellung)	$ \dot{a}_{y \max}  = 2,0 \text{ m/s}^3$	Gesamtsystem (Fahrkomfort)

Sofern bei Einsatz der Magnetschnellbahn im Regionalverkehr regelmäßig mit stehenden Passagieren zu rechnen ist, sind für die Weichenüberfahrten geringere zulässige Seitenruckwerte projektspezifisch festzulegen.

### 6.2.3.2 Vertikalruck

Der Vertikalruck berechnet sich wie folgt:

$$\dot{a}_z = \frac{\Delta a_z}{L_K} \cdot \frac{v}{3,6} \quad (12)$$

Die Vertikalruckkomponente innerhalb einer Verwindungsstrecke (Drehung um die Raumkurve) ergibt sich wie folgt:

$$\dot{a}_z = \pm b_G \cdot 4\pi^2 \cdot \frac{\alpha_e - \alpha_a}{\rho^\circ} \cdot \left( \frac{(v/3,6)}{L_e} \right)^3 \cdot \cos\left( 2\pi \cdot \frac{L}{L_e} \right) \quad (13)$$

Die Extremwerte der vg. Vertikalruckkomponente ergeben sich bei  $L = 0$ ,  $L = L_e / 2$  und bei  $L = L_e$  wie folgt:

$$\dot{a}_z = \pm b_G \cdot 4\pi^2 \cdot \frac{\alpha_e - \alpha_a}{\rho^\circ} \cdot \left( \frac{(v/3,6)}{L_e} \right)^3 \quad (14)$$

Die Vertikalruckkomponente, resultierend aus der Verwindung, wirkt mit entgegengesetztem Vorzeichen auf der rechten und linken Fahrzeugseite. In der Addition der beiden vg. Vertikalruckkomponenten ist stets der ungünstigere Fall zu berechnen, d.h. das Vorzeichen der zweiten Komponente ist entsprechend dem der Vertikalruckkomponente aus der Raumkurventrassierung zu wählen.

Höchstwert	Vertikalruck	Festlegung durch
Grundsätzlich	$ \dot{a}_{z \max}  = 0,5 \text{ m/s}^3$	Gesamtsystem (Fahrkomfort)
Ausnahmen, z.B. für den Bereich von Stationen	$ \dot{a}_{z \max}  = 1,0 \text{ m/s}^3$	Gesamtsystem (Fahrkomfort)



Sonderfälle mit erhöhtem Vertikalruck sind nach Prüfung auf Kompatibilität im Einzelfall zulässig.

### 6.2.3.3 Längsruck

Der Längsruck ist nicht in erster Linie vom Verlauf der Raumkurve sondern vom Geschwindigkeitsverlauf abhängig.

Die Betreiberanforderungen an den Längsruck sind durch das Fahrprofil einzuhalten.

### 6.2.3.4 Omnidirektionaler Ruck

Die räumliche Überlagerung von Längsruck, Seitenruck und Vertikalruck ergibt den omnidirektionalen Ruck.

Dieser berechnet sich wie folgt:

$$\mathring{\mathbf{a}}_o = \sqrt{\mathring{\mathbf{a}}_x^2 + \mathring{\mathbf{a}}_y^2 + \mathring{\mathbf{a}}_z^2} \quad (15)$$

Höchstwert	Omnidirektionaler Ruck	Festlegung durch
Grundsätzlich	$ \mathring{\mathbf{a}}_{o \max}  = 1,0 \text{ m/s}^3$	Gesamtsystem (Fahrkomfort)

Sonderfälle mit erhöhtem omnidirektionalen Ruck sind nach Prüfung auf Kompatibilität im Einzelfall zulässig.

Für Weichen (Abbiegestellung) ist kein Höchstwert für den omnidirektionale Ruck spezifiziert.

## 6.2.4 Mindestlänge Sinusoide

Im Trassenverlauf wird die jeweilige Sinusoide (unter anderem im S-Schlag) durch die Länge  $L$  und die Radien  $R_{Ha}$  bzw.  $R_{He}$  definiert, wobei ein Radius auch  $R_H = \infty$  (Gerade) sein kann.

Die Minimallänge ergibt sich aus den Kriterien des maximalen Seitenrucks, der maximal zulässigen Verwindung oder des maximalen Vertikalrucks über nachfolgend aufgeführte Formeln, wobei die jeweils größere Länge maßgebend ist.

$$L_{S \min} = \left| 2 \cdot \frac{a_{y,e} \cdot \text{SGN}(R_{H,e}) - a_{y,a} \cdot \text{SGN}(R_{H,a})}{\dot{a}_{y \max}} \cdot \frac{v}{3,6} \right| \quad (16)$$

$$L_{S \min} = \left| 2 \cdot \frac{\alpha_e - \alpha_a}{\Delta \alpha_{\max}} \right| \quad (17)$$

$$L_{S \min} = \sqrt[3]{\left(\frac{v}{3,6}\right)^3 \cdot b_G \cdot 4\pi^2 \cdot \frac{|\alpha_e - \alpha_a|}{\rho^o \cdot \dot{a}_{z \max}}} \quad (18)$$

Die aufgeführten Formeln zur Berechnung der Mindestlänge der Sinusoide gelten nur wenn Krümmungs- und Verwindungsstrecken identische Anfangs- und Endpunkte auf der Fahrwegachse haben. Liegt kein identischer Verlauf vor, so ist die Einhaltung der Grenzwerte besonders zu beachten.

Bei Überlagerungen von Verwindungen mit Vertikalausrundungen ist die Einhaltung der Grenzwerte punktuell zu prüfen, da in vg. Formel die Vertikalruckkomponente aus der Raumkurve nicht berücksichtigt ist (siehe 6.2.3.2).

### 6.2.5 Mindestlänge Klotoide

Im Trassenverlauf wird die jeweilige Klotoide durch den Radius ( $R_H$ ) bzw. den Halbmesser ( $R_V$ ) des anschließenden Kreisbogens und die Länge  $L$  des Übergangsbogens festgelegt. Dabei ist  $L$  so zu wählen, dass der maximale Seiten- bzw. Vertikalruck nicht überschritten wird. Die Minimallänge ergibt sich aus den nachfolgend aufgeführten Formeln:

im Grundriss (im Regelfahrweg nur bei Weichen oder an Zwangspunkten mit  $V < 100$  km/h)

$$L_{K \min} = \left| \frac{\Delta a_y}{\overset{\circ}{a}_{y \max}} \cdot \frac{v}{3,6} \right| \quad (19)$$

im Aufriss

$$L_{K \min} = \left| \frac{\Delta a_z}{\overset{\circ}{a}_{z \max}} \cdot \frac{v}{3,6} \right| \quad (20)$$

Bei Überlagerungen von Verwindungen mit Vertikalausrundungen ist die Einhaltung der Grenzwerte besonders zu beachten, da in vg. Formel die Vertikalruckkomponente aus der Verwindung nicht berücksichtigt ist (siehe 6.2.3.2).

## 6.2.6 Komfortkriterien in Abhängigkeit der Gesamtfahrzeit der trassierten Strecke

Für die Trassierung ist nicht nur die Festlegung der einzelnen Trassierungselemente und deren Kombination aus systemtechnischer Sicht zu prüfen, sondern auch die Kriterien des Fahrkomforts sind zu beachten. Hierbei ist die gesamte Abfolge der Trassierungselemente und deren Einwirken auf den Fahrgast von Wichtigkeit. Es wird nachfolgend die Bemessung und Bewertung des Komforts eines geplanten Streckenverlaufs anhand der Linienführung und des dazu vorgesehenen Maximalfahrprofils unabhängig vom Fahrzeug und des Passagierverhaltens aufgezeigt.

Als Bewertungsmaßstab für die Beurteilung des Fahrkomforts wird dabei der Effektivwert der Beschleunigungen (RMS-Wert) herangezogen. Dieser Wert ergibt sich gemäß Gleichung (21):

$$\mathbf{a}_{\text{eff}} = \mathbf{a}_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{a}^2(t) dt} \quad (21)$$

mit  $a(t)$  = Beschleunigungsamplitude zum Zeitpunkt  $t$   
und  $T$  = Gesamtfahrzeit (vollständige Streckenlänge)

Für den Trassenentwurf werden die nachfolgenden Anforderungen definiert:

