

Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage

Fahrweg Teil III Geometrie

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.....	9
4.1	Zweck und Anwendungsbereich	9
4.1.1	Dokumentenstruktur.....	9
4.1.2	Erläuterung zur Anwendung.....	9
4.2	Magnetschnellbahn-Ausführungsgrundlagen.....	10
4.3	Abkürzungen und Definitionen	10
4.4	Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien.....	10
4.5	Kennzeichnung und Verbindlichkeit von Anforderungen	10
5	Freiräume für Einbauten der Fahrwegausrüstung	12
6	Maßbezüge, Hauptmesspunkte, Bezugsebenen und Einflussgrößen	15
6.1	Lage der Funktionsebenen und Hauptmesspunkte	15
6.2	Anforderungen an Hauptmesspunkte und Messwerte	17
6.3	Koordinatensysteme	18
6.4	System- und Bauteillängen	19
6.5	Vorzeichenfestlegungen.....	19
6.6	Definitionen und Festlegungen für Toleranzen und Lageabweichungen	24
6.6.1	Soll-Vorkrümmung	24
6.6.1.1	Soll-Vorkrümmung bei Einfeldträgern	25
6.6.1.2	Soll-Vorkrümmung bei Zweifeldträgern.....	26
6.6.1.3	Soll-Vorkrümmung bei Mehrfeldträgern und Spurwechseleinrichtungen	26
6.6.2	Langwellige Abweichung.....	26
6.6.2.1	Langwellige Abweichung bei Einfeldträgern	28
6.6.2.2	Langwellige Abweichung bei Zwei- und Mehrfeldträgern sowie Spurwechseleinrichtungen	30
6.6.3	Kurzwellige Abweichung	31
6.6.4	Neigungsänderungskriterium	34
6.6.5	Zwickellösung.....	35
6.6.6	Versatz	37
6.6.7	Verkipfung	38
6.6.8	Querneigungstoleranz.....	38

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Fahrweg, Teil III, Geometrie

6.6.9	Überlagerung von Toleranzen und Lageabweichungen	38
6.7	Zulässige Toleranz und Lageabweichungen.....	39
6.7.1	Toleranzen und Lageabweichungen für die Statorebene (SE)	39
6.7.1.1	Zulässige Lageabweichung der Statorpakete in x-Richtung	39
6.7.1.2	Zulässige Lageabweichung der Langstatormittenachse in y-Richtung	40
6.7.1.3	Toleranzen der SE in z-Richtung	40
6.7.1.3.1	Soll-Vorkrümmung	40
6.7.1.3.2	Langwellige Abweichung der SE.....	40
6.7.1.3.3	Kurzweilige Abweichung gegenüber der SE-IST-Lage (langwellige Abweichung), Toleranzen am Trägerstoß.....	41
6.7.1.3.3.1	Neigungsänderungskriterium innerhalb der kurzweiligen Abweichung.....	41
6.7.1.4	Zulässige Versätze / Verkipfung der SE	42
6.7.1.4.1	Querneigungstoleranz der SE.....	42
6.7.2	Toleranzen und Lageabweichungen der Seitenführschiene-Ebene (SFE)	43
6.7.2.1	Toleranzen der SFE in x-Richtung	43
6.7.2.2	Lageabweichung der SFE in y-Richtung.....	45
6.7.2.2.1	Soll-Lage	45
6.7.2.2.2	Langwellige Abweichung der SFE	45
6.7.2.2.3	Kurzweilige Abweichung gegenüber der SFE-IST-Lage (langwellige Abweichung), Toleranzen am Trägerstoß.....	46
6.7.2.2.4	Zulässige Versätze / Verkipfung SFE	47
6.7.2.3	Zulässige Toleranz der Spurweite (S).....	48
6.7.3	Toleranzen und Lageabweichungen für die Gleitebene (GE)	49
6.7.3.1	Zulässige Toleranzen der GE in x-Richtung	50
6.7.3.1.1	Zulässige Spalte in x-Richtung innerhalb der Gleitleiste.....	50
6.7.3.2	Zulässige Toleranzen der GE in Y-Richtung.....	51
6.7.3.3	Zulässige Toleranzen der GE in z-Richtung	51
6.7.3.3.1	Soll-Lage	51
6.7.3.3.2	Langwellige Abweichung der GE	52
6.7.3.3.3	Kurzweilige Abweichung der GE.....	53
6.7.3.3.4	Zulässige Versätze / Verkipfung der GE	54
6.7.3.4	Zangenmaß.....	55
7	Fahrweg-Montage.....	56
8	Geometrische Anforderungen an den Kalibrierfahrweg	57
9	Lageanforderungen an die Anbau- und Ausrüstungselemente des Fahrweges	59

9.1	Lage der Motorwicklung	59
9.2	Lage der Lagereferenzleiste	59
9.3	Lage der fahrwegseitigen Baugruppen der externen Bordenergieversorgung	59
9.3.1	Lage der fahrwegseitigen Baugruppen der Stromschienen	59
9.3.2	Lage der fahrwegseitigen Baugruppen der induktiven Energieübertragung	59
10	Nachweise.....	60
Anhang III-A	Befestigung der Statorpakete (Fahrwegträgerseitig)	61
Anhang III-B	Befestigungsachsen des Statorpaketes.....	64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Freiräume der Magnetschnellbahn-spezifischen Fahrwegausrüstung und der Fahrwegträger.....	12
Abbildung 2:	Lage Führspaltmessbereich.....	13
Abbildung 3:	Einbauraum Langstatorwicklung.....	14
Abbildung 4:	Funktionsebenen und Hauptmesspunkte in y- und z-Richtung.....	15
Abbildung 5:	Hauptmesspunkte in x- und z-Richtung	15
Abbildung 6:	Hauptmesspunkte der Seitenführ- und Gleitebene	16
Abbildung 7:	Hauptmesspunkte der Statorebene	17
Abbildung 8:	Geometrischer Zusammenhang von Koordinatensystemen (TFK und RFK).....	18
Abbildung 9:	Zusammenhang Bauteillänge/Systemlänge.....	19
Abbildung 10:	SFE-Versatz, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 1 und Gleichung 2	20
Abbildung 11:	SE-Versatz, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 3	20
Abbildung 12:	GE-Versatz, Toleranzfeld mit Vorzeichenfestlegung nach Gleichung 4	21
Abbildung 13:	Spurweitenänderung, Toleranzfelder mit Vorzeichenfestlegung nach Gleichung 5. 21	
Abbildung 14:	SFE-NGK, Toleranzfelder und Vorzeichenfestlegung nach Gleichung 6 und Gleichung 7	22
Abbildung 15:	SE NGK, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 8.....	23
Abbildung 16:	GE-NGK, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 9	23
Abbildung 17:	Sollvorkrümmung und deren Anteile (Darstellung ohne Berücksichtigung des Kriech- und Schwindverhaltens).....	25
Abbildung 18:	Zusammenhang zwischen diskreten Messwerten, Ist-Lage der langwelligen Abweichung und zugehörigen Grenzwerten der kurzwelligen Abweichung.....	28
Abbildung 19:	Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung bei Einfeldträgern ohne Vorkrümmung am Beispiel der SE.....	29
Abbildung 20:	Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung bei Einfeldträgern mit Vorkrümmung am Beispiel der SE	29

Abbildung 21: Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung bei Zweifeldträgern mit Vorkrümmung am Beispiel der SE	30
Abbildung 22: Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung am Beispiel der SE einer Spurwechseleinrichtung ohne Soll-Vorkrümmung	31
Abbildung 23: Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung bei Einfeldträgern mit Vorkrümmung am Beispiel der SE	32
Abbildung 24: Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung bei Zweifeldträgern mit Soll-Vorkrümmung und Bezug zur Ist-Lage der langwelligen Abweichung am Beispiel der SE.....	33
Abbildung 25: Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung einer Spurwechseleinrichtungen mit Bezug zur Ist-Lage der langwelligen Abweichung am Beispiel der SE.....	34
Abbildung 26: Darstellung Neigungsänderungskriterium am Beispiel der GE	35
Abbildung 27: Ausführung der Zwickellösung in der SE	36
Abbildung 28: Verlauf der kurzwelligen Abweichung der SE am Trägerübergang bei Anwendung der Zwickellösung	36
Abbildung 29: Darstellung eines negativen Versatzes an der SFE mit überlagertem NGK.....	37
Abbildung 30: Darstellung eines positiven Versatzes an der SFE mit überlagertem NGK	37
Abbildung 31: Überlagerung von Versatz und Verkippung an gleichen benachbarten Funktionsebenen (z.B. bei Statorpaketen in der Statorebene)	38
Abbildung 32: Toleranzen und Lageabweichungen der Statorebene (SE) und deren Abhängigkeiten zueinander.....	39
Abbildung 33: Toleranzen und Lageabweichungen der Seitenführebene (SFE) und deren Abhängigkeiten zueinander.....	43
Abbildung 34: Ausbildung der SFE-Oberfläche am Trägerstoß bzw. bei Unterbrechungen.....	44
Abbildung 35: Zulässige Versätze in der SFE innerhalb eines Fahrwegträgers in Abhängigkeit der SF-Segmentenlängen	47
Abbildung 36: Toleranzen und Lageabweichungen der Gleitebene (GE) in z-Richtung und deren Abhängigkeiten zueinander.....	49
Abbildung 37: Ausbildung der GE-Oberfläche am Trägerstoß bzw. bei Unterbrechungen.....	51
Abbildung 38: Verlauf und Lage der kurzwelligen Abweichung der GE am Beispiel eines Einfeldträgers mit Vorkrümmung.....	52
Abbildung 39: Zulässige Versätze in der GE innerhalb des Fahrwegträger in Abhängigkeit von Größe und Häufigkeit ihres Auftretens.....	54
Abbildung 40: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Draufsicht)	61
Abbildung 41: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Querschnitt).....	62
Abbildung 42: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Seitenansicht).....	62
Abbildung 43: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Detail A und Detail B)	63

Abbildung 44: Befestigungsachsen des Statorpaketes (Draufsicht) 64
Abbildung 45: Befestigungsachsen des Statorpaketes (Querschnitt) 64
Abbildung 46: Befestigungsachsen des Statorpaketes (Seitenansicht) 65

4 Allgemeines

4.1 Zweck und Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument spezifiziert die allgemeingültigen technischen Anforderungen der Fahrweggeometrie für das Magnetschnellbahnsystem.

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

4.1.1 Dokumentenstruktur

Die vorliegende Ausführungsgrundlage spezifiziert die geometrischen Anforderungen an die Funktionsebenen von Magnetschnellbahnfahrwegträger.

Anforderungen zur Trägerfeinpositionierung sind in /MSB AG-FW VERM/ niedergeschrieben.

Die Erläuterungen zu Lageabweichungen, Maß- und Toleranzangaben dienen dem grundsätzlichen Verständnis zur Herstellung eines Magnetschnellbahnfahrweges.

Auf Grund der Wechselwirkung der einzelnen festgelegten Grenzwerte zueinander, ist, unter Beachtung des Gesamtsystems eine wechselseitige Verschiebung von Grenzwerten möglich. In die Gesamtbetrachtung sind dabei u.a. die Anforderungen gemäß /MSB AG-GESAMTSYS/ mit einzubeziehen.

Die angegebenen Grenzwerte dienen der Einhaltung des Fahrkomforts sowie den technischen Anforderungen des Gesamtsystems.

4.1.2 Erläuterung zur Anwendung

Im Dokument sind die einzuhaltenden Toleranzen und Lageabweichungen der Funktionsebenen der Fahrwegträger im ausgerüsteten und feinpositionierten Zustand, ohne Verkehrslast, nur durch Eigengewicht belastet, definiert.

In einem weiteren Schritt sind unter Berücksichtigung der vorgesehenen Fertigungsverfahren daraus die Fertigungstoleranzen für die Fahrwegherstellung, (Fahrwegrohelement, -ausrüstung, -montage) sowie für die Instandhaltung abzuleiten.

Alle Angaben beziehen sich, sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt, auf einen Fahrweg bei projektspezifischer Referenztemperatur.

Alle Angaben beziehen sich auf die Funktionsebenen im eingebauten, beschichteten Zustand.

Die Festlegung der Maßanforderungen an den Fahrweg (z.B. Grenzwerte der zul. Abweichung im Zusammenwirken mit der Verformung des Fahrweges) basieren im Wesentlichen auf den Erfahrungen mit bisher erprobten Fahrwegen und deren Zusammenspiel mit Magnetfahrzeugen im Fahrbetrieb unter Erprobungs- und Anwendungsbedingungen.

Die Einzeltoleranzen ergeben bei einer Gesamttoleranzbetrachtung z.T. Überschneidungen. Bei ergänzenden bzw. voneinander abhängigen Toleranzvorgaben ist darauf zu achten, dass die

jeweilige Einzeltoleranz eingehalten wird bzw. dass die Vorgaben mit den kleineren Toleranzwerten Priorität haben.

Wenn im Dokument zulässige Form- und Lageabweichungen einzelner Funktionsebenen nicht aufgeführt werden, besteht dazu aus Sicht des Gesamtsystems keine Veranlassung.

In diesem Fall wird eine Fertigungstoleranz nach DIN ISO 2768-1 und DIN ISO 2768-2 vorausgesetzt.

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 Freiräume für Einbauten der Fahrwegausrüstung

Die Einbauräume der magnetschnellbahnspezifischen Fahrwegausrüstung sind nachfolgend in Abbildung 1, Abbildung 2 und Abbildung 3 auf Basis von /MSB AG-GESAMTSYS/ festgelegt. Darüber hinaus sind die im Anhang von /MSB AG-FW ÜBG/ für Regelfahrwegtypen als Richtmaße angegebenen Abmessungen zu beachten.

Die Definition des Lichtraums ist in /MSB AG-FW TRAS/ enthalten.

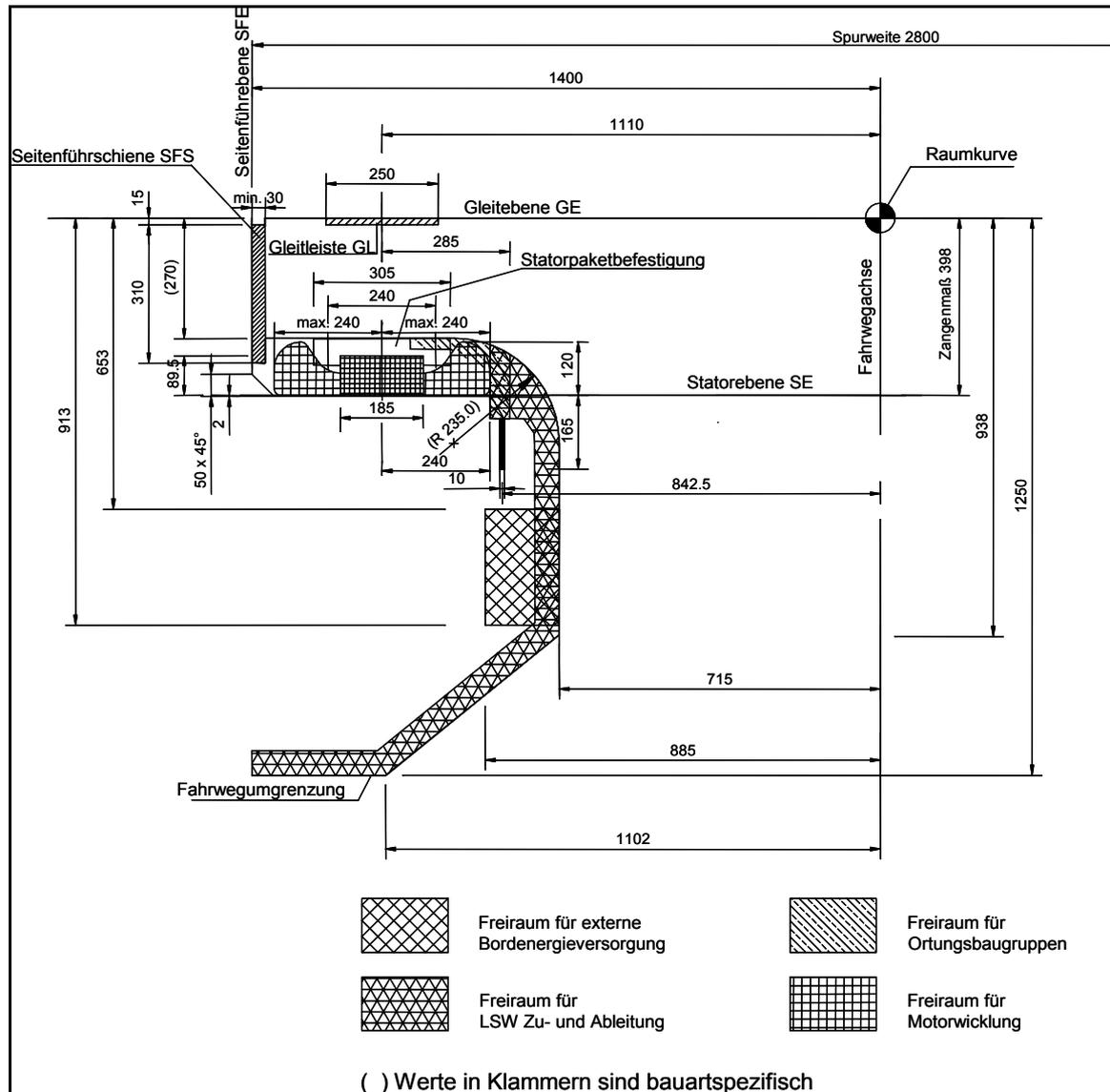


Abbildung 1: Freiräume der Magnetschnellbahn-spezifischen Fahrwegausrüstung und der Fahrwegträger

Erläuterungen zu Abbildung 1:

- 1) Die Fahrwegumgrenzung beschreibt den maximal möglichen Umgriff des Fahrwegträgers inklusive seiner Toleranzen.
- 2) Bauartspezifische Abweichungen von den Fahrwegumgrenzung sind erst nach Prüfung auf Kompatibilität mit dem Gesamtsystem zulässig.
- 3) Zwischen der Magnetschnellbahn-spezifischen Fahrwegausrüstung und den Fahrwegträgern ist ein Freiraum zur Befestigung der Fahrwegausrüstung vorzusehen. Die Größe dieses Freiraumes ist abhängig von der Wahl der Befestigungskonstruktion und erfordert eine Prüfung auf Kompatibilität mit dem Gesamtsystem.

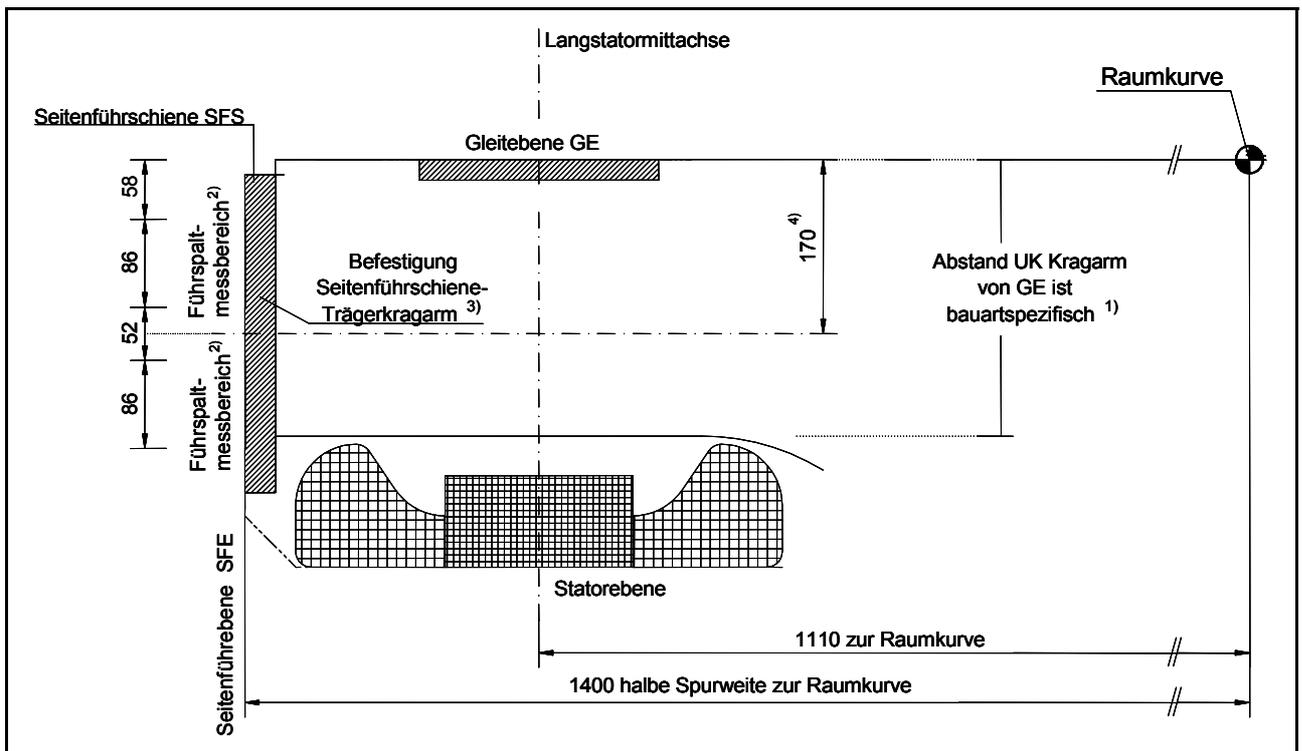


Abbildung 2: Lage Führspaltmessbereich

Erläuterungen zu Abbildung 2 :

- 1) Der Abstand der Unterseite des Trägerkragarmes (UK) von der Gleitebene ist bauartspezifisch und ergibt sich aus der Art der Befestigung der Statorpakete und dem Einbauraum der Motorwicklung.
- 2) Die dargestellten Bereiche der Führspaltsensoren entsprechen der Lage bei schwebendem Fahrzeug bei einem Referenztragspalt von 10 mm.
- 3) Die Befestigung der Seitenführschiene und der hierfür erforderliche Freiraum sind bauartspezifisch festzulegen.
- 4) Mittenlage der Führungsmagnete des schwebenden Fahrzeugs bei einem Referenztragspalt von 10 mm;

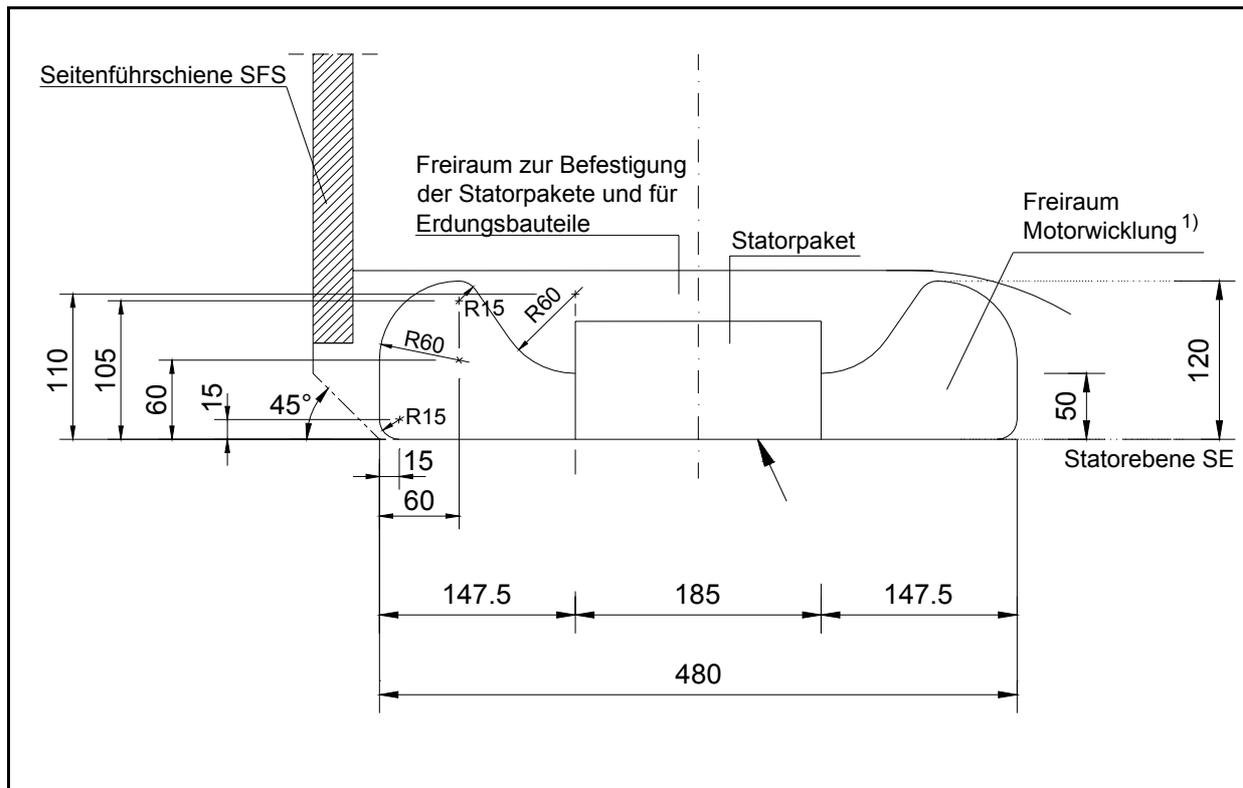


Abbildung 3: Einbauraum Langstatorwicklung

Erläuterungen zu Abbildung 3:

- 1) *Der dargestellte Einbauraum der Motorwicklung berücksichtigt auch den für den Montageprozess erforderlichen Platzbedarf des Motorwicklungskabels. Für die Montagevorrichtung erforderliche Freiräume liegen innerhalb der Begrenzungslinien des Fahrzeug.*

6 Maßbezüge, Hauptmesspunkte, Bezugsebenen und Einflussgrößen

6.1 Lage der Funktionsebenen und Hauptmesspunkte

Die Lage der Funktionsebenen sowie die zugehörigen Messpunkte in x-, y- und z-Richtung sind in Abbildung 4, Abbildung 5, Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt.

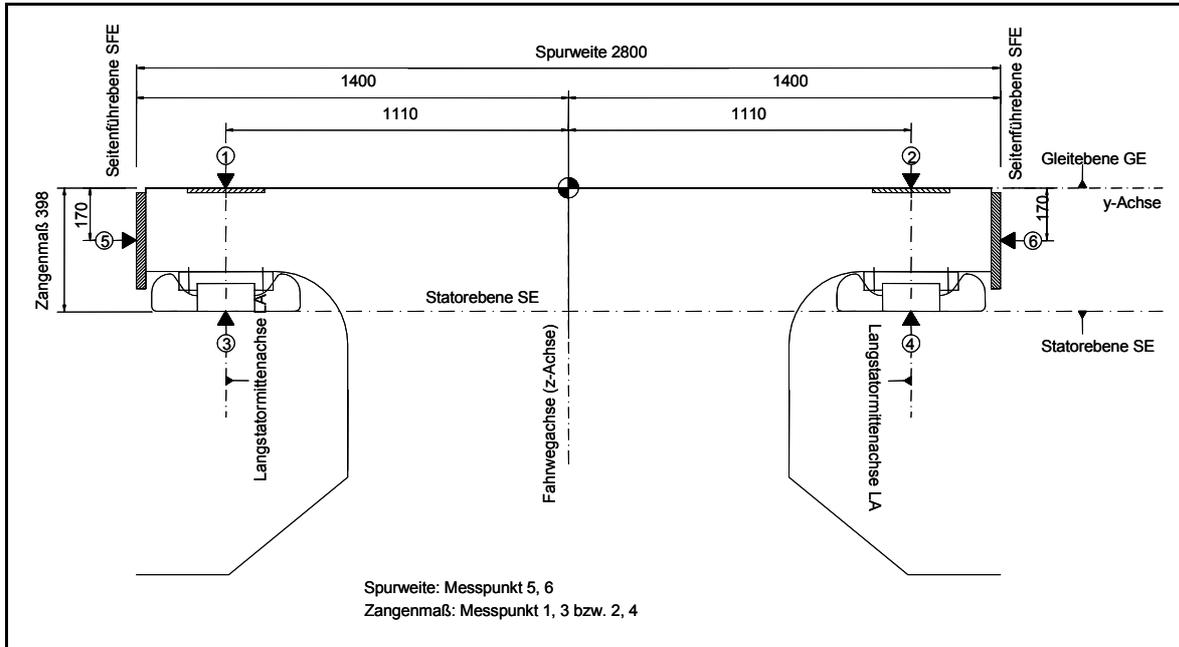


Abbildung 4: Funktionsebenen und Hauptmesspunkte in y- und z-Richtung

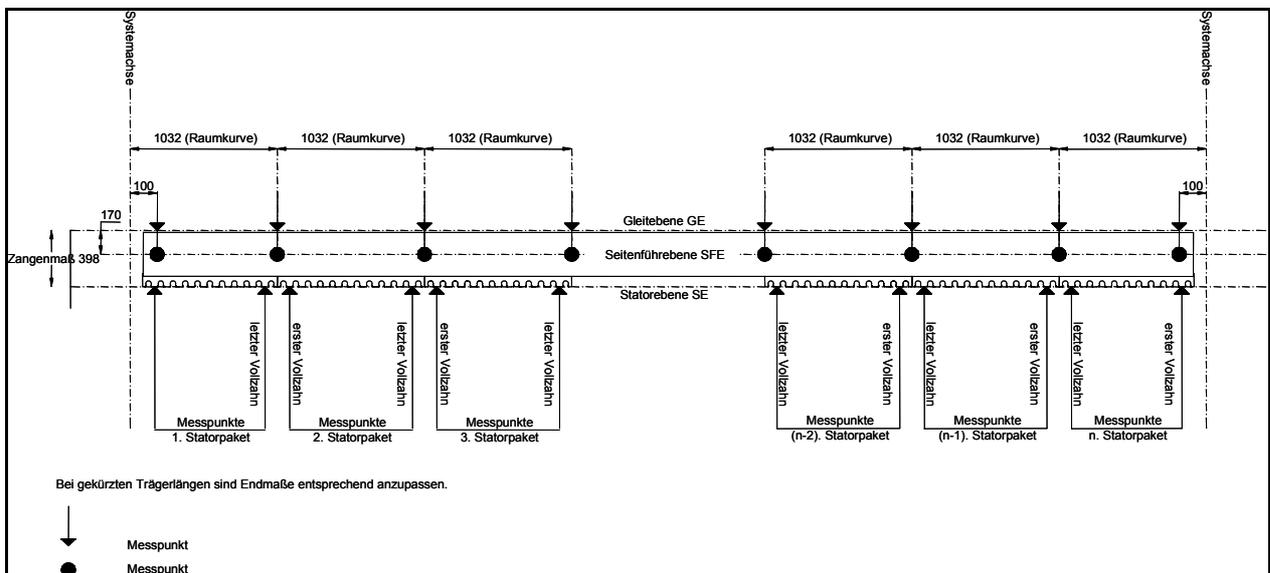


Abbildung 5: Hauptmesspunkte in x- und z-Richtung

Die Lage der Hauptmesspunkte in x-Richtung (Längsrichtung siehe Abbildung 5), ist so zu wählen, dass min. im Systemrastermaß von 1032 mm ein Messwert für die Auswertung ermittelt wird.

Bei vorhandenen unterteilten Funktionsebenen ist das Teilungsraster der Unterbrechung zu beachten. In diesem Fall ist beidseitig der Unterbrechung je ein Messpunkt anzuordnen.

Der erste Messpunkt am Fahrwegträgeranfang bzw. -ende ist einheitlich 100 mm von der Systemachse entfernt zu platzieren und sollte dauerhaft gekennzeichnet sein.

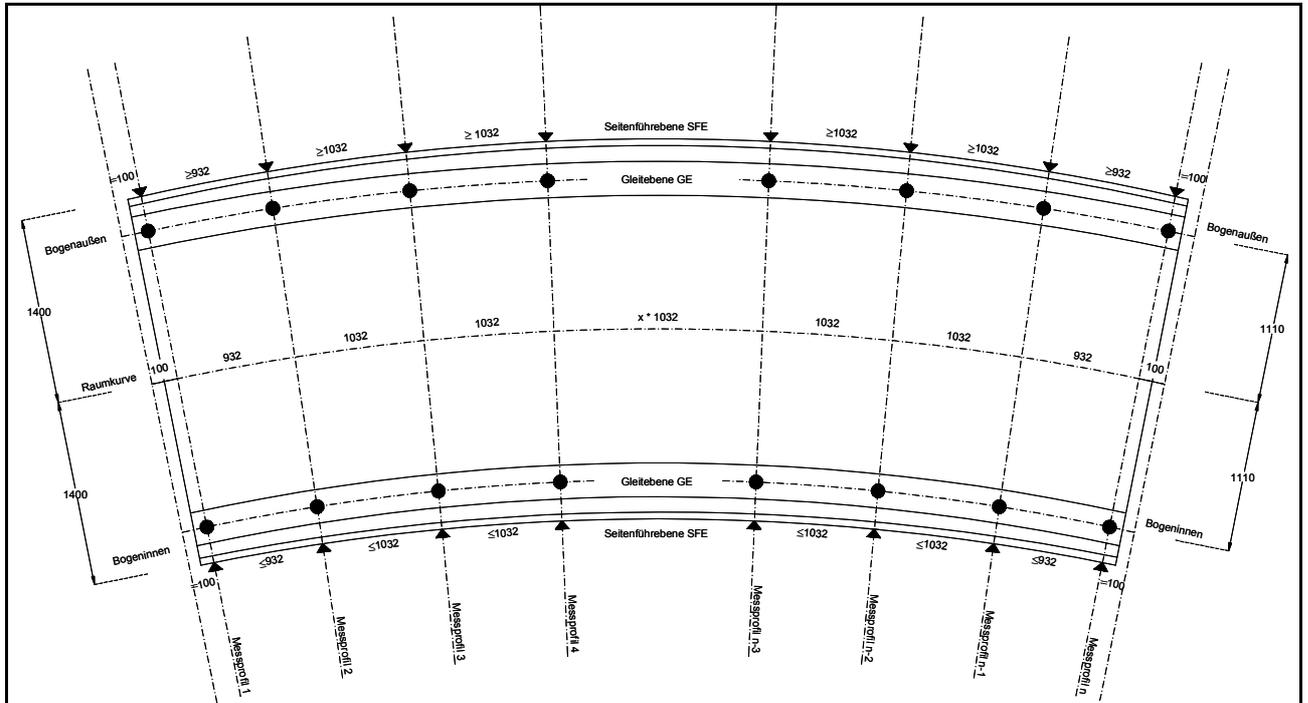


Abbildung 6: Hauptmesspunkte der Seitenführ- und Gleitebene

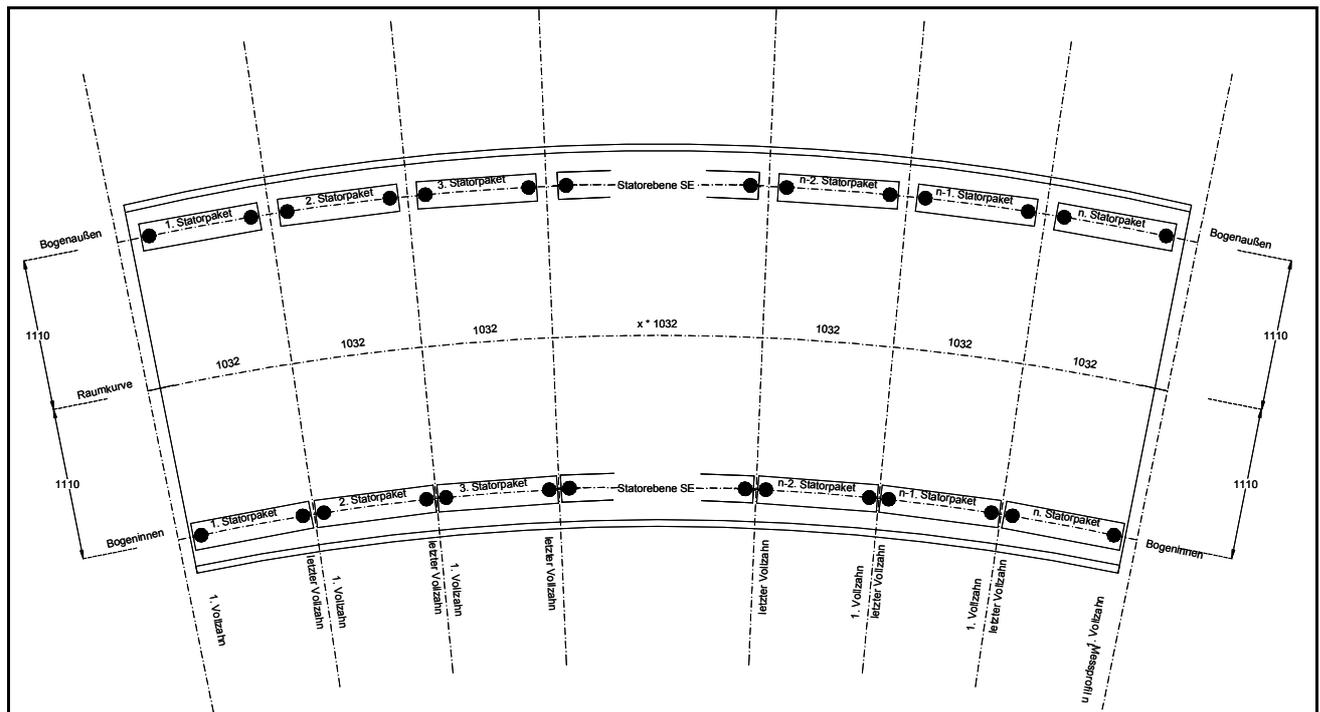


Abbildung 7: Hauptmesspunkte der Statorebene

6.2 Anforderungen an Hauptmesspunkte und Messwerte

Die für die Hauptmesspunkte ermittelten Messwerte müssen eine repräsentative Aussage über die Lage der Funktionsebene erlauben.