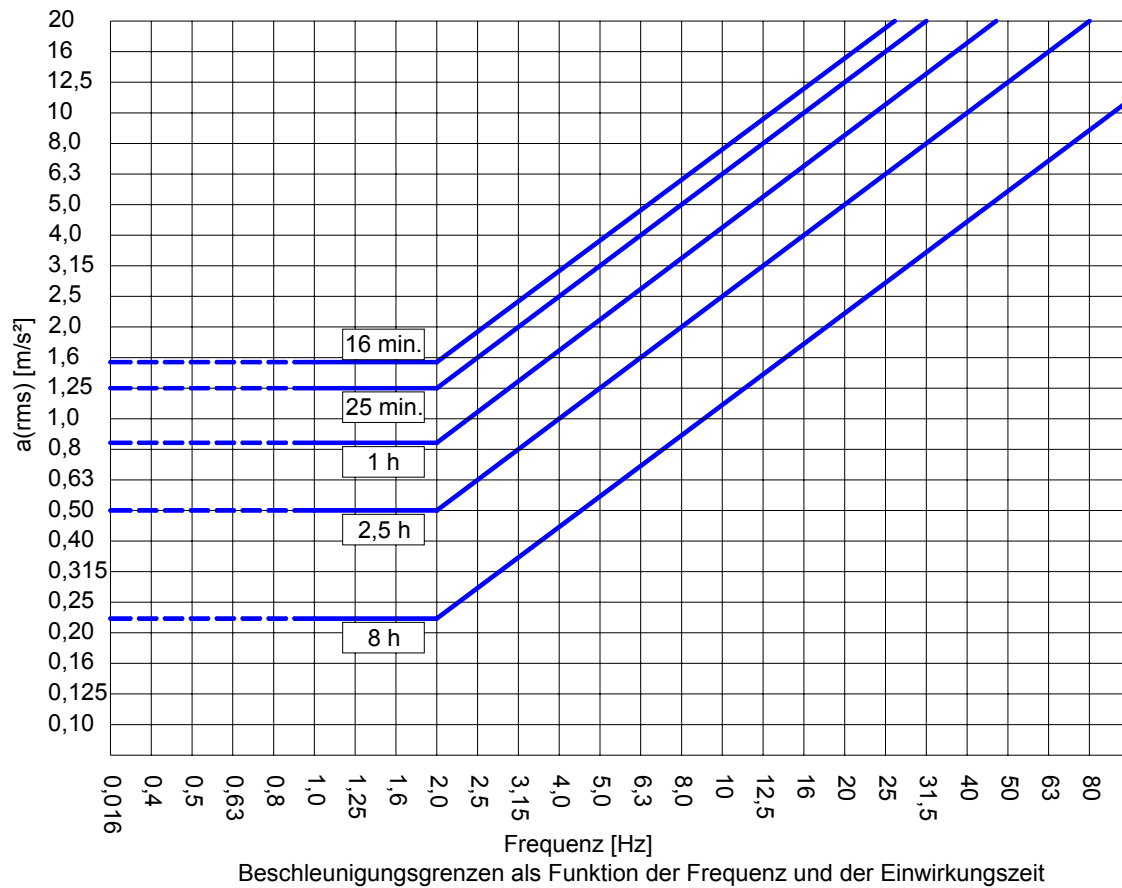
Für die Grundrisstrassierung

- Der Effektivwert der unausgeglichenen Seitenbeschleunigung muss unterhalb der in dem Diagramm „Fahrkomfort Längs- und Seitenbeschleunigung“ dargestellten (teilweise extrapolierten) Grenzwerte liegen. Dieses Diagramm ist in Abbildung 6 dargestellt.
- Die Einwirkungszeit entspricht der Gesamtfahrzeit.
- Eine Mindestlänge für die Grundrisselemente Gerade und Kreis ist für die Effektivwertbetrachtung nicht erforderlich.

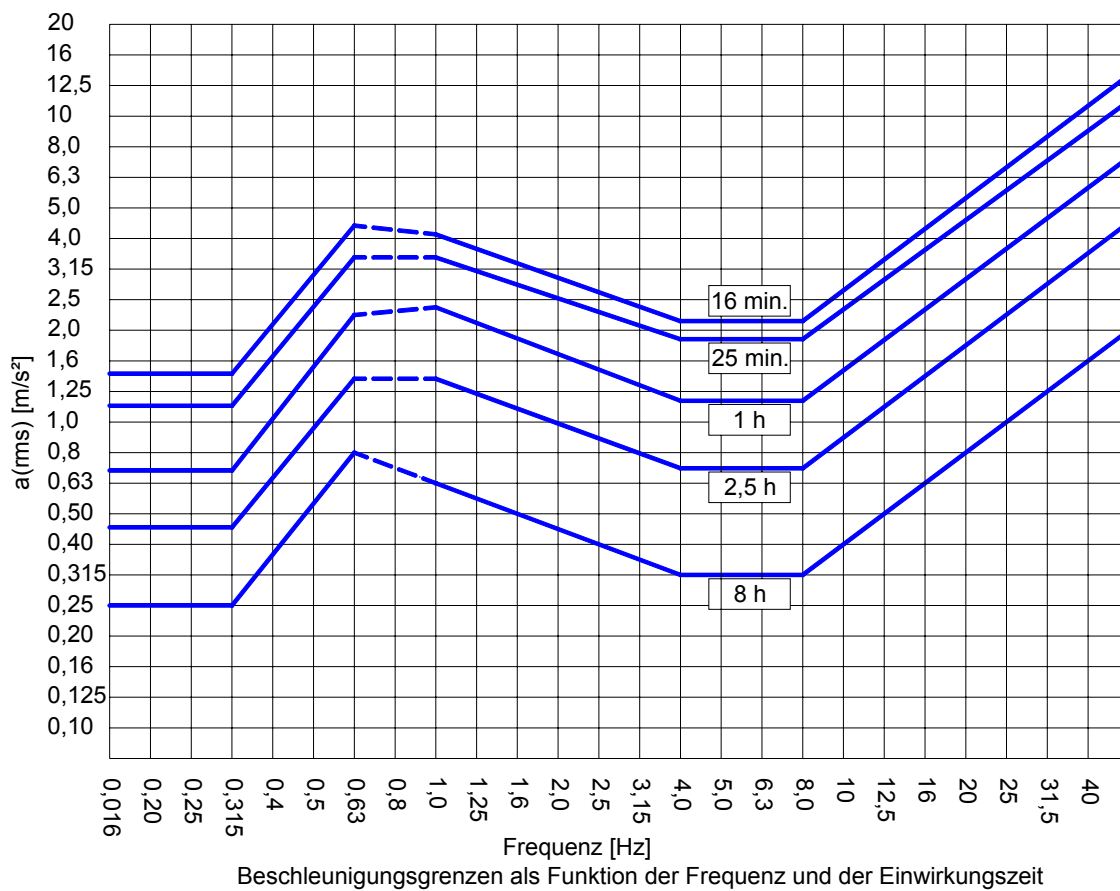
Für die Aufrisstrassierung

- Der Effektivwert der Normalbeschleunigung muss unterhalb der in dem Diagramm „Fahrkomfort Normalbeschleunigung“ dargestellten Grenzwerte liegen, dieser sollte zum Beispiel zur Vermeidung von Kinetoseeffekten (Reisekrankheit) um 20% unterschritten werden. Dieses Diagramm ist in Abbildung 7 dargestellt.
- Die Einwirkungszeit entspricht der Gesamtfahrzeit.

- Die periodische Anordnung von Ausrundungen über einen längeren Streckenabschnitt sollte vermieden werden.
- Eine Mindestlänge für die Aufrisselemente Gerade und Halbmesser ist nicht erforderlich.



**Abbildung 6: Fahrkomfort Längs- und Seitenbeschleunigung (nach ISO 2631)**



**Abbildung 7: Fahrkomfort - Normalbeschleunigung (nach ISO 2631)**

## 7 Stützteilung und Feldweiten

### 7.1 Einspurfahrweg

Nach der Festlegung des Raumkurvenverlaufes sind die technisch und wirtschaftlich bevorzugten Feldweiten für die weitere Planung zu beachten. Die Stützteilungen beziehen sich auf die festgelegten Feldweiten (/MSB AG-FW ÜBG/) und werden der Raumkurve zugeordnet.

Die Feldweiten sind projektspezifisch festzulegen.

An Zwangspunkten können auch kürzere Feldweiten verwendet werden. Dabei ist es möglich, die Feldweite um ein ganzzahliges Vielfaches einer Nut- / Zahnperiode (86 mm) zu verkürzen.

Die Berechnung der Systemlängen von Fahrwegträgern erfolgt mittels folgender Formel:

$$L = n \times 1032 - m \times 86 \quad (22)$$

mit  $m \leq 4$  (Anzahl der Kürzungen)

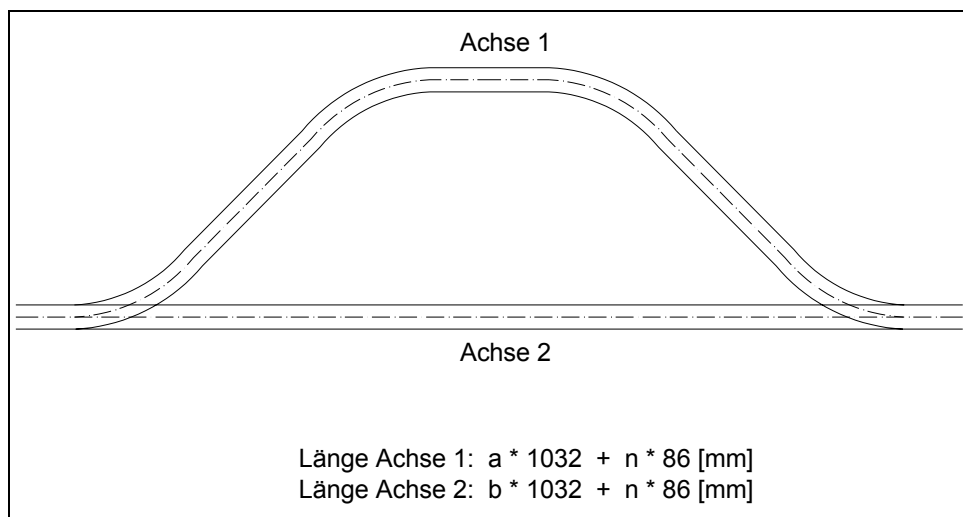
## 7.2 Doppel- oder Mehrspurfahrweg

Bei der Stützteilung von Doppel- / Mehrspurfahrwegen sind auch gekürzte Feldweiten (/MSB AG-FW ÜBG, 7.1) zu verwenden, um eine annähernd radiale Anordnung der Stützenköpfe zu erzielen. Spurwechseleinrichtungen verbinden Trassierungsachsenabschnitte.