Das heißt, dass zur Ermittlung des Messwertes geeignete Messverfahren und Methoden anzuwenden sind, die singuläre Einflüsse (z.B. Gradkanten, Materialeinschlüsse, lokale Oberflächenbearbeitungen, Beschichtungsabweichungen usw.) auf das Messergebnis eliminieren.

6.3 Koordinatensysteme

Die Toleranzangaben im Dokument beziehen sich mit den Koordinatenachsbezeichnungen

- y, x, z auf das Raumkurven Koordinatensystem (RKK)
(trägerbezogene Ausschnitt der Raumkurve mit neu definiertem Nullpunkt, siehe auch Kap. 6.6) und mit
- Y, X, Z auf das Trägerfertigungskordinatensystem (TFK)
(maschinenbezogenes Fertigungskordinatensystem in dem eventuell erforderliche Sollvorkrümmungen und Fertigungskorrekturen mit berücksichtigt werden).

In Abbildung 8 sind die Zusammenhänge dargestellt.

Für die Arbeiten auf der Baustelle (Absteckarbeiten, Herstellung der Unterbauten, Feinpositionierung des Fahrweges) werden die Koordinaten des Magnetbahnkoordinatensystems (MKS) verwendet.

(Rechts, Hoch, Höhe im Magnetschnellbahn-Koordinatensystem siehe /MSB-AG FW VERM/)

Die Anfangs- und Endkoordinaten der Fahrwegträger aus dem RKK werden dabei über Referenzpunkte ins MKS transformiert.

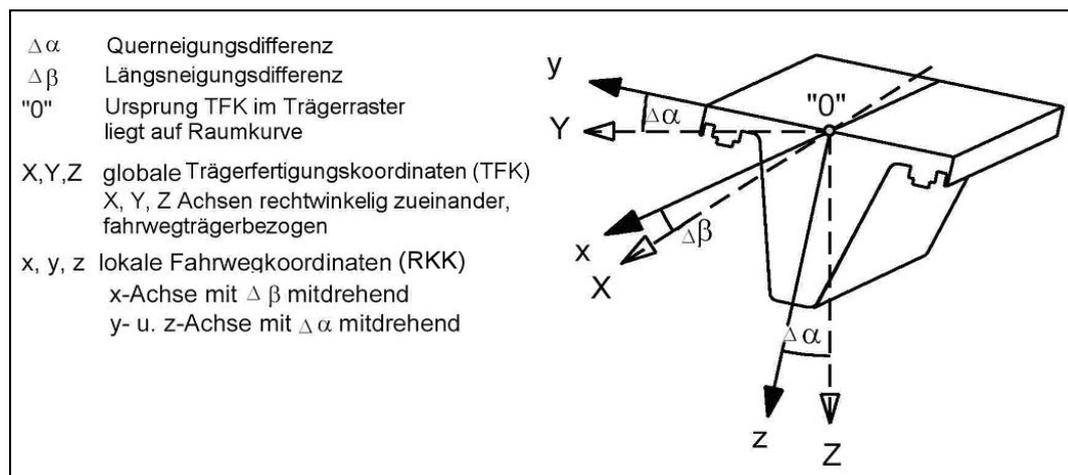


Abbildung 8: Geometrischer Zusammenhang von Koordinatensystemen (TFK und RKK)

6.4 System- und Bauteillängen

Als Systemlängen lassen sich alle Maße im Verlauf der Raumkurve bezeichnen, die ein Vielfaches von 86 mm (dies entspricht einer Nut-Zahnperiode /MSB AG-GESAMTSYS/) darstellen.

Fahrwegträgerlängen werden bei der Umsetzung der Trassierung in Systemlängen angegeben.

Ihre wirkliche Länge (Bauteillänge) ist von der Ausführung der Funktionsebenen am Fahrwegträgeranfang und -ende sowie der Horizontal- und Vertikalradien abhängig (siehe Abbildung 9).

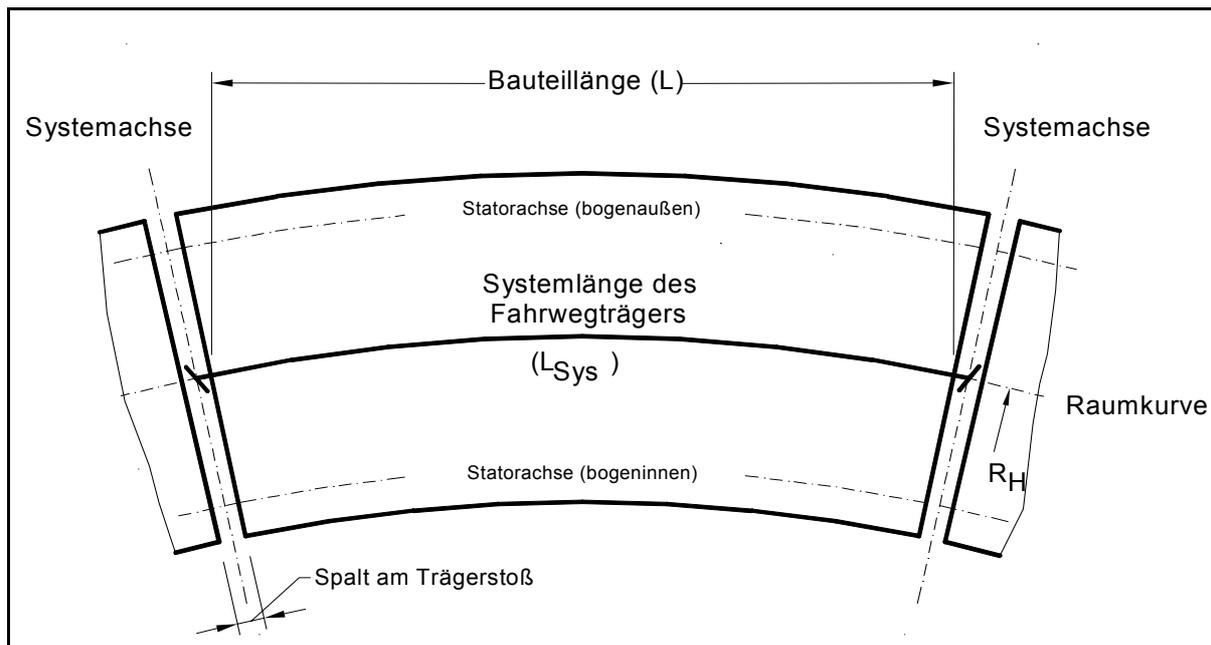


Abbildung 9: Zusammenhang Bauteillänge/Systemlänge

6.5 Vorzeichenfestlegungen

Die Vorzeichenregelungen ermöglichen eine eindeutige Interpretation der Schnittstelle MSB-Fahrzeug / Fahrweg auf folgender Grundlage:

In Richtung der aufsteigende Kilometrierung betrachtet (positive x-Richtung), bedeutet ein negatives Vorzeichen stets eine Abweichung zur Raumkurve hin, dagegen ein positives Vorzeichen eine Abweichung von der Raumkurve weg bzw. nach außen. Auf die Spurweite bezogen bedeutet ein negatives Vorzeichen somit eine Spurweitenverringering, ein positives Vorzeichen dagegen eine Spurweiten-Vergrößerung.

Bei Anwendung der nachfolgenden Gleichungen wird durch das Vorzeichen des Ergebnisses eine eindeutige Richtungszuordnung der Abweichung von der Sollage möglich. Bei Elementenstößen sind die Versätze durch Extrapolation von Messlinien (jeweils aus 2 Messpunkten) mit den Schnittachsen zu berechnen.

- Vorzeichenregelung für Versatz in der Seitenführebene (SFE) siehe Abbildung 10:

rechte Seite: $\Delta y = -y_i + y_{i+1}$

Gleichung 1

linke Seite: $\Delta y = y_i - y_{i+1}$

Gleichung 2

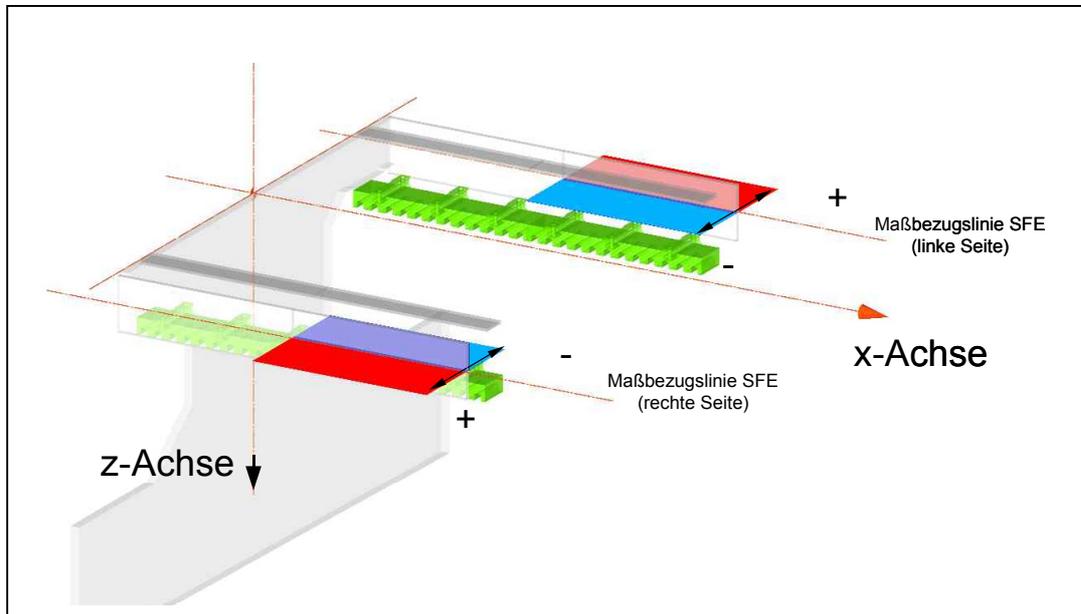


Abbildung 10: SFE-Versatz, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 1 und Gleichung 2

- Vorzeichenregelung für Versatz in der Statorebene (SE) siehe Abbildung 11:

$$\Delta Z = -Z_i + Z_{i+1}$$

Gleichung 3

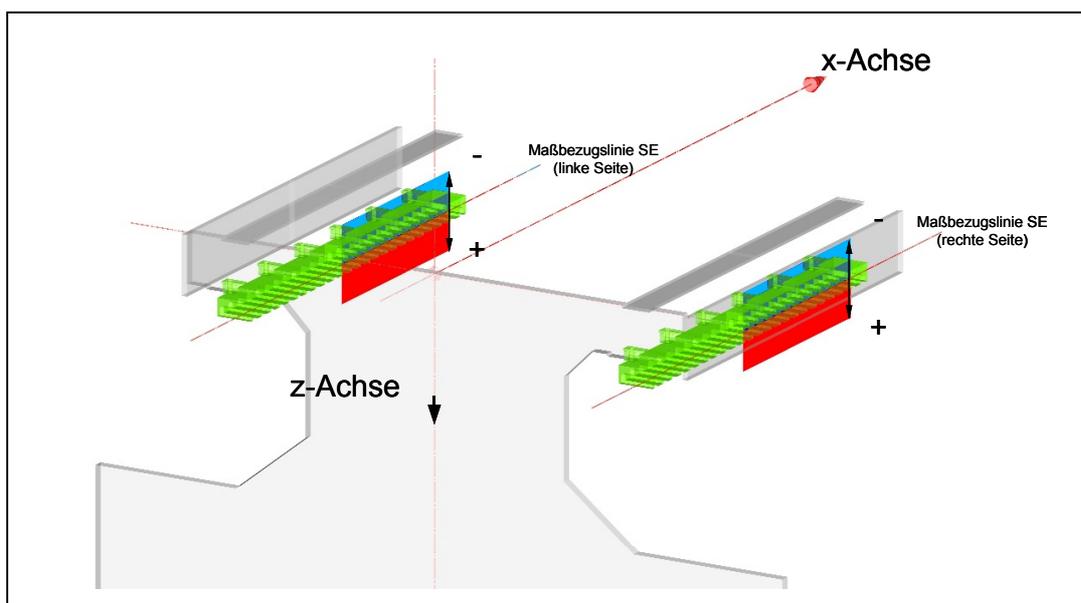


Abbildung 11: SE-Versatz, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 3

- Vorzeichenregelung für Versatz in der Gleitebene (GE) siehe Abbildung 12:

$$\Delta z = z_i - z_{i+1}$$

Gleichung 4

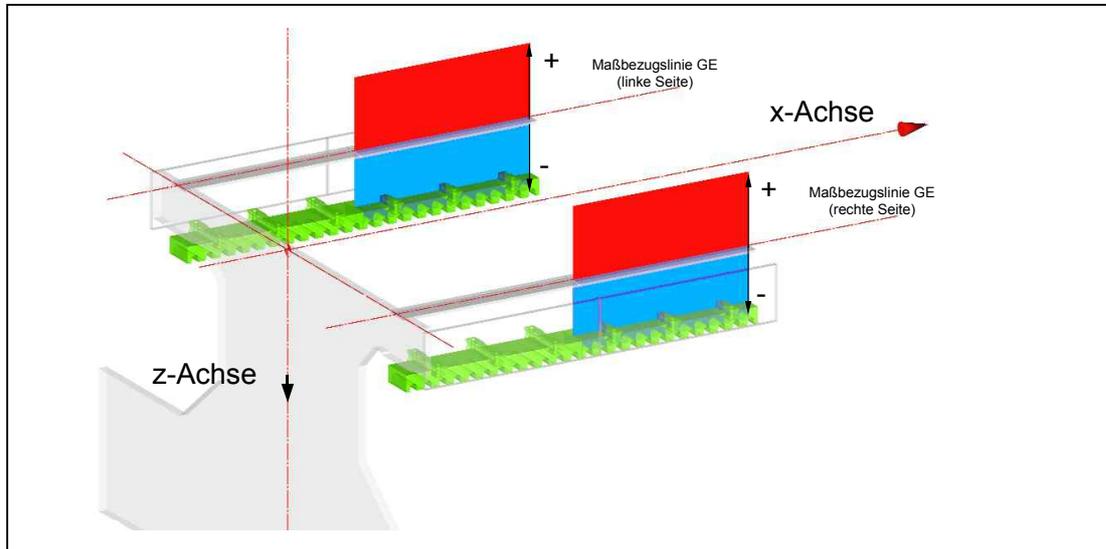


Abbildung 12: GE-Versatz, Toleranzfeld mit Vorzeichenfestlegung nach Gleichung 4

- Vorzeichenregelung für Änderung der Spurweite (S) siehe Abbildung 13:

$$\Delta y_s = -S_i + S_{i+1}; S_i = |y_{i_1}| + |y_{i_2}|$$

Gleichung 5

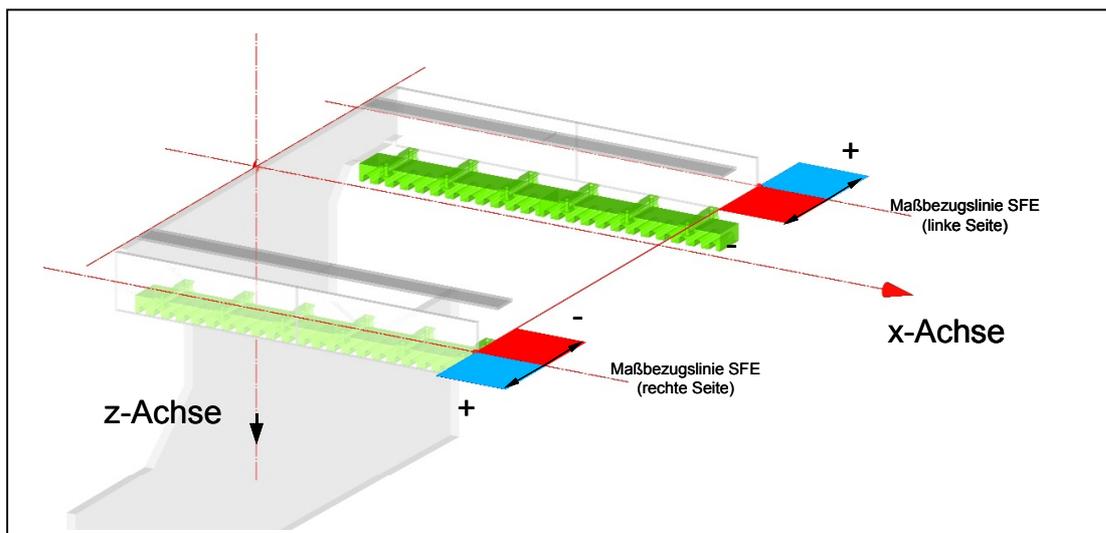


Abbildung 13: Spurweitenänderung, Toleranzfelder mit Vorzeichenfestlegung nach Gleichung 5

- Vorzeichenregelung für Neigungsänderungskriterium Seitenführebene (SFE) innerhalb des Trägers, am Trägerstoß und Elementenübergang wird entsprechend Gleichung 8 unter Beachtung der Messpunktabstände extrapoliert. Graphische Darstellung der Vorzeichenregelung siehe Abbildung 14:

rechte Seite:

$$NGK_{SFE} = 2 * \left[-y_i + \left(\frac{y_{i-1} + y_{i+1}}{2} \right) \right] \quad \text{Gleichung 6}$$

linke Seite:

$$NGK_{SFE} = 2 * \left[y_i - \left(\frac{y_{i-1} + y_{i+1}}{2} \right) \right] \quad \text{Gleichung 7}$$

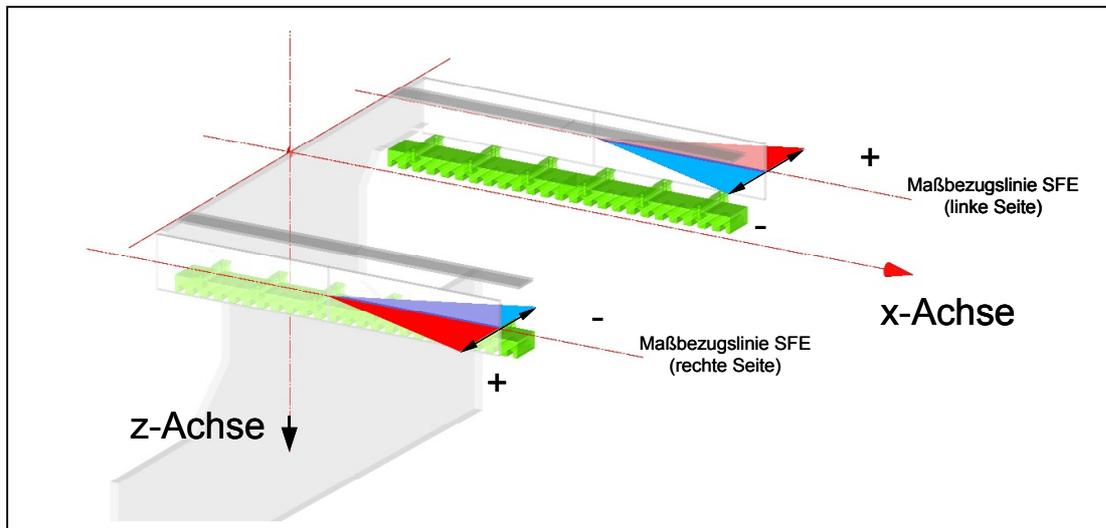


Abbildung 14: SFE-NGK, Toleranzfelder und Vorzeichenfestlegung nach Gleichung 6 und Gleichung 7

- Vorzeichenregelung für Neigungsänderungskriterium Statorebene (SE) über vier Messpunkte (erster und letzter Vollzahn des Statorpaketes in fortlaufender Nummerierung (z_1, z_2, z_3 und z_4)). Zur graphischen Darstellung der Vorzeichen siehe Abbildung 15:

$$NGK_{SE} = \left[(z_1 - z_2) + (z_4 - z_3) \right] * \frac{1000}{860} \quad \text{Gleichung 8}$$

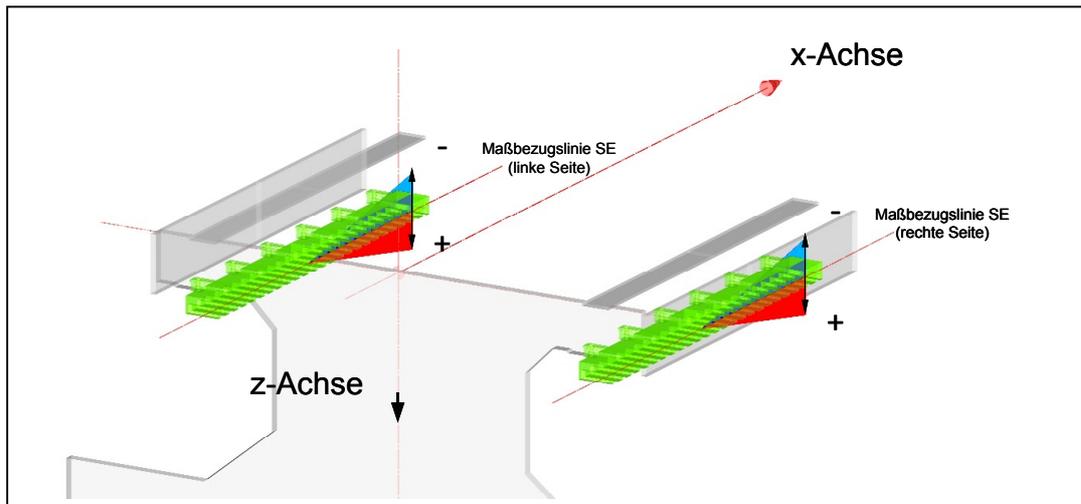


Abbildung 15: SE NGK, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 8

- Vorzeichenregelung für Neigungsänderungskriterium Gleitebene (GE) siehe Abbildung 16:

$$NGK_{GLE} = 2 * \left[z_i - \left(\frac{z_{i-1} + z_{i+1}}{2} \right) \right] \quad \text{Gleichung 9}$$

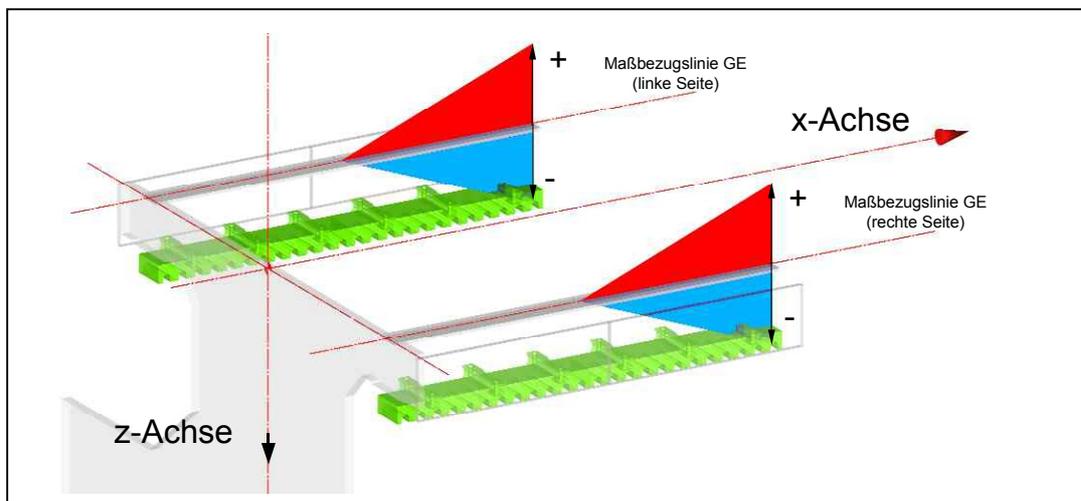


Abbildung 16: GE-NGK, Toleranzfelder mit Vorzeichenzuordnung nach Gleichung 9

6.6 Definitionen und Festlegungen für Toleranzen und Lageabweichungen

Die nachfolgend beschriebenen Toleranzen und Lageabweichungen beziehen sich ausschließlich auf das Trägerfertigungskoordinatensystem.

Es wird ausgehend von der Lageranordnung zwischen Ein-, Zwei- und Mehrfeldträgern sowie Spurwechseleinrichtungen unterschieden.

Plattenfahrwege werden bei der Festlegung der Toleranzfelder als Einfeldträger behandelt.

Die x-Achse des Koordinatensystems spiegelt in den nachfolgenden Abbildungen die Abwicklung der Raumkurve wieder.

6.6.1 Soll-Vorkrümmung

Die Soll-Vorkrümmung soll die Durchbiegung des Fahrwegträgers in z-Richtung, infolge der Verkehrslast (mittleres Fahrzeuggewicht bei Normalauslastung nach /MSB AG-FW BEM/) und unter zusätzlicher Berücksichtigung der projektspezifisch vorherrschenden Temperaturdifferenzen im Fahrwegquerschnitt, (ΔT zwischen Ober- und Untergurt) unter Betriebsbedingungen kompensieren. Bei Betonträgern ist gegebenenfalls das Kriech- und Schwindverhalten in den ersten 25-30 Jahren zu berücksichtigen (siehe (MSB-AG FW BEM)).

Es wird angestrebt, dass sich für die in z-Richtung orientierten Fahrweg -Funktionsebenen im Betrieb eine weitestgehend ebene Bezugsfläche einstellt. Dabei wird der Verlauf der Sollvorkrümmung generell auf die Lage der Statorebene unter Betriebsbedingungen bezogen (die Soll-Lage im Betriebszustand entspricht dabei dem Verlauf der Raumkurve).

Für die Ermittlung des zu berücksichtigenden Verformungsanteil aus dem Fahrweg-Temperaturunterschied ist ein projektspezifisches ΔT (u.a. unter Berücksichtigung der Trägergestaltung, dem -material, und der tagestypischen Temperaturverteilung im Träger sowie der Gradientenlage) festzulegen.

In der unbelasteten Soll-Lage, z.B. bei der Fertigung (keine Verkehrslast, homogene Bauteiltemperatur ($\Delta T = 0 K$), Bauteiltemperatur = projektspezifische Bezugstemperatur) sind somit die in z-Richtung orientierten Funktionsebenen (Stator-, Gleitebene) nach oben vorgekrümmt siehe Abbildung 17 (Ausnahme: Festlegung für Spurwechseleinrichtungen siehe Abbildung 22).

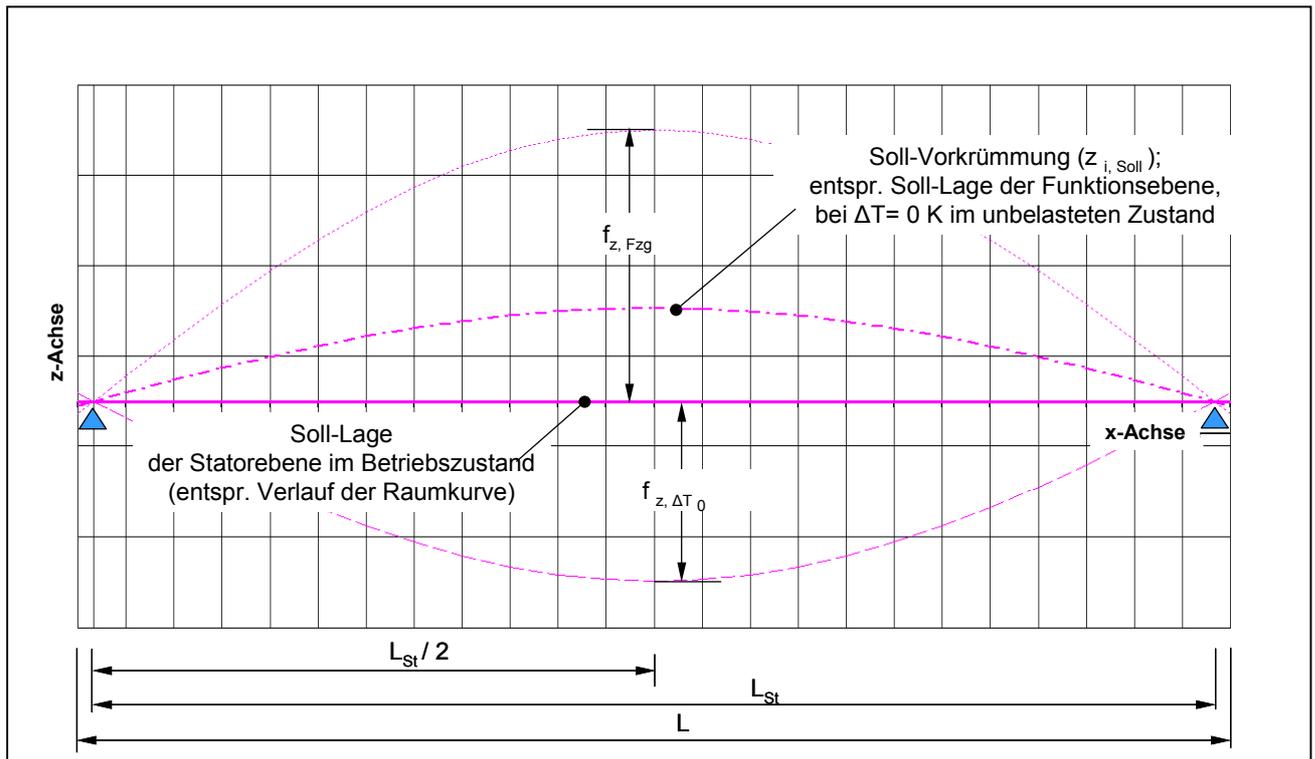


Abbildung 17: Sollvorkrümmung und deren Anteile (Darstellung ohne Berücksichtigung des Kriech- und Schwindverhaltens)

6.6.1.1 Soll-Vorkrümmung bei Einfeldträgern

Zwischen den Trägerlagern kann der Verlauf der Soll-Vorkrümmung beim Einfeldträger nach Gleichung 10 ermittelt werden (siehe auch Abbildung 20).

Zur Festlegung des Verlaufes der Sollvorkrümmung in den Fahrwegträger-Bereichen von den Lagerachsen bis zum Trägeranfang bzw. -ende werden Tangenten an die ermittelte Kurve der Sollvorkrümmung bei den x-Werten der Lagerachsen gelegt.

Verlauf der Soll-Vorkrümmung, beispielhaft für die z-Koordinate:

$$z_{i,Soll} = z_{max} * \frac{384}{120} * \left(\frac{x_i}{L_{St}} - \frac{2 * x_i^3}{L_{St}^3} + \frac{x_i^4}{L_{St}^4} \right) \quad [mm] \quad \text{Gleichung 10}$$

Grenzwerte für $z_{max} = f_{z, Fzg} - f_{z, \Delta T_0}$ gemäß /MSB AG-FW BEM/

6.6.1.2 Soll-Vorkrümmung bei Zweifeldträgern

Für Zweifeldträger mit gleichen Feldweiten kann der Verlauf der Soll-Vorkrümmung für jedes Feld aus der rechnerisch vorhandenen max. Durchbiegung des Trägers bei Belastung beider Felder in Abhängigkeit von der Trägerlänge und Steifigkeit nach Gleichung 11 ermittelt werden (siehe auch Abbildung 21).

Das Maximum der Durchbiegung liegt jeweils bei $0,421 \cdot L_{St}$ von der Los-Lagerachse aus gesehen.

Zur Festlegung des Verlaufes der Sollvorkrümmung in den Bereichen des Trägers von den Los-Lagerachsen bis zum Trägeranfang bzw. -ende werden Tangenten an die ermittelte Kurve der Soll-Vorkrümmung bei den x-Werten der Lagerachsen gelegt.

Der Soll-Vorkrümmungsverlauf von Zweifeldträgern mit ungleichen Stützweiten oder unterschiedlichen Trägerfeldsteifigkeiten ist analog für jedes L_i zu ermitteln.

Verlauf der Soll-Vorkrümmung, beispielhaft für die z-Koordinate:

$$z_{i,Soll} = z_{max} \cdot \frac{185}{48} \cdot \left(\frac{x_i}{L_{St_i}} - \frac{3 \cdot x_i^3}{L_{St_i}^3} + \frac{2 \cdot x_i^4}{L_{St_i}^4} \right) \quad [mm] \quad \text{Gleichung 11}$$

Grenzwerte für $z_{max} = f_{z, Fzg} - f_{z, \Delta T O}$ gemäß /MSB AG-FW BEM/

6.6.1.3 Soll-Vorkrümmung bei Mehrfeldträgern und Spurwechseleinrichtungen

Bei Mehrfeldträgern ist in Abhängigkeit der sich einstellenden Biegelinie und den daraus resultierenden Durchbiegungen in z-Richtung und des Endtangentialwinkels am Trägeranfang und -ende über die Berücksichtigung der Sollvorkrümmung zu entscheiden.

Bei Spurwechseleinrichtungen wird generell keine Sollvorkrümmung berücksichtigt.

6.6.2 Langwellige Abweichung

Die Definition der langwelligen Abweichung basiert grundlegend auf der für den Fahrwegträger charakteristischen Biegelinie, der eine maximal zulässige Auslenkung („Durchbiegung“) pro Betrachtungsfeld in beide Richtungen (+/-) zugeordnet ist.

Für die Ober- und Untergrenzen des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung um die Soll-Lage werden folgende Festlegungen getroffen (siehe auch Abbildung 20, Abbildung 21 und Abbildung 22):

- Der x-Wert des Maximums der langwelligen Abweichung ist bei Ein- und Zweifeldträgern deckungsgleich mit dem x-Wert der maximal theoretisch Verformung des Fahrweges infolge von Lasteinwirkung.