Die räumlichen Längen dieser Trassierungsachsabschnitte zwischen Spurwechseleinrichtungen müssen ein ganzzahliges Vielfaches einer Antriebsperiode (516 mm) betragen.

Dies Trassierungsachsabschnitte können um ein einheitliches ganzzahliges Vielfaches einer Nut- / Zahnperiode (86 mm) verkürzt werden.

*Die Abbildung 8 zeigt beispielhaft zwei Trassierungsachsen, die von einem gemeinsamen Startpunkt in einer Spurwechseleinrichtung zu einem gemeinsamen Endpunkt in einer Spurwechseleinrichtung führen und deren Raumlängen der genannten Bedingung entsprechen müssen.*



**Abbildung 8: Raumpkurvenlängen bei mehreren Fahrspuren**

*Bei geometrischen Zwängen können die Abweichungen einzelner Trassierungsachsabschnitte (< 516 mm) von der vorgenannten Bedingung auf die Feldweiten innerhalb dieses Trassierungsachsabschnittes gleichmäßig verteilt werden.*

*Als Richtwerte zur Planung können bei einer Feldweite von 24,7680 m maximal 6,5 mm Verlängerung oder bis zu 0,5 mm Verkürzung eingesetzt werden.*



## 8 Spurmittenabstand und Lichtraum

### 8.1 Spurmittenabstand

Bei der Trassierung von Parallelspuren sind mindestens die in Tabelle 5 beschriebenen Spurmittenabstände (in Abhängigkeit der Entwurfsgeschwindigkeit  $v_e$ ) einzuhalten.

Zusätzlich erfolgt in Kategorie 1 ( $v_e \leq 300$  km/h) eine Differenzierung des minimalen Spurmittenabstandes durch die verwendete Querneigung ( $\alpha$ ) und den verwendeten Horizontalradius ( $R_H$ ) zur Vermeidung von Lichtraumüberschneidungen.

*Diese Regelung gilt nur für Querneigungen bis maximal  $12^\circ$  und gleichen Raumkurvenhöhen (Gradienten) der benachbarten Fahrspuren. Bei ungleichen Gradientenhöhen sind die Lichträume beider Fahrspuren bezüglich einer eventuellen Überschneidung zu untersuchen und der Spurmittenabstand  $S$  entsprechend anzupassen.*

Kategorie	Entwurfsgeschwindigkeit $v_e$ [km/h]	Querneigung $\alpha$ [°]	Horizontalradius $R_H$ [m]	Spurmittenabstand $S$ [m]
1	$v_e \leq 300$			4,40
		$\alpha > 10^\circ$		4,50
		$5^\circ < \alpha \leq 10^\circ$	$R_H \leq 3500$	
2	$300 < v_e \leq 400$			4,80
3	$400 < v_e \leq 500$			5,10

**Tabelle 5: Spurmittenabstand**

#### 8.1.1 Genauigkeit

Der Spurmittenabstand ist auf 2 Nachkommastellen (gem. /MbBO/) einzuhalten.

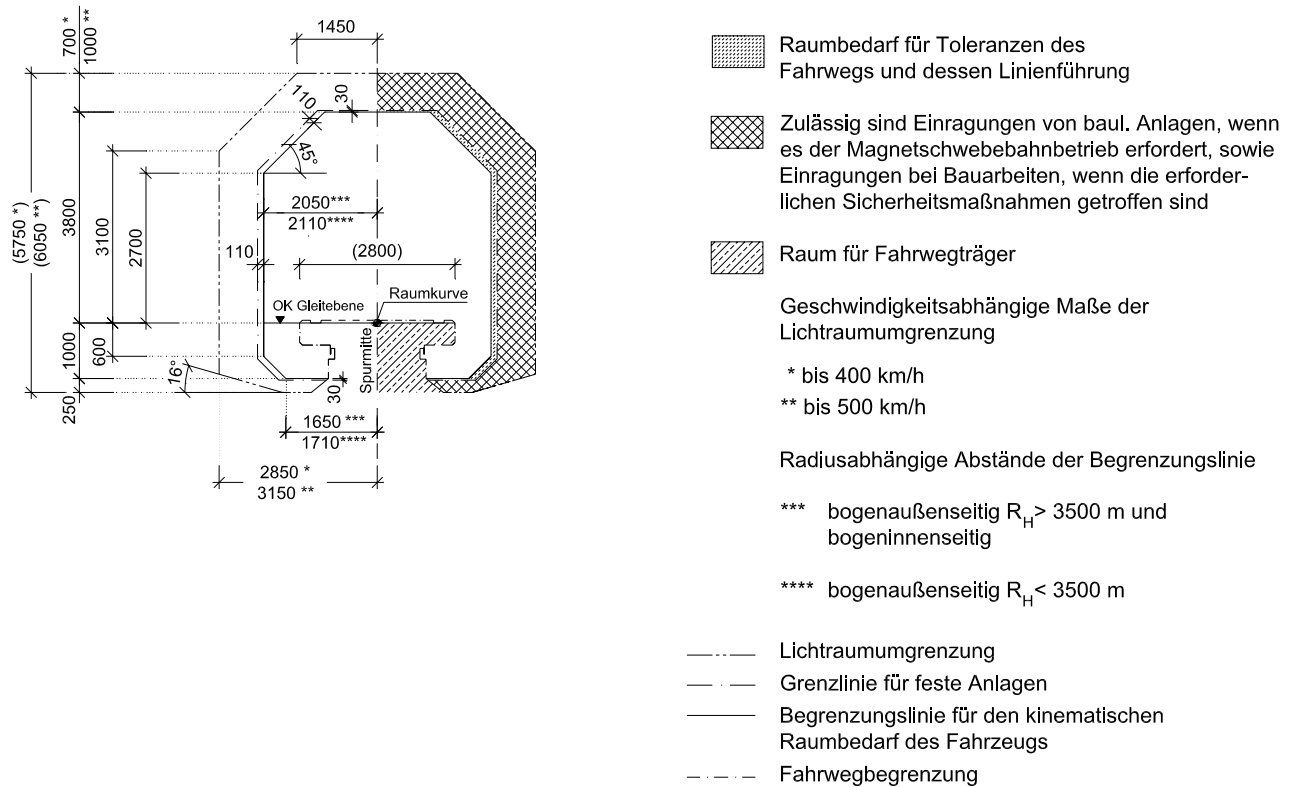
#### 8.1.2 Nichtparallelität von Sinusoiden

*Bei der Trassierung von Parallelspuren können Sinusoiden nicht geometrisch exakt parallel trassiert werden.*

*Die Abweichungen sind in dem Raumbedarf für Lageabweichungen und Toleranzen der Fahrwege in Bezug auf die Raumkurve einbezogen und müssen hier nicht berücksichtigt werden.*

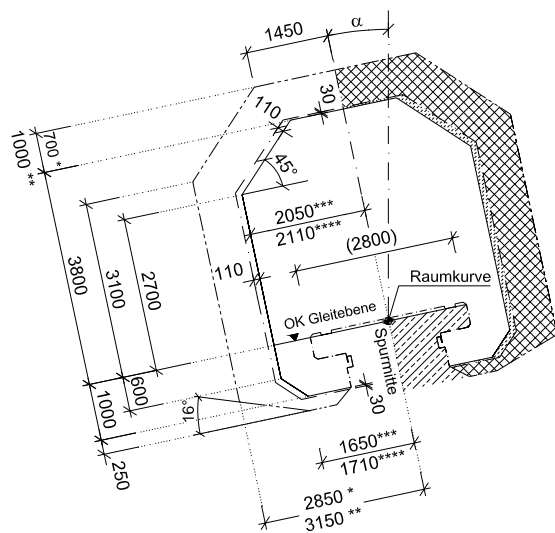
## 8.2 Lichtraum und Begrenzungslinien



Die Abbildungen aus der /MbBO/ wurden als Grundlage für die Abbildung 9 bis 13 verwendet und um den Bereich Querneigung ergänzt.