- Der Verlauf vom Maximum bis zum Fahrwegträgeranfang bzw. -ende kann bei Einfeldträgern durch die Gleichung 12 und bei Zweifeldträgern durch Gleichung 13¹ beschrieben werden.
Bei einer zu berücksichtigenden Soll-Vorkrümmung in der Funktionsebene können die Grenzen vereinfacht nach Gleichung 14 ermittelt werden.
- Bei Ein- und Zweifeldträgern werden die Funktionen der theoretischen Biegelinien zwischen den Stützorten als Basis für die Bestimmung des Toleranzbandes der langwelligen Abweichung benutzt. Trägeranfang und Ende des ersten bzw. letzten Feldes sowie die Stützorte erhalten den Absolutwert „0“.

Es wird vorausgesetzt, dass die eventuell bei der Fertigung auftretenden Abweichungen von „0“ an den Stützorten bei der Montage und Feinpositionierung ausgeglichen werden.

- Die Ermittlung des Verlaufes der Vorkrümmung bei Mehrfeldträgersystemen (> 2 Felder) ist nicht Bestandteil dieses Dokumentes.

Die Ist-Lage der langwelligen Abweichung (siehe Abbildung 18) kann aus den diskreten Messwerten, unter Zugrundelegung der anzunehmenden Funktionen (siehe oben), mit Hilfe der Methode kleinster Quadrate nach Gauss bzw. durch Flächenausgleichung ermittelt werden.

Der so ermittelte Ist-Verlauf als $f(x)$ der betrachteten Funktionsebene, in Verbindung mit dem überlagerten Toleranzfeld der kurzwelligen Abweichung spiegelt die max. möglichen Abweichungen der diskreten Messwerte von der Ist-Lage der langwelligen Abweichung wieder.

Der mögliche Verlauf der Ist-Lage der langwelligen Abweichung wird dabei durch das Toleranzfeld der langwelligen Abweichung begrenzt (siehe Abbildung 20, Abbildung 21 und Abbildung 22).

¹ Bei Verwendung von Gleichung 13 tritt durch den L_i -Bezug in der Gleichung ein verschobenes x_i für den Maximalwert auf ($\neq 0,421 \cdot L_{St}$). Daraus resultiert eine unwesentliche tolerierbare Veränderung des Y-Verlauf der Ober- und Untergrenze des Toleranzfeldes in diesem Bereich (Abweichung < 0,01) mm.

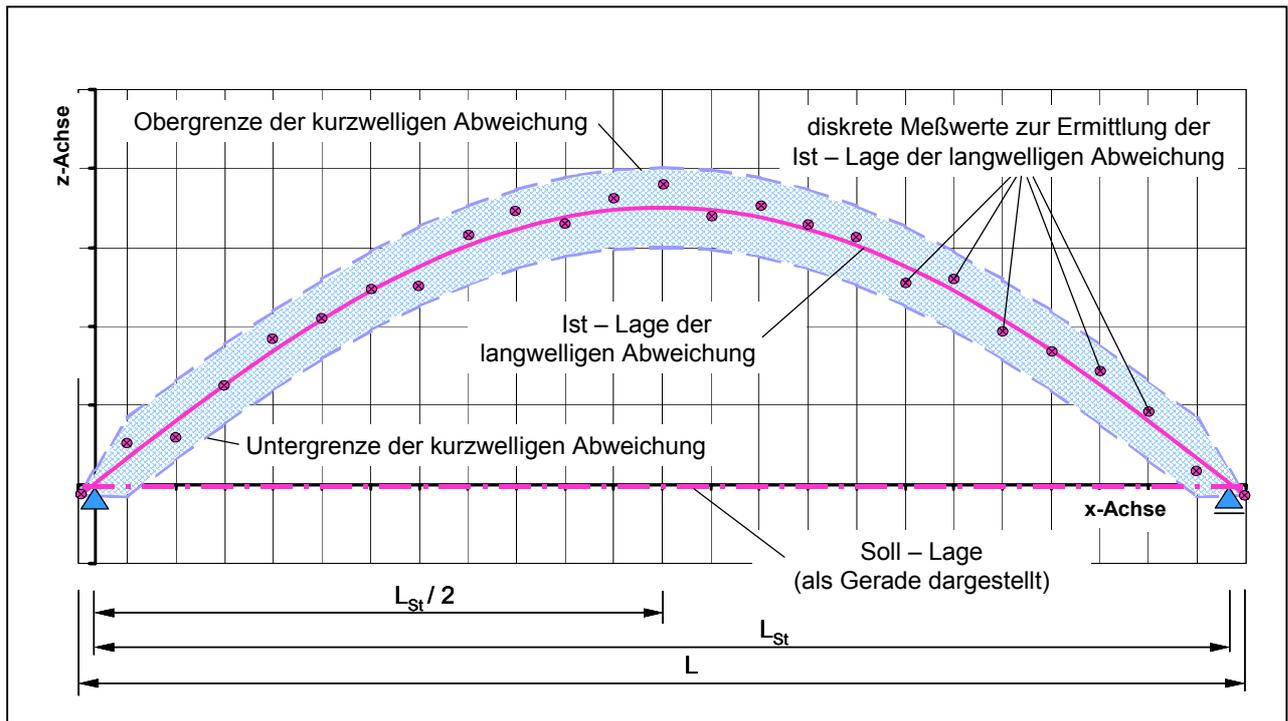


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen diskreten Messwerten, Ist-Lage der langwelligen Abweichung und zugehörigen Grenzwerten der kurzwelligen Abweichung

Bei der Ermittlung der langwelligen Abweichung sind die projizierten Δz_i der Zwickellösung (Kap. 6.6.5) bei Verwendung der diskreten Messwerte mit zu berücksichtigen.

6.6.2.1 Langwellige Abweichung bei Einfeldträgern

Die nachfolgenden Darstellungen und Gleichungen zum Toleranzfeld der langwelligen Abweichung sind beispielhaft für die z-Koordinate erstellt und analog für die y-Koordinate verwendbar.

Der Verlauf des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung für Einfeldträger wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\Delta z_{i,Lw} = \pm \max \Delta z_{Lw} * \frac{384}{120} * \left(\frac{x_i}{L} - \frac{2 * x_i^3}{L^3} + \frac{x_i^4}{L^4} \right) \quad [\text{mm}] \quad \text{Gleichung 12}$$

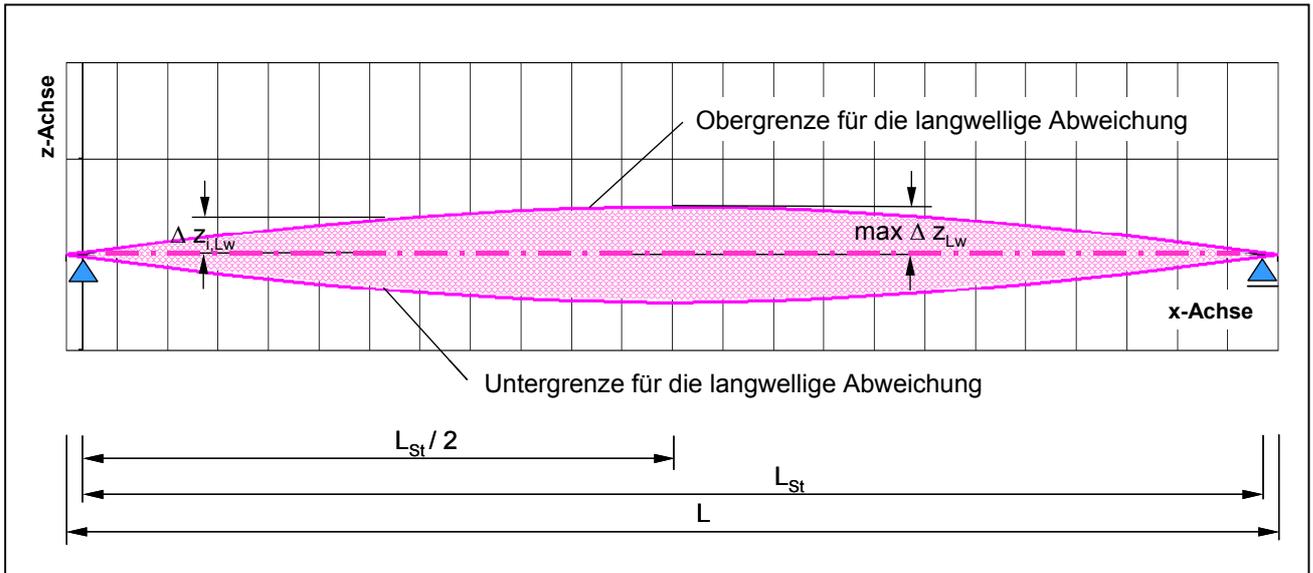


Abbildung 19: Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung bei Einfeldträgern ohne Vorkrümmung am Beispiel der SE

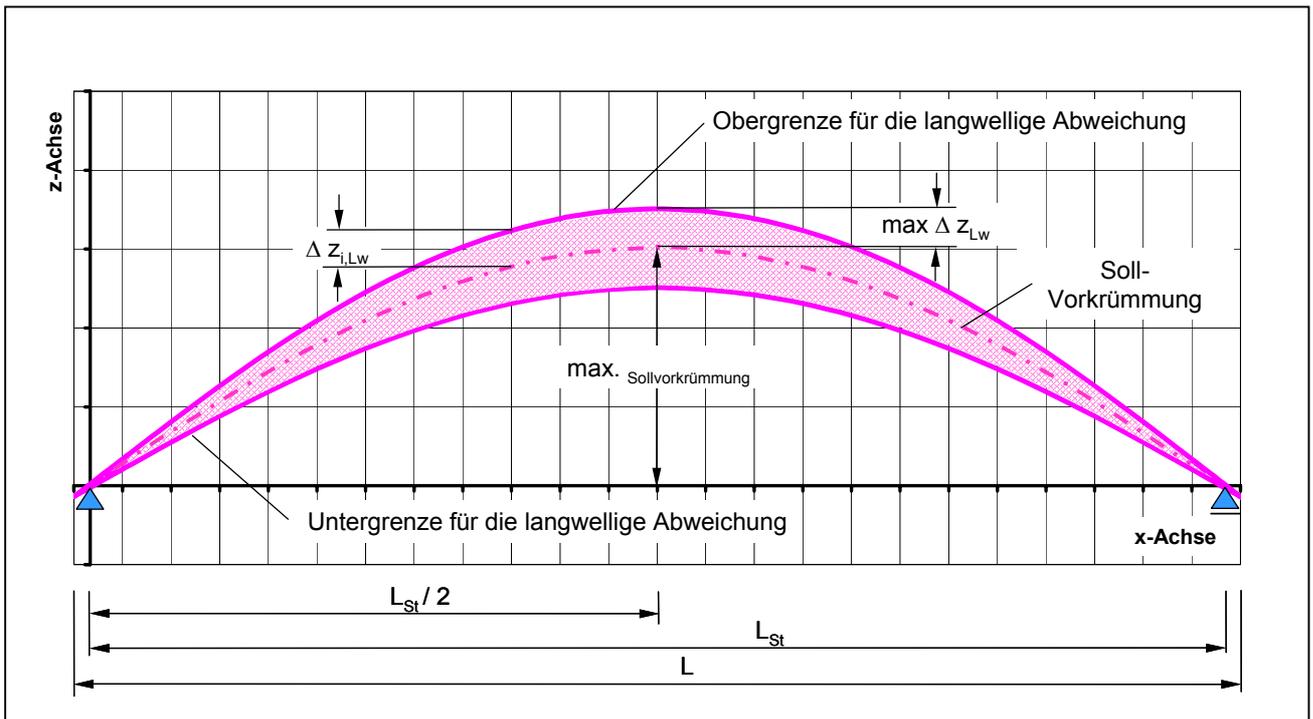


Abbildung 20: Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung bei Einfeldträgern mit Vorkrümmung am Beispiel der SE

6.6.2.2 Langwellige Abweichung bei Zwei- und Mehrfeldträgern sowie Spurwechseleinrichtungen

Die nachfolgenden Darstellungen und Gleichungen zum Toleranzfeld der langwelliger Abweichung sind beispielhaft für die z-Koordinate erstellt und analog für die y-Koordinate verwendbar.

Der Verlauf des Toleranzfeldes der langwelliger Abweichung für Zweifeldträger im Bereich Trägeranfang bzw. -ende bis zum Mittenlager wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\Delta z_{i,Lw} = \pm \max \Delta z_{Lw} * \frac{185}{48} * \left(\frac{x_i}{L_i} - \frac{3 * x_i^3}{L_i^3} + \frac{2 * x_i^4}{L_i^4} \right) \quad [\text{mm}] \quad \text{Gleichung 13}$$

Eine vereinfachte Ermittlung des Toleranzfeldes der langwelliger Abweichung bei vorgekrümmten Funktionsebenen von Einfeld- und Zweifeldträgern zwischen dem Trägeranfang bzw. -ende und dem Mittenlager erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\Delta z_{i,Lw} = \pm \frac{z_{i,Soll}}{\max z_{Soll}} \quad [\text{mm}] \quad \text{Gleichung 14}$$

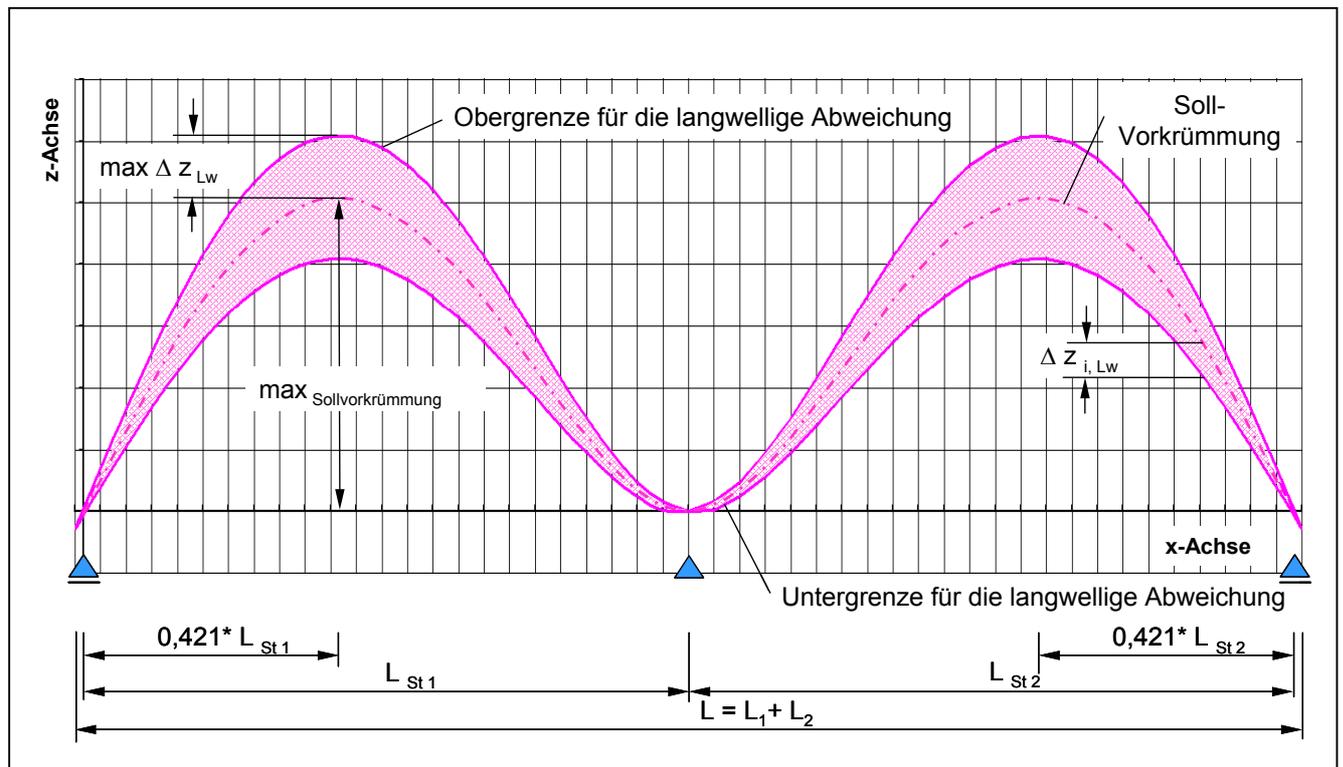


Abbildung 21: Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelliger Abweichung bei Zweifeldträgern mit Vorkrümmung am Beispiel der SE

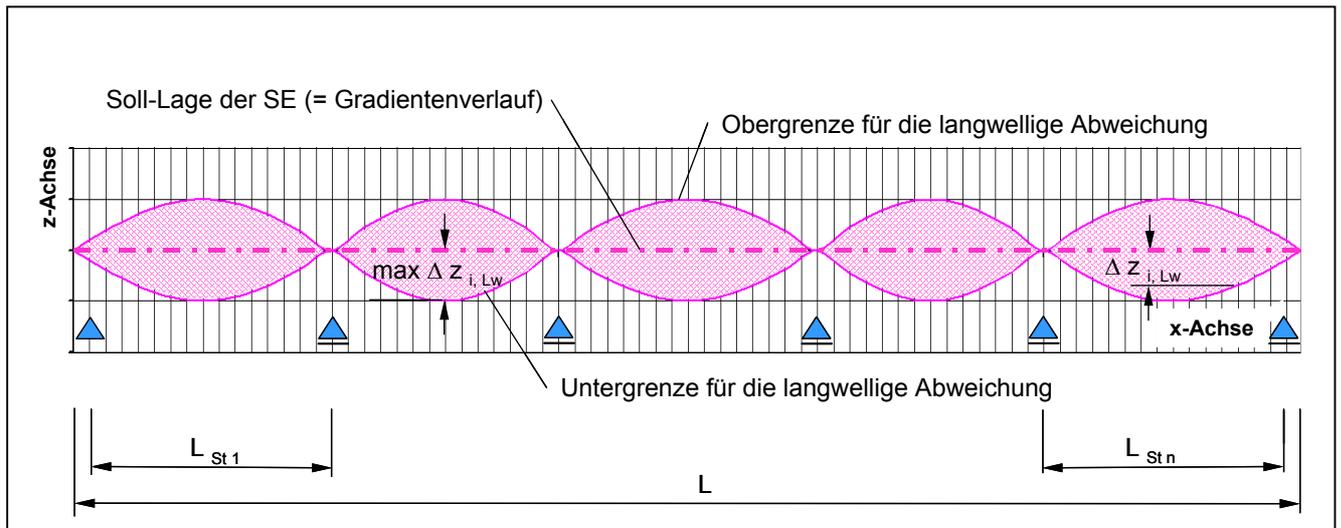


Abbildung 22: Verlauf und Lage des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung am Beispiel der SE einer Spurwechseleinrichtung ohne Soll-Vorkrümmung

6.6.3 Kurzwellige Abweichung

Die kurzwellige Abweichung überlagert die Ist-Lage der langwelligen Abweichung. Sie beinhaltet alle Material-, Fertigungs- und Einbautoleranzen von Funktionsebenenbestimmenden Elementen.

In ihrem Toleranzfeld müssen sowohl alle Absolutwerte an den lokalen Messpunkten der Funktionsfläche, als auch alle Bereiche zwischen den einzelnen Messpunkten, liegen.

Die Toleranzbreite ist, bis auf den Bereich des unmittelbaren Trägeranfangs und –endes, konstant über die Fahrwegträgerlänge (siehe auch Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25).

Die Ausbildung am Trägeranfang und –ende wird durch das dort zulässige NGK (Kap. 6.6.5) geprägt.

Die nachfolgenden Darstellungen zur kurzwelligen Abweichung sind beispielhaft für die z-Koordinate erstellt und analog für die y-Koordinate verwendbar.

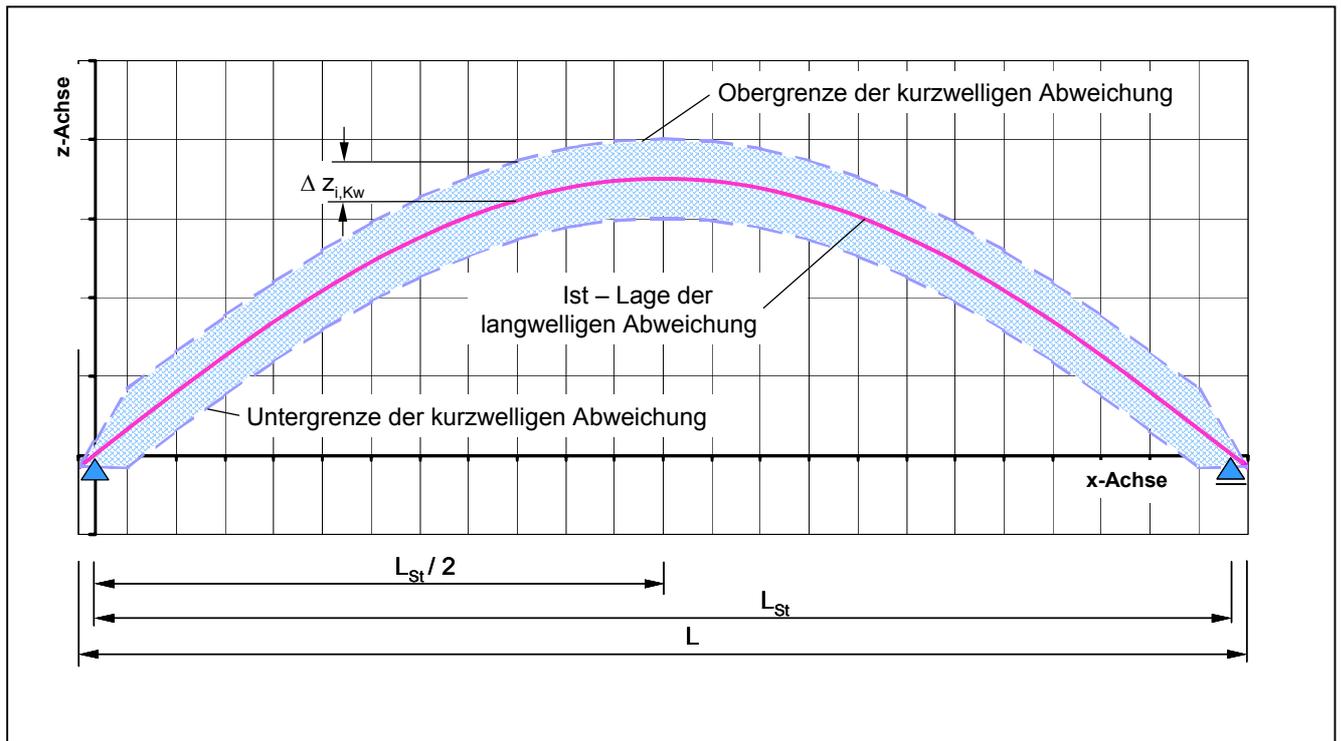


Abbildung 23: Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung bei Einfeldträgern mit Vorkrümmung am Beispiel der SE

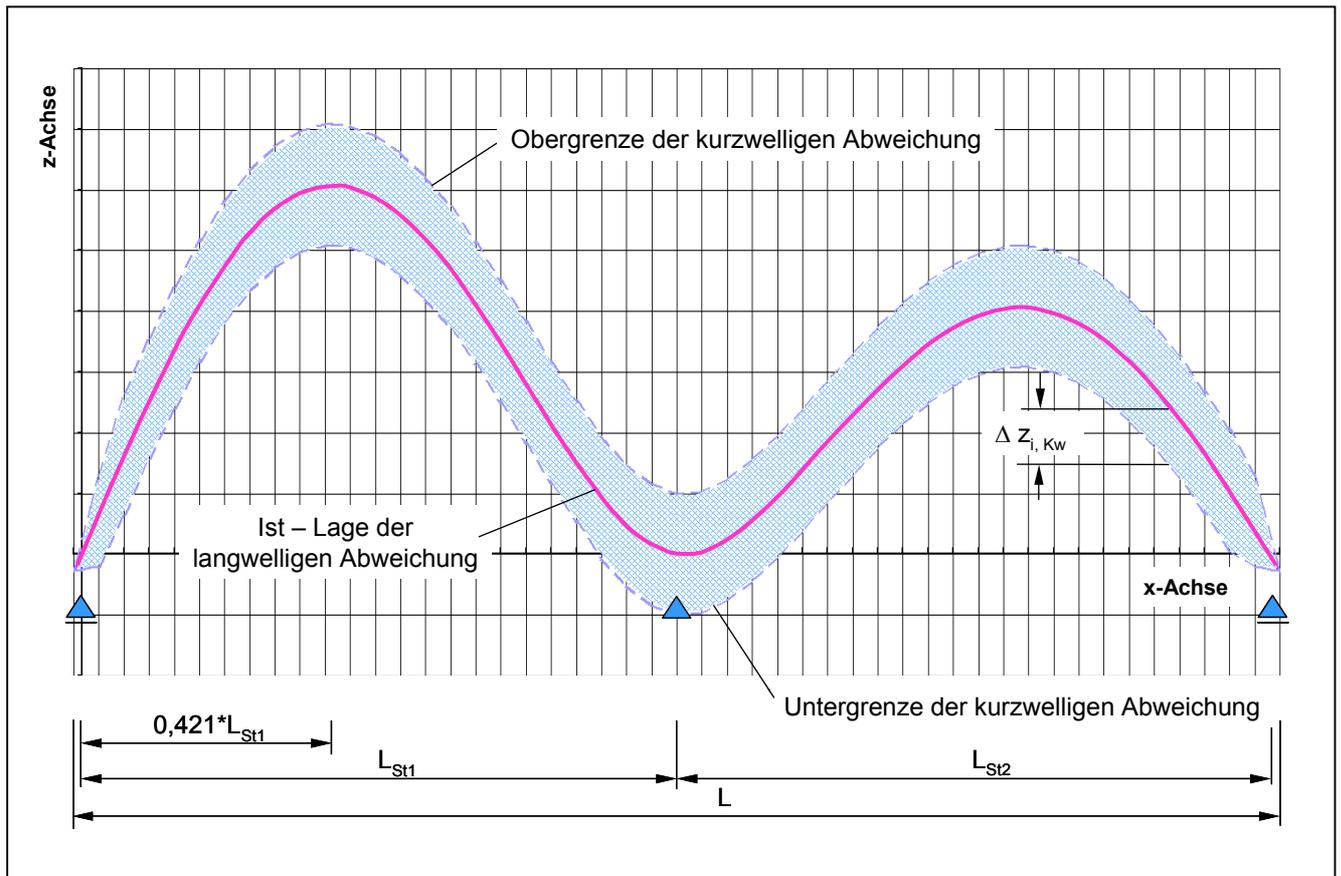


Abbildung 24: Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung bei Zweifeldträgern mit Soll-Vorkrümmung und Bezug zur Ist-Lage der langwelligen Abweichung am Beispiel der SE

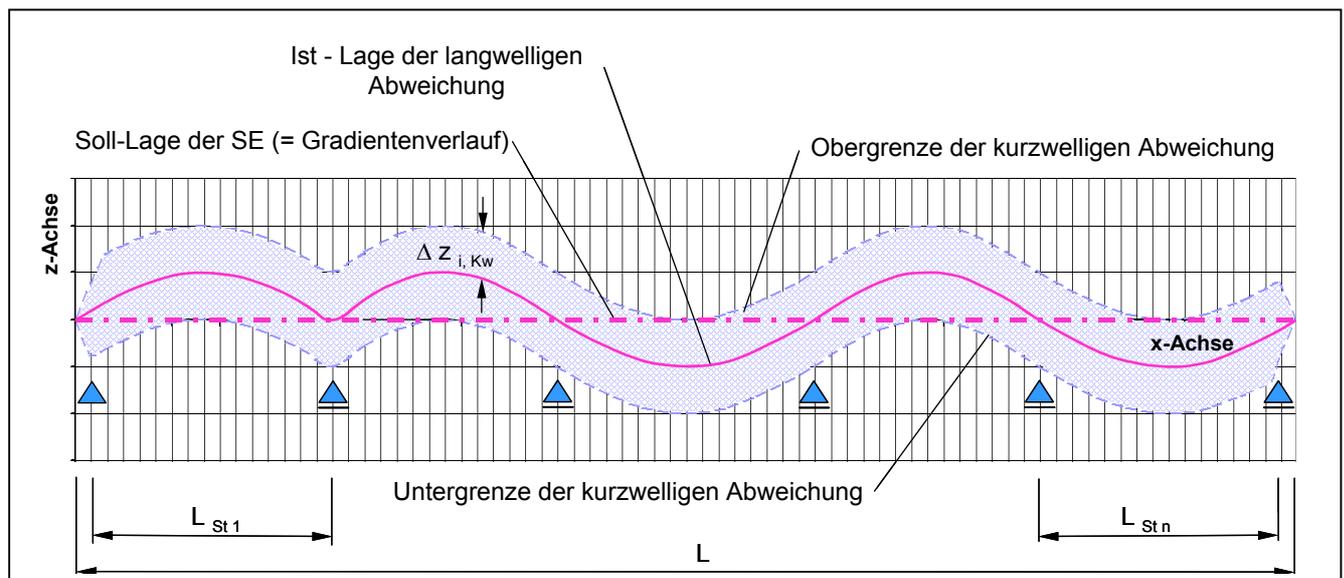


Abbildung 25: Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung einer Spurwechseleinrichtungen mit Bezug zur Ist-Lage der langwelligen Abweichung am Beispiel der SE

6.6.4 Neigungsänderungskriterium

Als Neigungsänderungskriterium (NGK) wird die Winkelabweichung in mm, ermittelt an den unter Pkt. 6.1 definierten Messpunkten zweier benachbarter 1 m langer Teilelemente einer Funktionsebene in Längsrichtung des Fahrweges (x-Achse), bezeichnet.

Bei der Beurteilung des NGK ist von folgender Betrachtungsweise auszugehen:

Ein sich im Träger befindliches NGK kann für Toleranzbetrachtungen als betriebs- und temperaturabhängig konstant betrachtet werden.

Das sich einstellende NGK am Trägerübergang dagegen besitzt:

- einen festen Anteil aus der Fertigung der Träger, der bestimmt wird durch den Anteil aus der Sollvorkrümmung und der Definition des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung am Trägeranfang bzw. -ende,
- zusätzlich einen veränderlichen Anteil, der abhängig ist von der Verformung des Trägers unter den Last- und Temperatureinwirkungen am Aufstellort während der Betriebszeit.

Das heißt, dass abhängig von den Verformungseigenschaften des Trägers die Toleranzfelder für die kurzwellige Abweichung am Trägeranfang und -ende unter Beachtung der systemtechnisch verträglichen Grenzwerte, siehe /MSB AG-GESAMTSYS/ festzulegen sind.

In der Regel soll das zulässige NGK am Trägeranfang und -ende, bezogen auf die Soll-Lage (unter Beachtung der Soll-Vorkrümmung), die Hälfte des zulässigen Wertes im Fahrwegträger nicht überschreiten.

NGK's werden nach Gleichung 15 ermittelt, siehe Abbildung 26.

Gleichung beispielhaft dargestellt für die Z-Koordinate

$$NGK_i = \left[\left(\frac{Z_i - Z_{i-1}}{L_1} \right) + \left(\frac{Z_i - Z_{i+1}}{L_2} \right) \right]$$

Gleichung 15

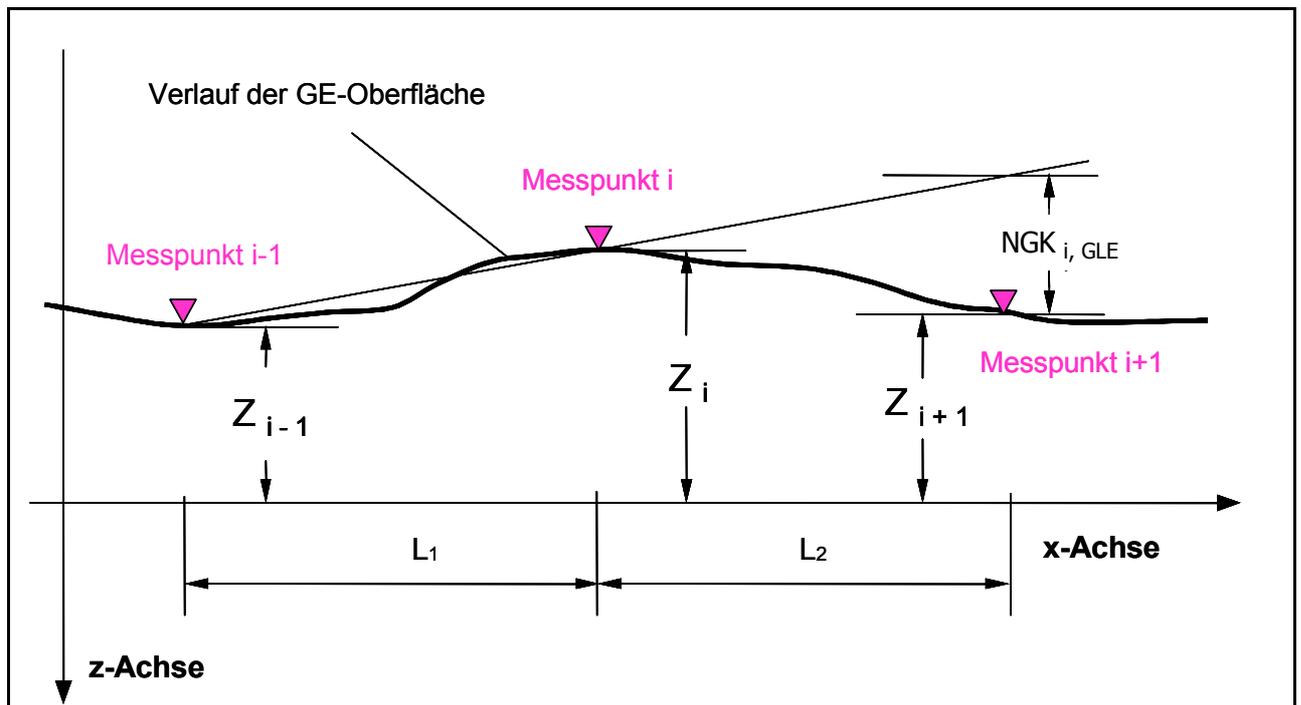


Abbildung 26: Darstellung Neigungsänderungskriterium am Beispiel der GE

6.6.5 Zwickellösung

Zur Anpassung des Toleranzfeldes der kurzweiligen Abweichung am Trägeranfang und –ende, mit der Zielstellung, Einhaltung des Neigungsänderungskriteriums der Funktionsebene (entspr. /MSB AG-GESAMTSYS/) unter allen Betriebsbedingungen (max. Ist-Temperaturdifferenz zwischen Trägerober- und Trägeruntergurt; Trägergeometrie in der Situation belasteter Träger zu unbelasteten) kann die Lage der Funktionsebene am Trägeranfang und -ende mit Hilfe der Zwickellösung optimiert werden. Den Bezug bilden die auf der x-Achse liegenden Messpunkte (siehe Abbildung 4).

Die Zwickellösung wird derzeit nur in der SE, in Abhängigkeit der Trägersteifigkeit in z-Richtung angewandt.

Die prinzipielle Vorgehensweise zur Festlegung der Soll-Lage ist aus Abbildung 27 ersichtlich.