**Abbildung 9: Lichtraum und Begrenzungslinien der MSB-Einzelspur,  $\alpha = 0^\circ$**





-  Raumbedarf für Toleranzen des Fahrwegs und dessen Linienführung
-  Zulässig sind Einragungen von baul. Anlagen, wenn es der Magnetschwebbahnbetrieb erfordert, sowie Einragungen bei Bauarbeiten, wenn die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen getroffen sind

-  Raum für Fahrwegträger
- Geschwindigkeitsabhängige Maße der Lichtraumumgrenzung

\* bis 400 km/h

\*\* bis 500 km/h

Radiusabhängige Abstände der Begrenzungslinie

\*\*\* bogenaußenseitig  $R_H > 3500$  m und bogeninnenseitig

\*\*\*\* bogenaußenseitig  $R_H < 3500$  m

- Lichtraumumgrenzung
- - - - - Grenzlinie für feste Anlagen
- Begrenzungslinie für den kinematischen Raumbedarf des Fahrzeugs
- - - - - Fahrwegbegrenzung

Abbildung 11: Lichtraum und Begrenzungslinien der MSB-Einzelspur,  $\alpha \leq 12^\circ$

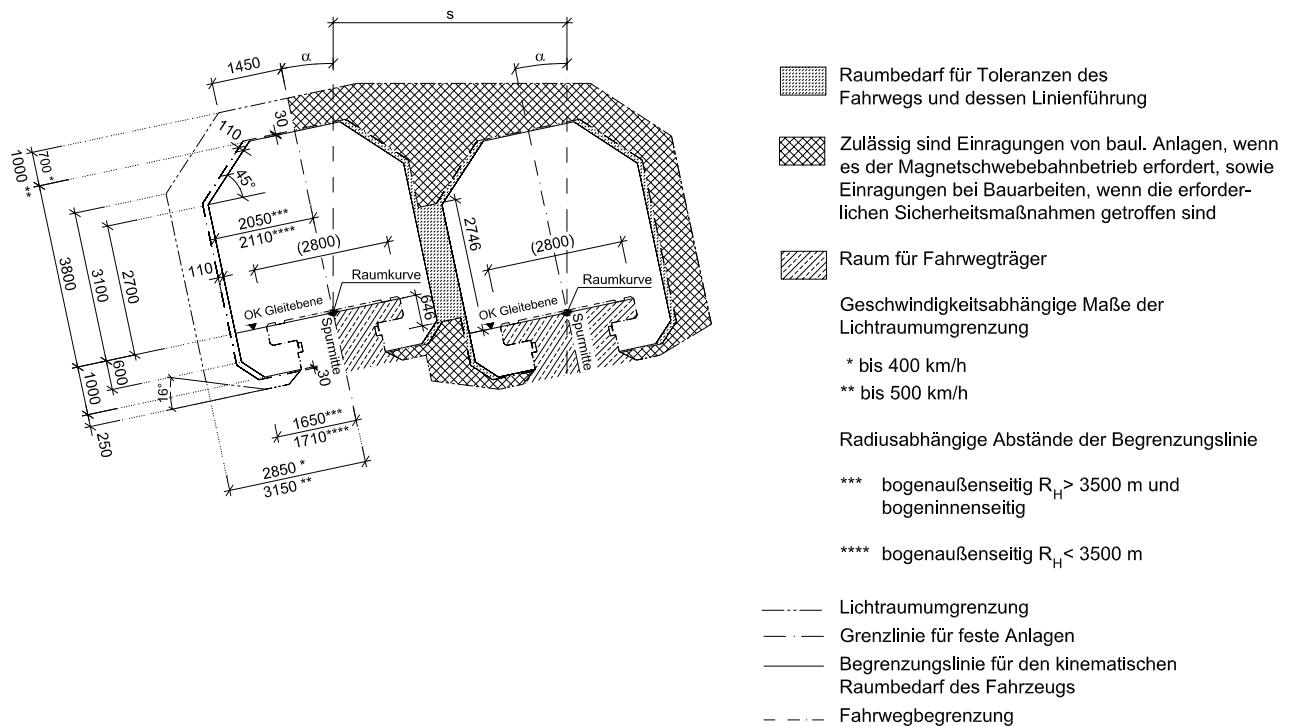
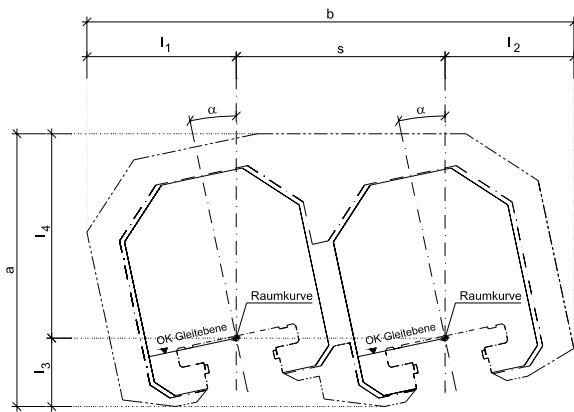


Abbildung 12: Lichraum und Begrenzungslinien der MSB-Doppelspur,  $\alpha \leq 12^\circ$



Berechnung der Breite des Streckenquerschnitts für Doppelspur (b) und Einzelspur ( $b_E$ ) sowie der Höhe des Streckenquerschnitts (a) in Abhängigkeit der Querneigung ( $\alpha$ ):

$$l_i = b_i + \Delta_i \quad i = 1, 2, 3, 4$$

$$\Delta_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \times \cos \left[ \arctan \left( \frac{a_i}{b_i} \right) - \alpha \right] - b_i;$$

$$b = l_1 + s + l_2$$

$$b = l_1 + l_2$$

$$a = l_3 + l_4$$

Geschwindigkeitsabhängige Abmessungen des Spurmittenabstandes (s)

s = 4400 mm bis 300 km/h

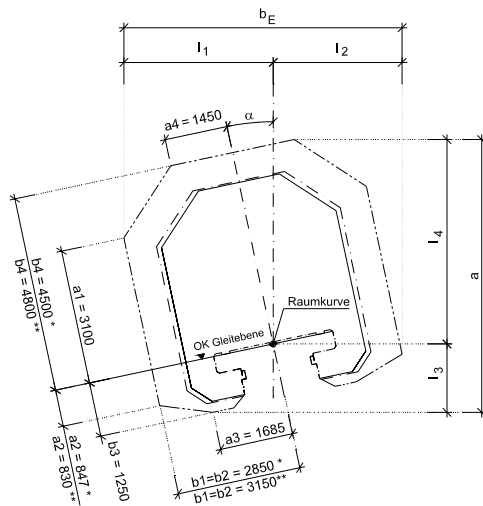
s = 4800 mm bis 400 km/h

s = 5100 mm bis 500 km/h

Geschwindigkeitsabhängige Maße der Lichtraumumgrenzung

\* bis 400 km/h

\*\* bis 500 km/h



- Lichtraumumgrenzung
- - - - - Grenzlinie für feste Anlagen
- Begrenzungslinie für den kinematischen Raumbedarf des Fahrzeugs
- - - - - Fahrwegbegrenzung

Abbildung 13: Lichtraum der MSB in Abhängigkeit der  $\alpha \leq 12^\circ$

## 9 Spurwechseleinrichtungen

### 9.1 Allgemeines

In Abbildung 14 sind die derzeitigen Varianten der Spurwechseleinrichtungen dargestellt.

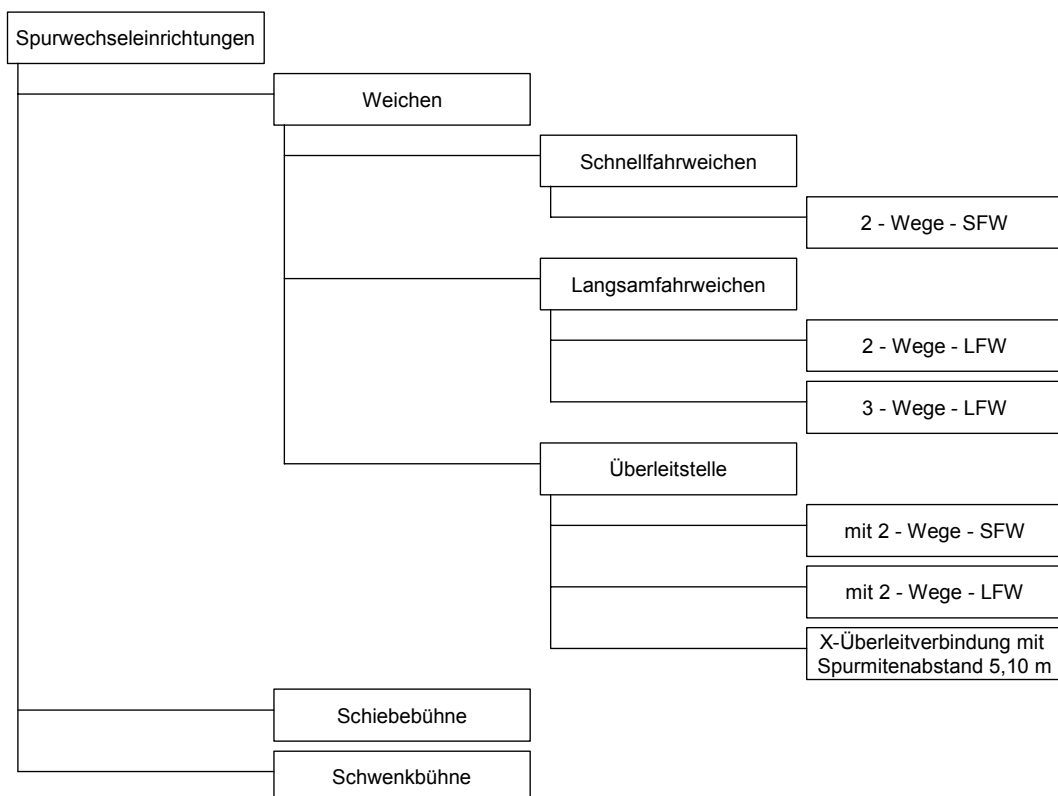


Abbildung 14: Gliederung der Spurwechseleinrichtungen

## 9.2 Weichen

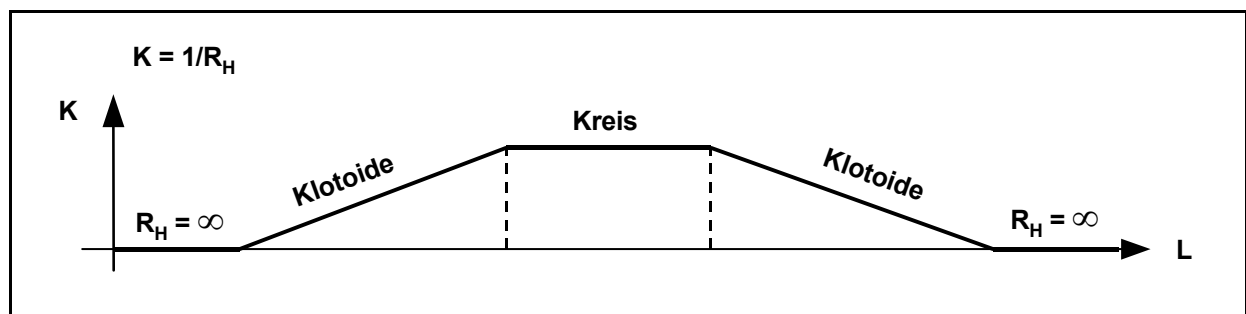
### 9.2.1 Allgemein

Folgende Ansätze sind für die Trassierung von Weichen zu beachten:

- Der gesamte Weichenträger kann von der Geradeausstellung in die Abbiegestellung gebogen werden.
- *Im Grundriss erfolgt die geometrische Abfolge: Gerade-Klotoide-Kreis-Klotoide-Gerade. Diese Abfolge nähert sich weitgehend der Biegelinie des Weichenträgers. Abbildung 15 zeigt die Elemente des Krümmungsbandes einer Weiche in Abbiegestellung.*
- *Es wird aus Komfortgründen empfohlen, in der Abbiegespur hinter einer Weiche für die Fahrzeit von 2 Sekunden, eine Gerade ( $RH = \infty$ ) zu trassieren.*

*Diese Empfehlung gilt nicht für Überleitverbindungen, da hier nach der ersten Weiche direkt eine zweite befahren wird.*

- *In der Gradiente ist nur der Halbmesser  $R_V = \infty$  zulässig.*
- Die planmäßige Querneigung der Weichen beträgt  $0^\circ$ .
- Die planmäßige Längsneigung der Weiche beträgt bis zu 100 ‰.  
*Bei Verwendung von Längsneigung ungleich 0 ‰ ergeben sich im Grundriss der Abbiegestellung mathematisch nicht definierte Trassierungselemente.*



**Abbildung 15: Krümmungsband Weiche**

## 9.2.2 Ausführungsbeispiele Weichen

Nachfolgend sind derzeit bekannte Ausführungsbeispiele dargestellt. Projektspezifisch können weitere Weichen definiert werden.

Die Ausführungsbeispiele enthalten die geometrische Abfolge der Trassierungselemente sowie eine Tabelle mit den Höchstgeschwindigkeiten und den daraus resultierenden Seitenbeschleunigungen und Seitenrucken.

*Die Titel „Mittelstrecken-/Langstrecken Anwendung“ und „Regionalanwendung“ erfolgten aufgrund der Fahrzeuggestaltung (sitzende Passagiere – stehende Passagiere).*

*Dabei sind die Werte für die „Regionalanwendung“ als Empfehlung zu verstehen.*

*Die in den folgenden Tabellen angegebenen Empfehlungen für Regionalanwendungen basieren auf Komfortuntersuchungen mit dem Schwerpunkt auf stehenden Passagieren.*

*Überleitverbindungen bestehen aus 2 Biegeweichen und einer Verriegelungseinheit.*

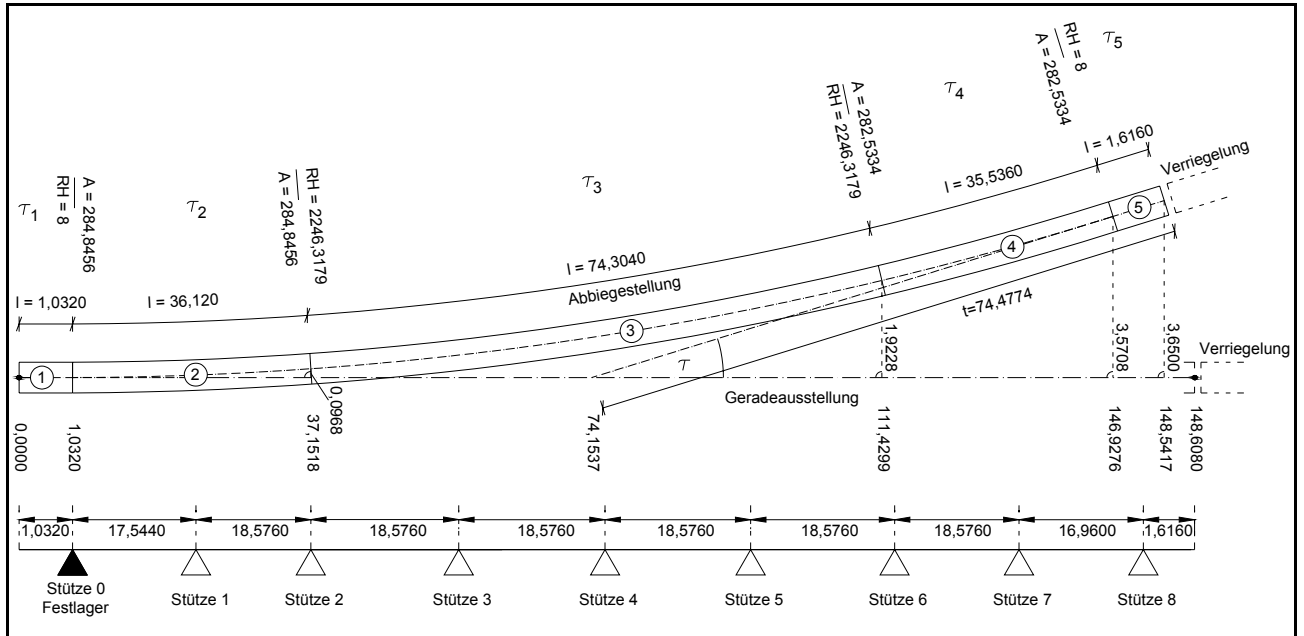
*X-Überleitverbindungen bestehen aus 4 Biegeweichen, der Spurmittenabstand beträgt 5,100 m. Bei Abbiegestellung ist es notwendig, auch die nicht befahrenden Biegeweichen in die Abbiegestellung zu stellen, da sonst die Begrenzungslinie für feste Einbauten überschritten wird (Kapitel 8.2).*



**9.2.2.1 Schnellfahrweiche**

Die Trassierungselemente der Schnellfahrweiche sind in Abbildung 16 als Grundriss unmaßstäblich dargestellt und in Tabelle 6 aufgelistet.

Die fahrdynamischen Werte zu dieser Weiche sind in der Tabelle 7 zusammengestellt.



**Abbildung 16: Trassierungselemente Schnellfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

Nr.	Element	Länge [m]	Radius [m]	Abszisse [m]	Ordinate [m]	$\tau$ [gon]	$\tau$ [°]
	WA			0,0000	0,0000	0,00000	0,00000
1	Gerade	1,0320		1,0320	0,0000	0,00000	0,00000
2	Klotoide	36,1200		37,1518	0,0968	0,51183	0,46065
3	Kreisbogen	74,3040	-2246,3179	111,4299	1,9228	2,10582	1,89524
4	Klotoide	35,5360		146,9276	3,5708	0,50356	0,45320
5	Gerade	1,6160		148,5417	3,6500	0,00000	0,00000
$\Sigma$		148,6080				3,12121	2,80909

**Tabelle 6: Trassierungsparameter Schnellfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

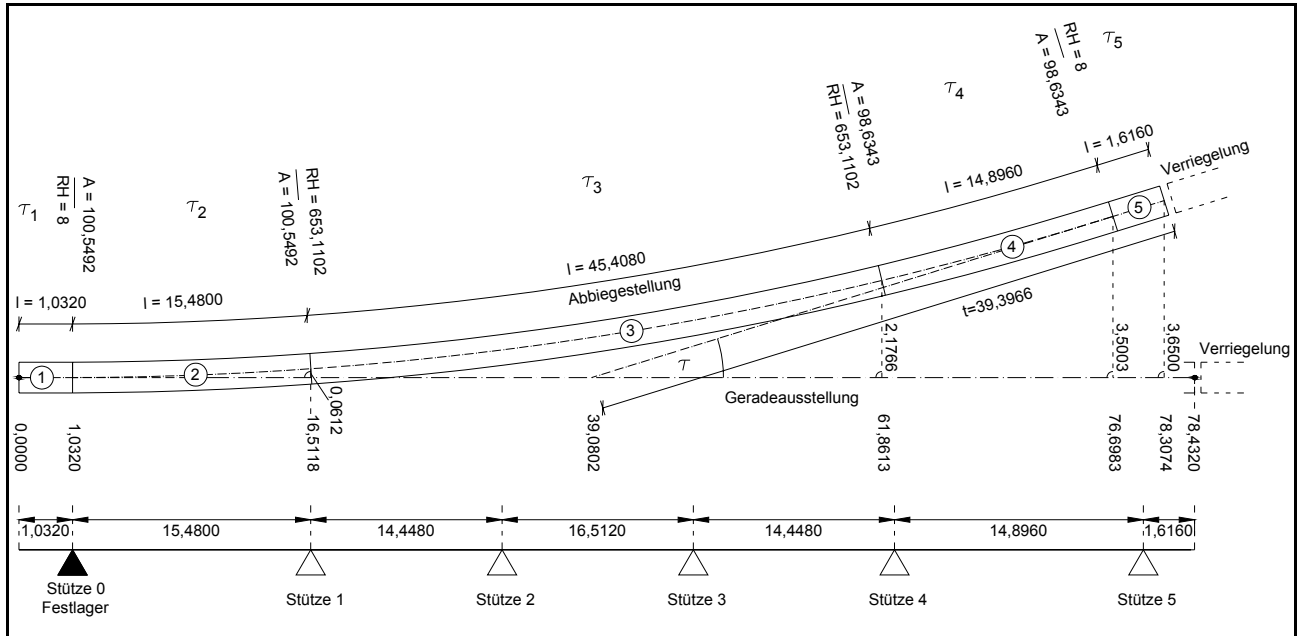
Größe		Mittelstrecken- / Langstrecken- anwendung		Regionalanwendung (Empfehlung)	
Höchstgeschwindigkeit Geradeausstellung	$v_{\text{höchst}}$	500	[km/h]	500	[km/h]
Höchstgeschwindigkeit Abbiegestellung	$v_{\text{höchst}}$	195	[km/h]	155	[km/h]
Unausgeglichene Seitenbeschleunigung	$a_y$	1,31	[m/s <sup>2</sup> ]	0,83	[m/s <sup>2</sup> ]
Seitenruck (1. / 2. Klotoide)	$\ddot{a}_y$	1,96 / 1,99	[m/s <sup>3</sup> ]	0,98 / 1,00	[m/s <sup>3</sup> ]