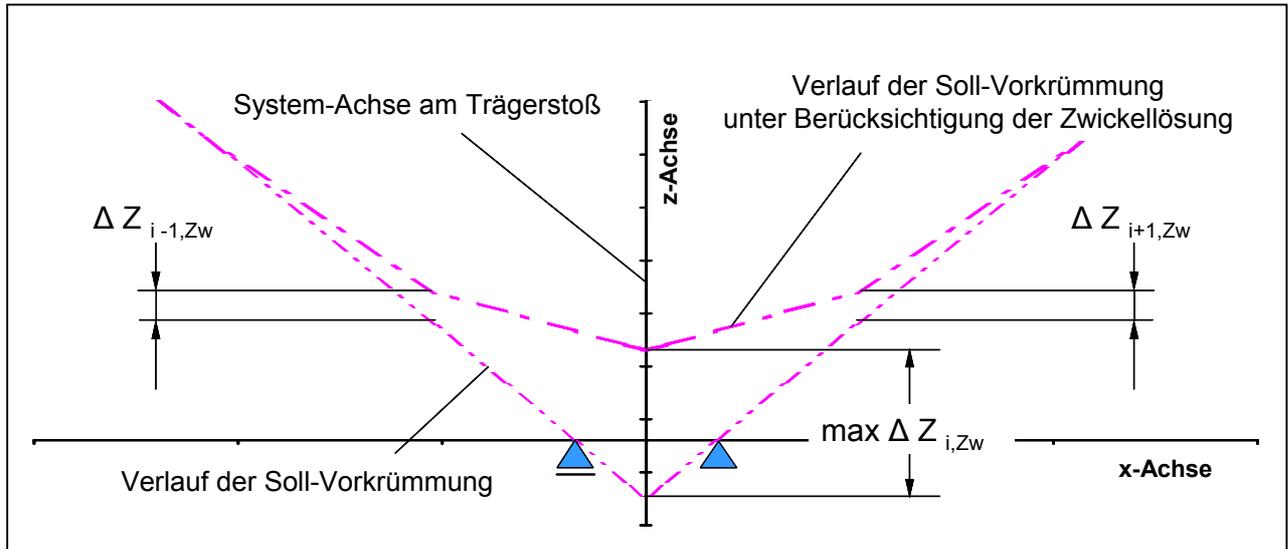


Abbildung 27: Ausführung der Zwickellösung in der SE

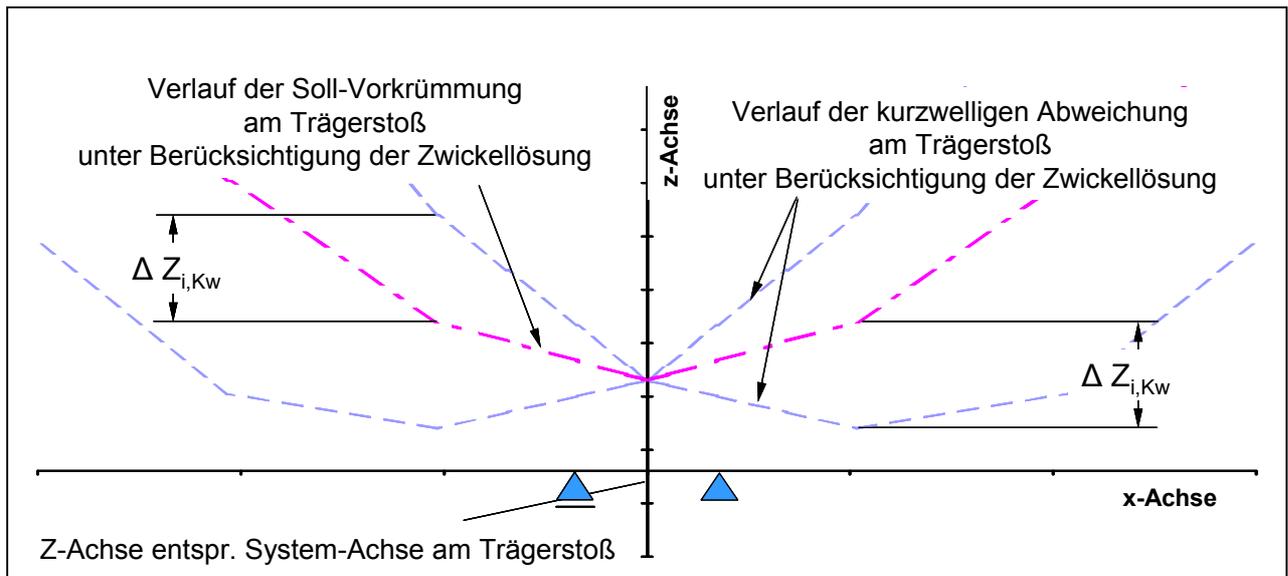


Abbildung 28: Verlauf der kurzweiligen Abweichung der SE am Trägerübergang bei Anwendung der Zwickellösung

Die Berücksichtigung der Zwickellösung zum Zeitpunkt der Trägerfertigung führt zu einer Verschiebung des Toleranzfeldes der kurzweiligen Abweichung im Bereich des Trägeranfanges und -endes, siehe Abbildung 28.

6.6.6 Versatz

Als Versatz wird die Differenz der Absolutwerte zweier benachbarter Funktionsebenenelemente am unmittelbaren Übergang bezeichnet, siehe Abbildung 29 und Abbildung 30.



Abbildung 29: Darstellung eines negativen Versatzes an der SFE mit überlagertem NGK

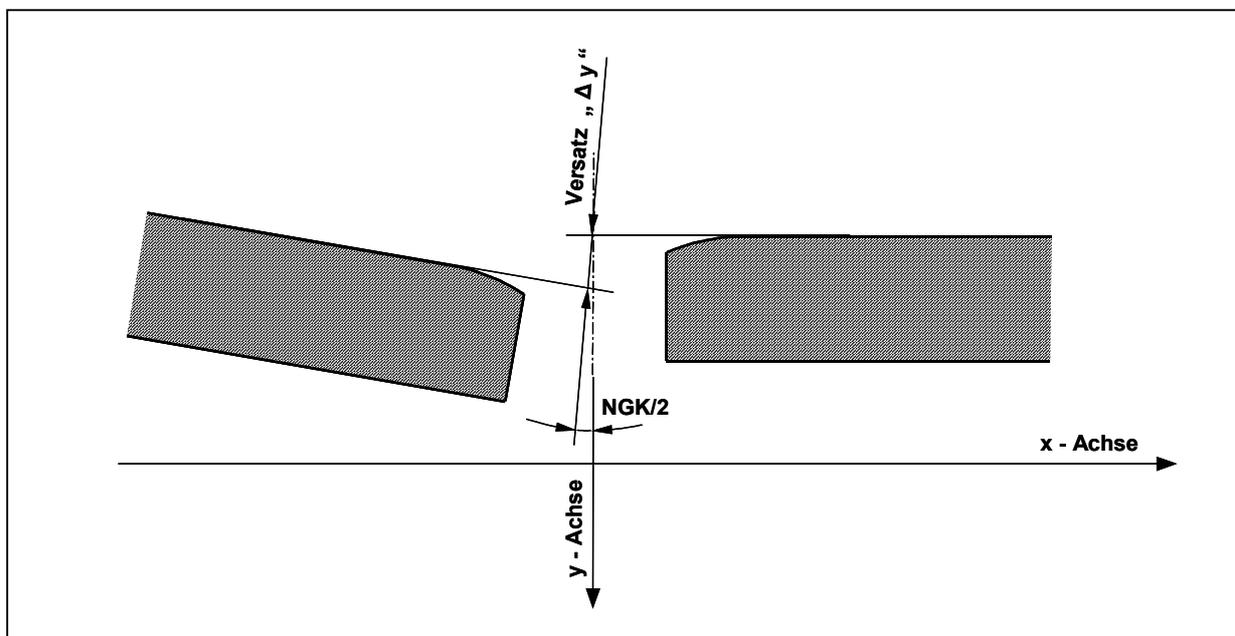


Abbildung 30: Darstellung eines positiven Versatzes an der SFE mit überlagertem NGK

6.6.7 Verkippung

Als Verkippung wird die Verdrehung der Funktionsebene im Messpunkt (Abbildung 4) um die Funktionsebenenlängsachse (x-Achse) bezeichnet.

6.6.8 Querneigungstoleranz

Wird eine Funktionsebene oder ein geometrischer Parameter, wie die Fahrwegquerneigung, aus zwei oder mehreren Teilflächen gebildet (z.B. rechte und linke SE), dann widerspiegelt die Querneigungstoleranz die Abweichung des Mittelwertes der Ist-Lagen (z.B. $z_{i,ist}$) der jeweiligen Teilflächen, am gleichen Bezugspunkt x_i , von der Soll-Lage.

Die Querneigungstoleranz ist nur innerhalb des Trägers definiert und beinhaltet die Ist-Verläufe des Toleranzfeldes der kurzweiligen Abweichungen der betreffenden Funktionsebenen.

6.6.9 Überlagerung von Toleranzen und Lageabweichungen

Die in den vorangegangenen Kapiteln aufgeführten Lageabweichungen und Toleranzen sind jeweils für den Messpunkt definiert. Somit ist z.B. ein Versatz betrachtet über die gesamte Ausdehnung der Funktionsebene in y-Richtung die Summe der Anteile aus Versatz und dem zugehörigen Anteil aus Verkippung (siehe Abbildung 31).

NGK-Werte spiegeln nur die reine Winkelabweichung benachbarter Funktionsebenen unter Ausschluss eventuell zusätzlich vorhandener Versätze wider (siehe Abbildung 29 und Abbildung 30).

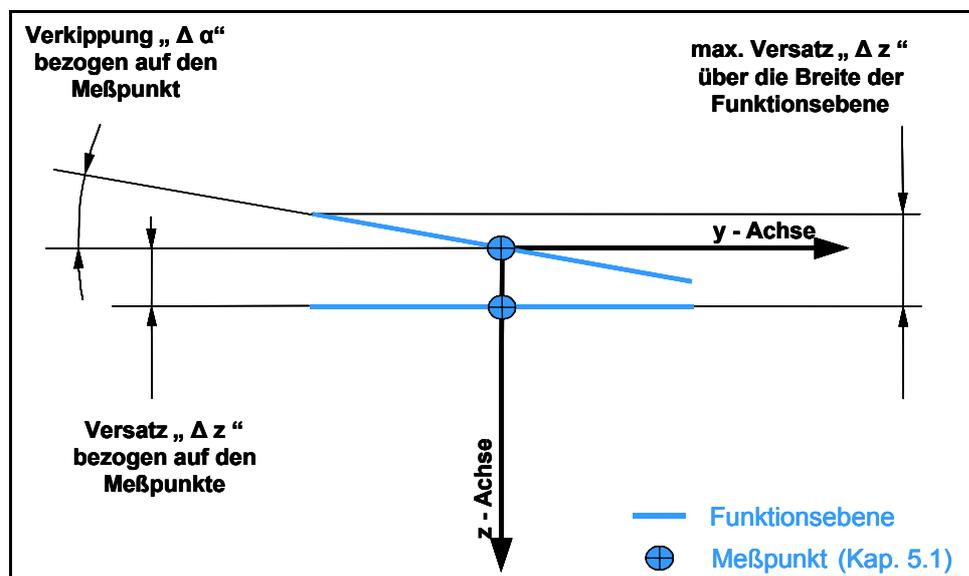


Abbildung 31: Überlagerung von Versatz und Verkippung an gleichen benachbarten Funktionsebenen (z.B. bei Statorpaketen in der Statorebene)

Die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Lageabweichungen und Toleranzen ist Funktionsebenenzugehörig in den nachfolgenden Kapiteln jeweils als Übersicht dargestellt.

6.7 Zulässige Toleranz und Lageabweichungen

6.7.1 Toleranzen und Lageabweichungen für die Statorebene (SE)

Die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Toleranzen und Lageabweichungen der SE in der z-Koordinate ist in der folgenden Übersicht (Abbildung 32) dargestellt.

Die Zusammenhänge in der x- und y-Koordinate wurden aus Gründen der untergeordneten Wertigkeit nicht dargestellt.

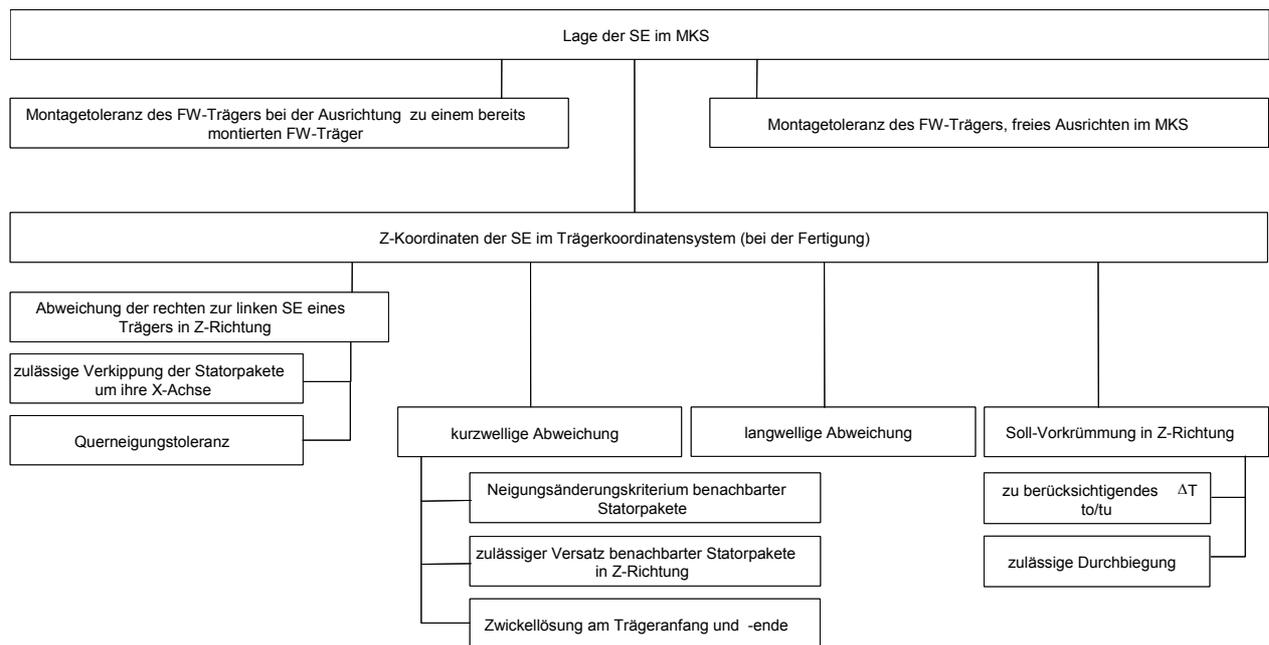


Abbildung 32: Toleranzen und Lageabweichungen der Statorebene (SE) und deren Abhängigkeiten zueinander

6.7.1.1 Zulässige Lageabweichung der Statorpakete in x-Richtung

Die Solllage der einzelnen Statorpakete im Fahrwegträger und somit deren Positionierung in x-Richtung werden projektspezifisch unter Berücksichtigung von /MSB AG-GESAMTSYS/ vorgegeben.

An den Übergängen der Fahrwegträgern ist zudem die vorgesehene Lage des Motorwicklungskabels zu beachten.

Die Fertigungstoleranzen für die Aufnahme der Statorpakete sind so zu wählen, dass bei Einhaltung der Vorgaben aus /MSB AG-FW BEM/ (Belastung und Verformung des Fahrweges) benachbarte Statorpakete in x-Richtung berührungsfrei bleiben. Die mechanischen Abstände an den Stirnflächen der Statorpakete sollen im Trägerfeld 0,5 mm bis 2 mm betragen.

6.7.1.2 Zulässige Lageabweichung der Langstatormittenachse in y-Richtung

Die zulässige Lageabweichung der Langstatormittenachse (siehe Abbildung 4) in y-Richtung gegenüber der Solllage beträgt durchgängig:

$$\Delta y_{\max} = \pm 2 \text{ mm}$$

6.7.1.3 Toleranzen der SE in z-Richtung

6.7.1.3.1 Soll-Vorkrümmung

Der theoretische Verlauf zwischen den Lagerachsen von Ein- und Zweifeldträgern kann nach Gleichung 10 bzw. Gleichung 11 ermittelt werden. Für Mehrfeldelemente sind analoge Gleichungen für die Durchbiegung zu verwenden. Als z_{\max} ist die für den jeweiligen Träger charakteristische Durchbiegung unter Fahrzeuglast anzusetzen.

Die Ermittlung der zulässigen Durchbiegung erfolgt nach /MSB AG-FW BEM/.

Bei der Berechnung der Soll-Vorkrümmung ist die Verformung des Trägers aus dem Temperaturunterschied innerhalb des Trägerquerschnittes ΔT_{Be} gemäß /MSB AG-FW BEM/ zu berücksichtigen.

6.7.1.3.2 Langwellige Abweichung der SE

Der Verlauf des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung bezogen auf den Verlauf der Sollvorkrümmung wird trägerbauartabhängig wie folgt beschrieben:

Einfeldträger

$$x_{\text{Trägeranfang}} < x_i < x_{\text{Trägerende}}$$

$$\Delta z_{i,Lw} \Rightarrow \text{Gleichung 12 oder Gleichung 14}$$

Zweifeldträger

$$x_{\text{Trägeranfang}} \leq x_i \leq x_{L_1}$$

$$\Delta z_{i,Lw} \Rightarrow \text{Gleichung 13 oder Gleichung 14}$$

$$x_{L_2} \leq x_i \leq x_{\text{Trägerende}}$$

$$\Delta z_{i,Lw} \Rightarrow \text{Gleichung 13 oder Gleichung 14}$$

Bei Verwendung der Gleichung 12 und Gleichung 13 zur Bestimmung der Ober- und Untergrenze ist

$$\max \Delta z_{Lw} = 1 \text{ mm}$$

einzusetzen.