**Tabelle 7: Fahrdynamische Werte Schnellfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

### 9.2.2.2 Langsamfahrweiche

Die Trassierungselemente der Langsamfahrweiche sind in Abbildung 17 als Grundriss unmaßstäblich dargestellt und in Tabelle 8 aufgelistet.

Die fahrdynamischen Werte zu dieser Weiche sind in Tabelle 9 der zusammengestellt.



**Abbildung 17: Trassierungselemente 2-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

Nr.	Element	Länge [m]	Radius [m]	Abszisse [m]	Ordinate [m]	$\tau$ [gon]	$\tau$ [°]
	WA			0,0000	0,0000	0,00000	0,00000
1	Gerade	1,0320		1,0320	0,0000	0,00000	0,00000
2	Klotoide	15,4800		16,5118	0,0612	0,75446	0,67901
3	Kreisbogen	45,4080	-653,1102	61,8613	2,1766	4,42615	3,98354
4	Klotoide	14,8960		76,6983	3,5003	0,72599	0,65339
5	Gerade	1,6160		78,3074	3,6500	0,00000	0,00000
$\Sigma$		78,4320				5,90660	5,31594

**Tabelle 8: Trassierungsparameter 2-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

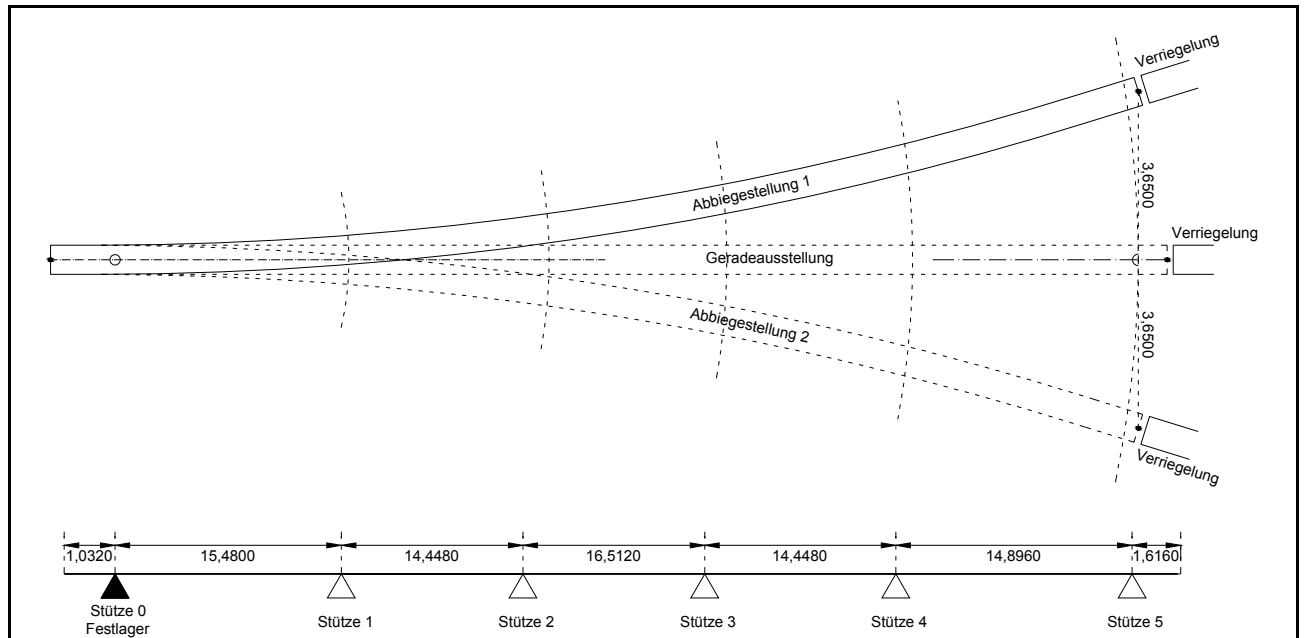
Größe		Mittelstrecken-/Langstrecken-/anwendung		Regionalanwendung (Empfehlung)	
Höchstgeschwindigkeit	$V_{\text{höchst}}$	500	[km/h]	500	[km/h]
Höchstgeschwindigkeit	$V_{\text{höchst}}$	97	[km/h]	77	[km/h]
Unausgeglichene	$a_y$	1,10	[m/s <sup>2</sup> ]	0,69	[m/s <sup>2</sup> ]
Seitenruck	$\ddot{a}_y$	1,91 / 1,98	[m/s <sup>3</sup> ]	0,95 / 0,99	[m/s <sup>3</sup> ]

**Tabelle 9: Fahrdynamische Werte der 2-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage  
 Fahrweg, Teil IV, Trassierung

Die geometrischen Abmessungen der 3-Wege Langsamfahrweiche entsprechen denen der 2 – Wege Langsamfahrweiche (siehe Abbildung 17 und Tabelle 8) mit der Geradeausrichtung als Symmetrieachse.

In Abbildung 18 sind die Stellvarianten dargestellt.



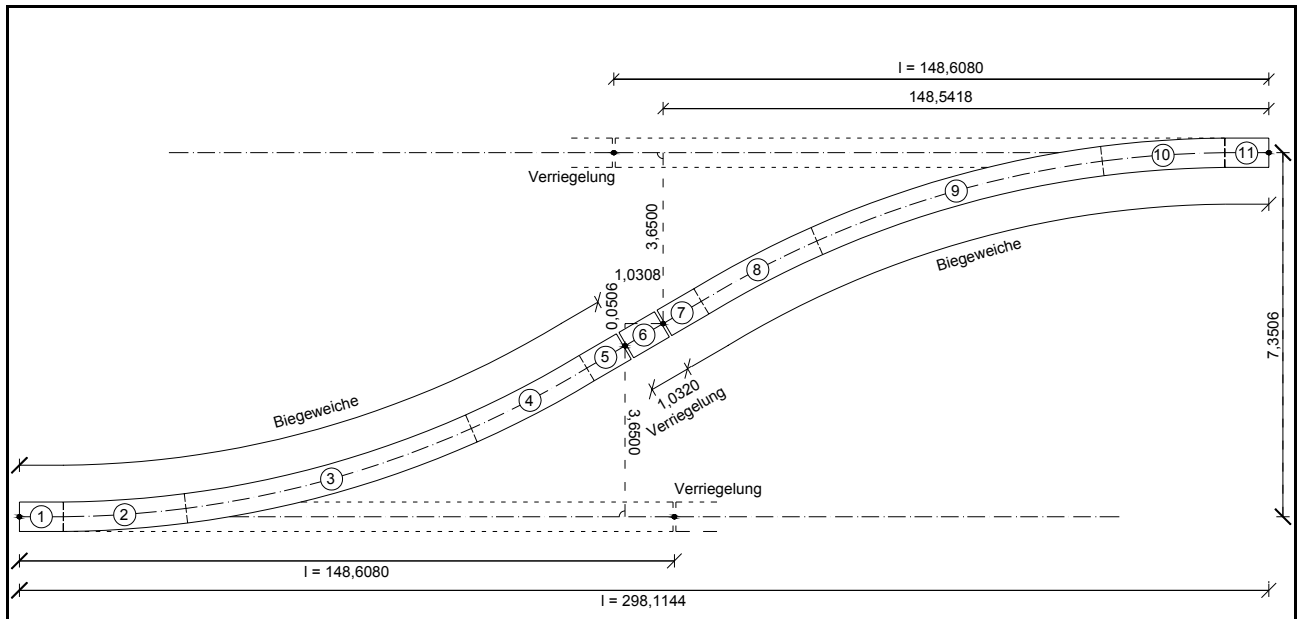
**Abbildung 18: Stellvarianten der 3-Wege Langsamfahrweiche (Ausführungsbeispiel)**

### 9.2.2.3 Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen

Überleitverbindungen zwischen parallel geführten Fahrwegen werden durch die Kombinationen von mehreren Biegeweichen hergestellt.

Abbildung 19 zeigt unmaßstäblich die Folge der Trassierungselemente für eine Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen, die Tabelle 10 die Trassierungselemente.

Die fahrdynamischen Werte zu dieser Überleitverbindung enthält Tabelle 11.



**Abbildung 19: Trassierungselemente der Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen (Ausführungsbeispiel)**

Nr.	Element	Länge [m]	Radius [m]	Abszisse [m]	Ordinate [m]	$\tau$ [gon]	$\tau$ [°]
	WA			0,0000	0,0000	0,00000	0,00000
1	Gerade	0,5000		0,5000	0,0000	0,00000	0,00000
2	Klotoide	36,6520		37,1518	0,0992	0,51687	0,46518
3	Kreisbogen	74,3040	-2257,1800	111,4300	1,9252	2,09569	1,88612
4	Klotoide	36,0680		147,4591	3,5969	0,50863	0,45777
5	Gerade	1,0840		148,5418	3,6500	0,00000	0,00000
6	Gerade	0,5000		149,5726	3,7006	0,00000	0,00000
7	Gerade	1,0840		150,6553	3,7537	0,00000	0,00000
8	Klotoide	36,0680		186,6844	5,4254	-0,50863	-0,45777
9	Kreisbogen	74,3040	+2257,1800	260,9626	7,2514	-2,09569	-1,88612
10	Klotoide	36,6520		297,6144	7,3506	-0,51687	-0,46518
11	Gerade	0,5000		298,1144	7,3506	0,00000	0,00000
$\Sigma$		298,248				0,00000	0,00000

**Tabelle 10: Trassierungsparameter der Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen (Ausführungsbeispiel)**

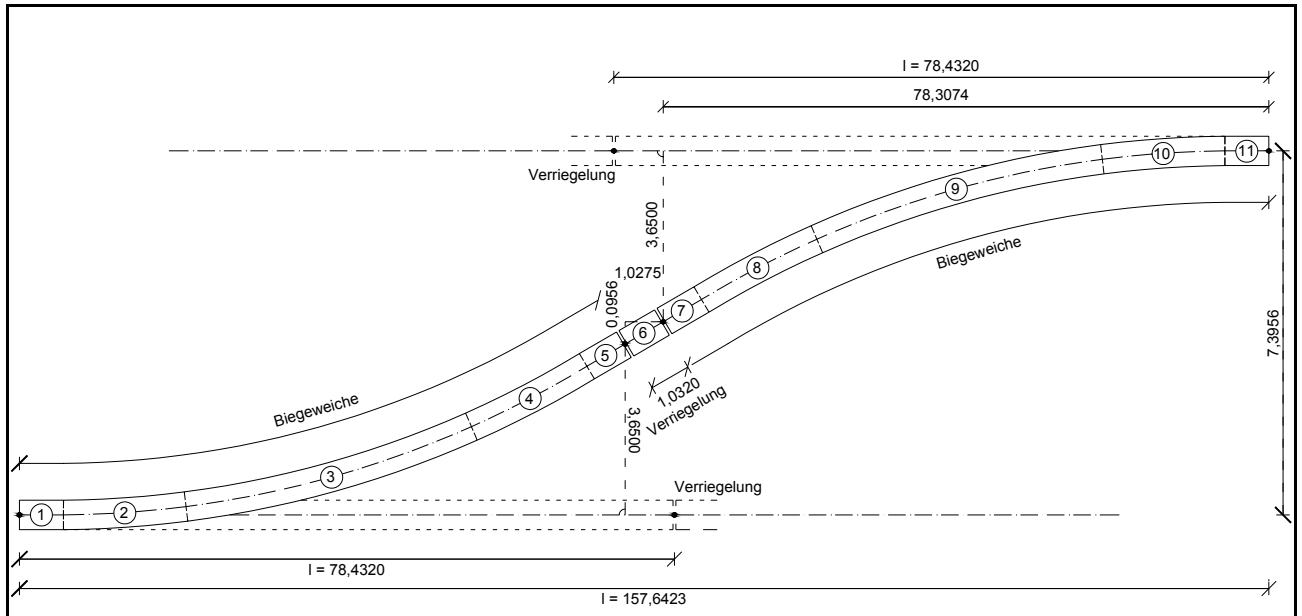
Größe		Mittelstrecken- / Langstrecken- anwendung		Regionalanwendung (Empfehlung)	
Höchstgeschwindigkeit Geradeausstellung	$v_{\text{höchst}}$	500	[km/h]	500	[km/h]
Höchstgeschwindigkeit Abbiegestellung	$v_{\text{höchst}}$	196	[km/h]	124	[km/h]
Unausgeglichene Seitenbeschleunigung	$a_y$	1,31	[m/s <sup>2</sup> ]	0,53	[m/s <sup>2</sup> ]
Seitenruck (1. / 2. Klotoide)	$\ddot{a}_y$	1,95 / 1,98	[m/s <sup>3</sup> ]	0,49 / 0,50	[m/s <sup>3</sup> ]

**Tabelle 11: Fahrdynamische Werte der Überleitverbindung mit Schnellfahrweichen (Ausführungsbeispiel)**

**9.2.2.4 Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen**

Die Abbildung 20 zeigt unmaßstäblich die Trassierungsfolge für eine Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen, die Tabelle 12 die Trassierungselemente.

Die fahrdynamischen Werte zu dieser Überleitverbindung enthält Tabelle 13.



**Abbildung 20: Trassierungselemente der Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Ausführungsbeispiel)**

Nr.	Element	Länge [m]	Radius [m]	Abszisse [m]	Ordinate [m]	$\tau$ [gon]	$\tau$ [°]
	WA			0,0000	0,0000	0,00000	0,00000
1	Gerade	1,0320		1,0320	0,0000	0,00000	0,00000
2	Klotoide	15,4800		16,5118	0,0612	0,75446	0,67901
3	Kreisbogen	45,4080	-653,1102	61,8613	2,1766	4,42615	3,98354
4	Klotoide	14,8960		76,6983	3,5003	0,72599	0,65339
5	Gerade	1,6160		78,3074	3,6500	0,00000	0,00000
6	Gerade	1,0320		79,3349	3,7456	0,00000	0,00000
7	Gerade	1,6160		80,9440	3,8953	0,00000	0,00000
8	Klotoide	14,8960		95,7810	5,2190	-0,72599	-0,65339
9	Kreisbogen	45,4080	+653,1102	141,1305	7,3345	-4,42615	3,98354
10	Klotoide	15,4800		156,6103	7,3956	-0,75446	-0,67901
11	Gerade	1,0320		157,6423	7,3956	0,00000	0,00000
$\Sigma$		157,8960				0,00000	0,00000

**Tabelle 12: Trassierungsparameter der Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Ausführungsbeispiel)**

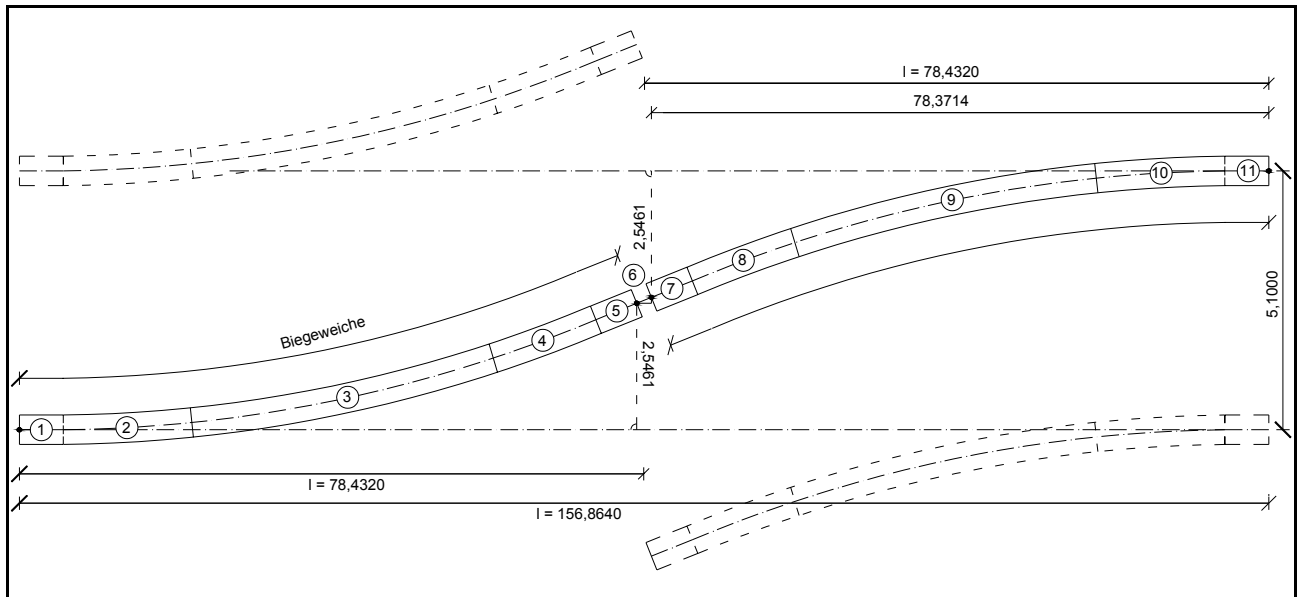
Größe		Mittelstrecken- / Langstrecken- anwendung		Regionalanwendung (Empfehlung)	
Höchstgeschwindigkeit Geradeausstellung	$v_{\text{höchst}}$	500	[km/h]	500	[km/h]
Höchstgeschwindigkeit Abbiegestellung	$v_{\text{höchst}}$	97	[km/h]	61	[km/h]
Unausgeglichene Seitenbeschleunigung	$a_y$	1,10	[m/s <sup>2</sup> ]	0,44	[m/s <sup>2</sup> ]
Seitenruck (1. / 2. Klotoide)	$\dot{a}_y$	1,91 / 1,98	[m/s <sup>3</sup> ]	0,47 / 0,49	[m/s <sup>3</sup> ]

**Tabelle 13: Fahrdynamische Werte der Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Ausführungsbeispiel)**

**9.2.2.5 X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen bei Spurmittenabstand 5,10 m**

Die Anordnung von Langsamfahrweichen zu einer X-Überleitverbindung bei einem Spurmittenabstand von 5,10 m kann als platz sparende Variante trassiert werden (Abbildung 21, Tabelle 14, Tabelle 15).

Die offenen Enden der geraden Fahrwege müssen bei der Überleitung nach außen geschwenkt werden, um die erforderlichen Lichträume freizuhalten.



**Abbildung 21: X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Spurmittenabstand 5,10 m) (Ausführungsbeispiel)**

Nr.	Element	Länge [m]	Radius [m]	Abszisse [m]	Ordinate [m]	$\tau$ [gon]	$\tau$ [°]
	WA			0,0000	0,0000	0,00000	0,00000
1	Gerade	1,0320		1,0320	0,0000	0,00000	0,00000
2	Klotoide	15,4800		16,5119	0,0426	0,52604	0,47344
3	Kreisbogen	45,4080	-936,7000	61,8915	1,5181	3,08612	2,77751
4	Klotoide	14,8960		76,7588	2,4416	0,50619	0,45557
5	Gerade	1,6160		78,3714	2,5461	0,00000	0,00000
6	geom. Spalt	0,1216		78,4926	2,5539	0,00000	0,00000
7	Gerade	1,6160		80,1053	2,6584	0,00000	0,00000
8	Klotoide	14,8960		94,9726	3,5820	-0,50619	-0,45557
9	Kreisbogen	45,4080	+936,7000	140,3521	5,0574	-3,08612	-2,77751
10	Klotoide	15,4800		155,8320	5,1000	-0,52604	-0,47344
11	Gerade	1,0320		156,8640	5,1000	0,00000	0,00000
$\Sigma$		157,8960				0,00000	0,00000

**Tabelle 14: Trassierungsparameter der X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Spurmittenabstand 5,10 m) (Ausführungsbeispiel)**



Größe		Mittelstrecken- / Langstrecken- anwendung		Regionalanwendung (Empfehlung)	
Höchstgeschwindigkeit Geradeausstellung	$v_{\text{höchst}}$	500	[km/h]	500	[km/h]
Höchstgeschwindigkeit Abbiegestellung	$v_{\text{höchst}}$	109	[km/h]	69	[km/h]
Unausgeglichene Seitenbeschleunigung	$a_y$	1,98	[m/s <sup>2</sup> ]	0,39	[m/s <sup>2</sup> ]
Seitenruck (1. / 2. Klotoide)	$\dot{a}_y$	1,91 / 1,98	[m/s <sup>3</sup> ]	0,47 / 0,50	[m/s <sup>3</sup> ]

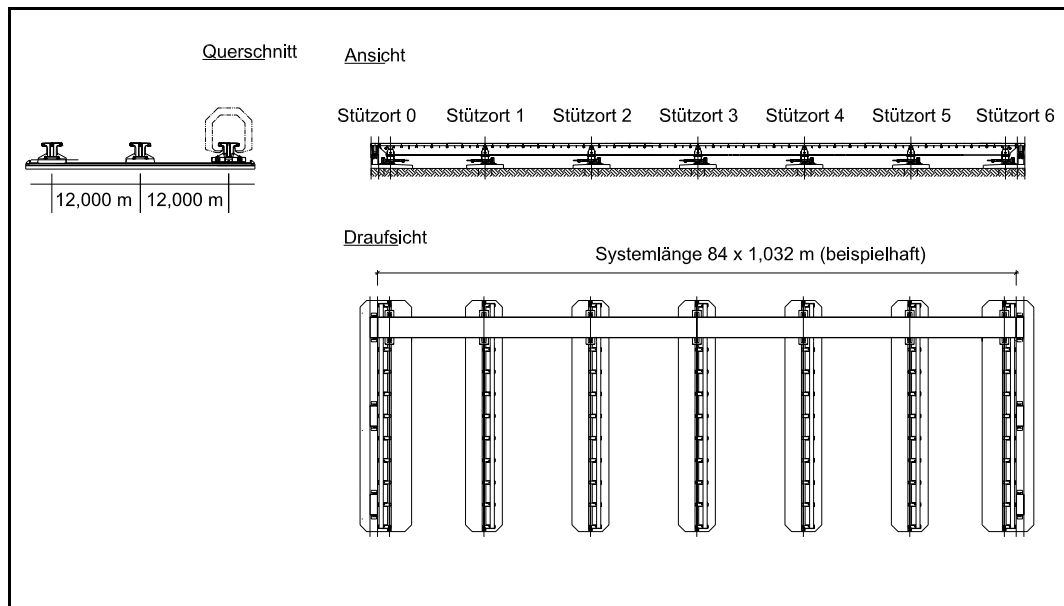
**Tabelle 15: Fahrdynamische Werte der X-Überleitverbindung mit Langsamfahrweichen (Spurmittenabstand 5,10 m) (Ausführungsbeispiel)**

### 9.3 Schiebebühne und Schwenkbühne

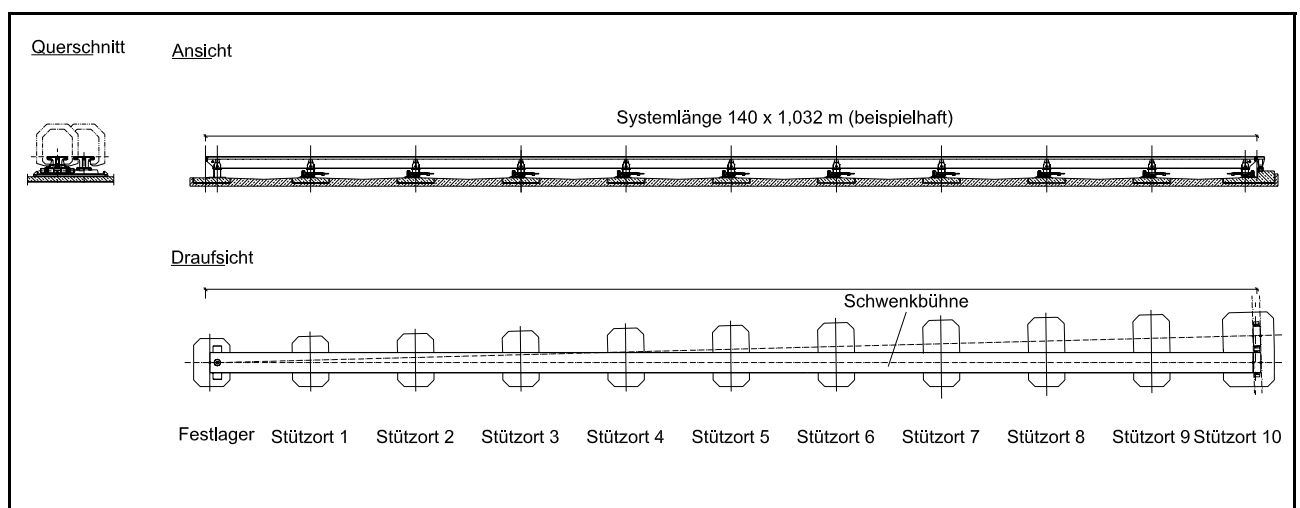
Im Grundriss wird die Schiebebühne (Abbildung 22) bzw. die Schwenkbühne (Abbildung 23) als Gerade ( $R_H = \infty$ ) trassiert.

Im Gradientenverlauf ist eine Ausbildung als Kuppe oder Wanne möglich.

Die Schiebebühne und die Schwenkbühne werden mit stehendem Fahrzeug bewegt. Längsneigungen sind gemäß Kapitel 6.1.1 anzuwenden.



**Abbildung 22: Schiebebühne (Beispiel)**



**Abbildung 23: Schwenkbühne (Beispiel)**

## 10 Betriebsanlagen

*Betriebsanlagen wie Stationen oder Instandhaltungsanlagen werden projektspezifisch ausgelegt.*

*Sie sind daher nicht Bestandteil dieser Ausführungsgrundlage zum Trassieren von Magnetschnellbahnfahrwegen.*

*Die in diesem Dokument genannten trassierungstechnischen Grenzwerte gelten jedoch auch für die Betriebsanlagen.*

Innerhalb von Betriebsanlagen können unter den vorgenannten Bedingungen Klotoiden als Übergangsbögen als Trassierungselemente im Grundriss verwendet werden.

Wird ein Bahnsteig zwischen den Fahrwegen eines quergeneigten Doppelspurfahrweges geplant, ist durch parallelen Höhenversatz der Gradienten der Höhenunterschied zwischen den Einstiegsniveaus auszugleichen, damit der Bahnsteig in Querrichtung horizontal verlaufen kann.