Mehrfeldträger (Spurwechseleinrichtungen)

$$x_{\text{Trägeranfang}} \leq x_i \leq x_{L_1} \quad \Delta z_{i,LW} \Rightarrow \text{folgt der math. Beschreibung der Biegelinie}^*$$

$$x_{L_1} \leq x_i \leq x_{L_n} \quad \Delta z_{i,LW} \Rightarrow \text{folgt der math. Beschreibung der Biegelinie}^*$$

$$x_{L_n} \leq x_i \leq x_{\text{Trägerende}} \quad \Delta z_{i,LW} \Rightarrow \text{folgt der math. Beschreibung der Biegelinie}^*$$

* siehe Kap. 6.6.2; $\max \Delta z_{i,LW} = 1\text{mm}$ $i = \text{Anzahl der Felder}$

6.7.1.3.3 Kurzwellige Abweichung gegenüber der SE-IST-Lage (langwellige Abweichung), Toleranzen am Trägerstoß

Der Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung bezogen auf den Verlauf der langwelligen Ist-Abweichung wird einheitlich für den Ein- und Mehrfeldträger durch folgende Eckdaten beschrieben:

$$x_{\text{Trägeranfang}} ; x_{\text{Trägerende}} \quad \Delta z = 0$$

$$x_{\text{Trägeranfang}} < x_i < x_{0+n*1032} ; x_{L-n*1032} < x_i < x_{\text{Trägerende}} , n = 1, 2..* \quad \Delta z_i \leq \pm 1\text{mm}$$

$$x_{0+n*1032} < x_i < x_{L-n*1032} \quad \Delta z = \pm 1\text{mm}$$

* n ist unter Einhaltung des max. zul. NGK festzulegen

6.7.1.3.3.1 Neigungsänderungskriterium innerhalb der kurzwelligen Abweichung

Innerhalb des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung ist in der Statorebene zur Wahrung der Nachbarschaftsbeziehung ein NGK von

$$\text{NGK}_{SE} \leq 1,5\text{mm}$$

einzuhalten.

Für die Bestimmung des Verlaufs des Toleranzfeldes der SE am Trägeranfang und –ende (Trägerübergang) sind die systemtechnischen Grenzwerte aus /MSB AG-GESAMTSYS/ sowie die zulässigen Grenzwerte aus /MSB AG-FW BEM/ zu berücksichtigen.

Als Ausgangsbasis ist, bezogen auf den Soll-Verlauf der Funktionsebene, ein

$$\text{NGK}_{SE,\text{Anfang;Ende}} \leq 0,75\text{mm}$$

anzusetzen.

Für das an diesen Stellen für Kontroll- und Abnahmemessungen zu definierende NGK sind die Messbedingungen und Bezüge unbedingt mit anzugeben.

6.7.1.4 Zulässige Versätze / Verkippung der SE

Die nachfolgenden Toleranzangaben beziehen sich auf die Messpunkte entsprechend Abbildung 4. In x-Richtung wird jeweils der 1. und letzte Vollzahn der benachbarten Statorpakete als Messpunkt benutzt (siehe Kap. 6.1).

Die Toleranzen sind für alle Fahrwegbauarten gleich.

- Versätze:

innerhalb des Trägers $|\Delta z_{i_{\max}}| = 0,4 \text{ mm}$

am Trägerstoß $|\Delta z_{i_{\max}}| = 0,6 \text{ mm}$

Der Versatz am Trägerstoß ist dabei eine reine Montagetoleranz, welche sich erst nach der Trägerfeinpositionierung einstellt.

Der zulässige, maximale Versatz der SE bei Ausfall der Primärbefestigung muss projektspezifisch festgelegt werden.

- Verkippung (bezogen auf den Messpunkt in LA):

$$\Delta \alpha_{SE_{\max}} = \pm \arctan(0,2 \text{ mm} / 92,5 \text{ mm})$$

6.7.1.4.1 Querneigungstoleranz der SE

Die Querneigungstoleranz ist nur für Ein- und Zweifeldträger definiert.

$X_{\text{Trägeranfang}} ; X_{\text{Trägerende}}$ sind rechnerisch $\Delta \alpha = 0^\circ$ zu setzen

$X_{\text{Trägeranfang}} < X_i < X_{\text{Trägerende}}$ $\Delta \alpha_{\max} = \pm \arctan(2 \text{ mm} / 1110 \text{ mm})^*$

* nur unter der Bedingung zulässig, dass die Toleranzen für jede einzeln zu betrachtende SE eingehalten werden.

6.7.2 Toleranzen und Lageabweichungen der Seitenführschienen-Ebene (SFE)

Die Lage der beiden Seitenführebenen ist entscheidend für die horizontale Ausrichtung (Spurführung) des MSB-Fahrzeuges. Beide Ebenen sind über die Spurweite gekoppelt. Die Soll-Lage im Trägerfertigungskoordinatensystem wird durch die Lage der Spurmittenachse bestimmt.

Die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Toleranzen und Lageabweichungen in der y-Koordinate ist in der folgenden Übersicht (Abbildung 33) dargestellt.

Die Zusammenhänge in der x- und z-Koordinate wurden aus Gründen der untergeordneten Wertigkeit nicht dargestellt.

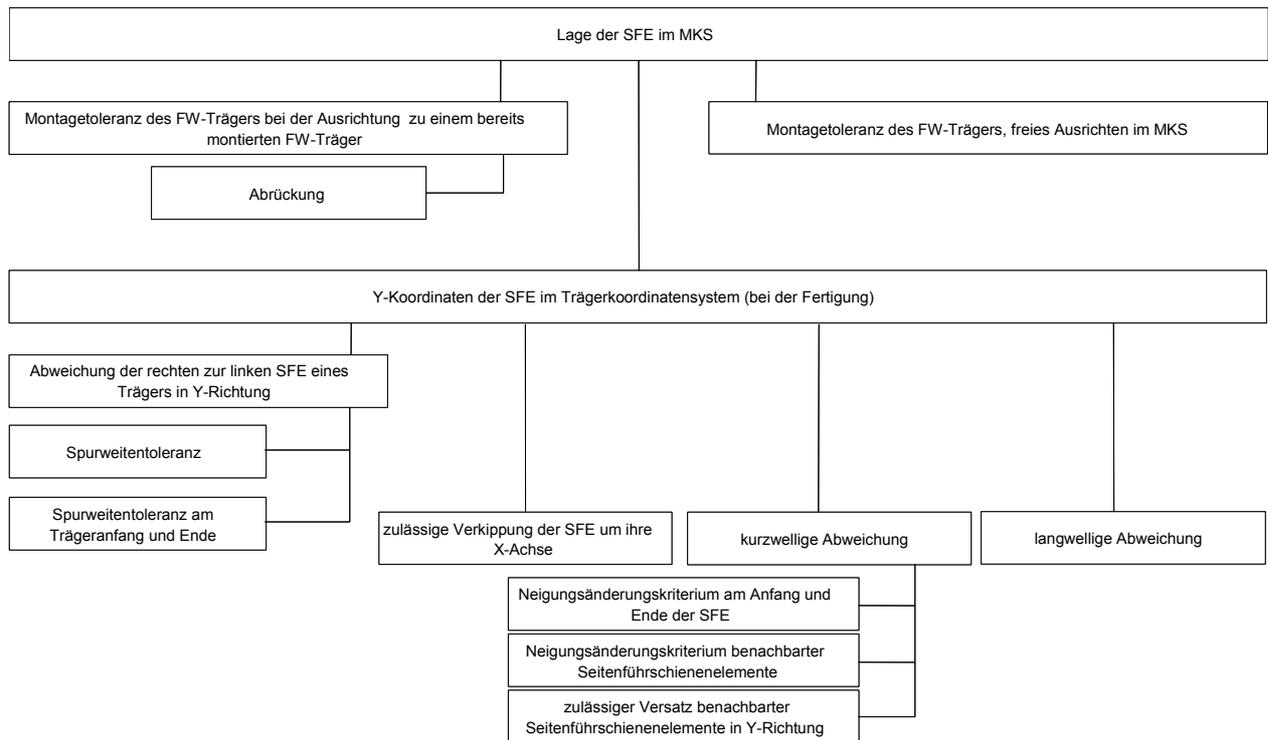


Abbildung 33: Toleranzen und Lageabweichungen der Seitenführebene (SFE) und deren Abhängigkeiten zueinander

6.7.2.1 Toleranzen der SFE in x-Richtung

Zur Bestimmung der Minimalspalte am Fahrwegträgerübergang, d.h. des Abstandes zur Systemachse, sind die Temperaturexpansion /MSB AG-FW BEM/ der Fahrweegelemente, die Anordnung der Fest- und Loslager sowie die zulässigen Verformungen der Unterbauten /MSB AG-GESAMTSYS/ zu berücksichtigen. Es werden folgende Richtwerte angegeben:

Abstand Elementenanfang bzw. –ende von den Systemachsen:

$$\text{Fahrwegträger (12 m} \leq \text{Systemlänge} \leq \text{25 m)} \quad \Delta x_{A,E} = 20\text{mm}$$

Fahrwegplatten (Systemlänge ≤ 6 m)

$$\Delta x_{A,E} = 10 \text{ mm}$$

Zwischengrößen sind entsprechend der Eingangsbemerkungen auszulegen.

Für alle Fahrwegträgerübergänge sind gleich große Trägerstöße bei einer definierten Referenztemperatur anzustreben.

Bei bauartbedingten Unterbrechungen der SFE im Fahrwegträger (z.B. bei Modulbauweise) sind die Lagestabilität und Formabweichung der SFE-Befestigung bei der Ermittlung der Sollspaltbreiten zu berücksichtigen.

Bei Biegeweichen wird der erforderliche Mindestspalt zwischen den SFE Elementen, unter Berücksichtigung der Verformungen in Abbiegestellung, nach Gleichung 16 ermittelt.

$$\Delta x \geq L_M - L_M * (R_H - S/2)/R_H + 2 \quad [\text{mm}]$$

Gleichung 16

Eine Kollision gleicher benachbarter Funktionsebenenelemente ist zu vermeiden.

Die Ausführung der Stöße in der SFE hat nach Abbildung 34 zu erfolgen.

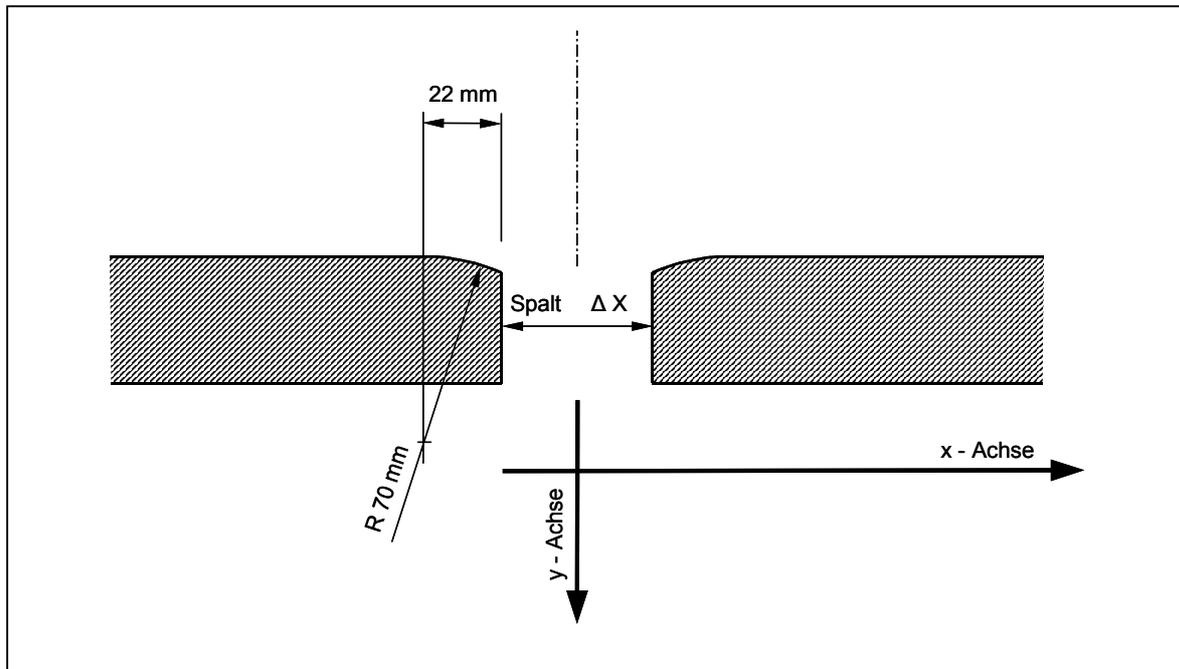


Abbildung 34: Ausbildung der SFE-Oberfläche am Trägerstoß bzw. bei Unterbrechungen

6.7.2.2 Lageabweichung der SFE in y-Richtung

6.7.2.2.1 Soll-Lage

Die Soll-Lage der beiden SFE wird durch die Trassierung vorgegeben. Auf diese Soll-Lagen bezieht sich der Verlauf des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung. Die nachfolgenden Angaben zur lang- und kurzwelligen Abweichung beziehen sich auf jede einzelne SFE. Die zwangsweise vorhandene Abhängigkeit der Ist-Lagen der beiden langwelligen Abweichungen zur Einhaltung der Toleranz der Spurweite ist nicht berücksichtigt.

Eventuelle Verformung durch Fz-Lasteinwirkung und Temperaturdifferenzen im Fahrweg werden bei der Bestimmung der Soll-Lage der SFE nicht berücksichtigt.

6.7.2.2.2 Langwellige Abweichung der SFE

Der Verlauf des Toleranzfeldes der langwelligen Abweichung wird trägerbauartabhängig wie folgt beschrieben.

Einfeldträger

$$x_{\text{Trägeranfang}} < x_i < x_{\text{Trägerende}} \quad \Delta y_{i,Lw} \text{ analog Gleichung 12}^*$$

$$* \quad \begin{array}{l} L \leq 12384 \quad \max \Delta y_{Lw} = 1,0 \\ L > 12384 \quad \max \Delta y_{Lw} = L * 2,0 / 24768 \end{array} \quad \begin{array}{l} \\ [mm] \end{array}$$

Zweifeldträger

$$x_{\text{Trägeranfang}} \leq x_i \leq L_1 \quad \Delta y_{i,Lw} \text{ analog Gleichung 13}^*$$

$$L_2 \leq x_i \leq x_{\text{Trägerende}} \quad \Delta y_{i,Lw} \text{ analog Gleichung 13}^{**}$$

$$* \quad \begin{array}{l} L_1 \leq 12384 \quad \max \Delta y_{Lw} = 1,0 \\ L_1 > 12384 \quad \max \Delta y_{Lw} = L_1 * 2,0 / 24768 \end{array} \quad \begin{array}{l} \\ [mm] \end{array}$$

$$** \quad \begin{array}{l} L_1 \leq 12384 \quad \max \Delta y_{Lw} = 1,0 \\ L_1 > 12384 \quad \max \Delta y_{Lw} = L_2 * 2,0 / 24768 \end{array} \quad \begin{array}{l} \\ [mm] \end{array}$$

Mehrfeldträger (Spurwechseleinrichtungen)

$$x_{\text{Trägeranfang}} \leq x_i \leq L_1 \quad \Delta y_{i,Lw} \Rightarrow \text{folgt der math. Beschreibung der Biegelinie}^*$$

$$L_2 < x_i < L_{n-1} \quad \Delta y_{i,Lw} \Rightarrow \text{folgt der math. Beschreibung der Biegelinie}^*$$

$$L_n \leq x_i \leq x_{\text{Trägerende}} \quad \Delta y_{i,LW} \Rightarrow \text{folgt der math. Beschreibung der Biegelinie}^*$$

$$\begin{aligned}
 * \quad L_i \leq 12384 \quad \max \Delta y_{LW} &= 1,0 \\
 L_i > 12384 \quad \max \Delta y_{LW} &= L_i * 2,0 / 24768 \quad [\text{mm}] \\
 i &= 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

siehe Kap. 6.6.2

6.7.2.2.3 Kurzwellige Abweichung gegenüber der SFE-IST-Lage (langwellige Abweichung), Toleranzen am Trägerstoß

Der Verlauf des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung bezogen auf den Ist-Verlauf der langwelligen Abweichung wird einheitlich für den Ein- und Mehrfeldträger durch folgende Eckdaten beschrieben:

$$\begin{aligned}
 x_{\text{Trägeranfang}} ; x_{\text{Trägerende}} & \quad \Delta y = 0 \\
 x_{\text{Trägeranfang}} < x_i < x_{0+n*1032} ; & \\
 x_{L-n*1032} < x_i < x_{\text{Trägerende}} & \quad n = 1, 2, \dots * \quad \Delta y_i \leq \pm 2 \text{mm} \\
 x_{0+n*1032} < x_i < x_{L-n*1032} & \quad \Delta y = \pm 2 \text{mm}
 \end{aligned}$$

* n ist unter Einhaltung des max. zul. NGK festzulegen

Innerhalb des Toleranzfeldes der kurzwelligen Abweichung ist in der Seitenführebene folgende Nachbarschaftsbeziehung einzuhalten:

$$\text{NGK}_{\text{SFE}} \leq 2,0 \text{mm}$$

Für die Bestimmung des Verlaufs des Toleranzfeldes der SFE am Trägeranfang und –ende (Trägerübergang) ist ein NGK, bezogen auf die Soll-Lage, von

$$\text{NGK}_{\text{SFE,Anfang;Ende}} \leq 1,0 \text{mm}$$

anzusetzen.

Die zulässigen Grenzwerte aus /MSB AG-FW BEM/ sind dabei einzuhalten.

Für das an diesen Stellen für Kontroll- und Abnahmemessungen zu definierende NGK sind die Messbedingungen mit anzugeben.

6.7.2.2.4 Zulässige Versätze / Verkippung SFE

Die nachfolgenden Toleranzangaben beziehen sich auf die Messpunkte entsprechend Abbildung 4 und den Festlegungen zur Auswahl der zugehörigen x-Koordinate.

Die nachfolgend aufgeführten Toleranzen sind für alle Fahrwegbauarten gleich.

- Versätze: innerhalb des Trägers $|\Delta y_{i_{\max}}| = 0,6 \text{ mm}^*$

* die angenommene Segmentlänge beträgt dabei 6 m,
bei abweichenden Längen ist der Wert aus dem nachfolgendem
Diagramm zu entnehmen:

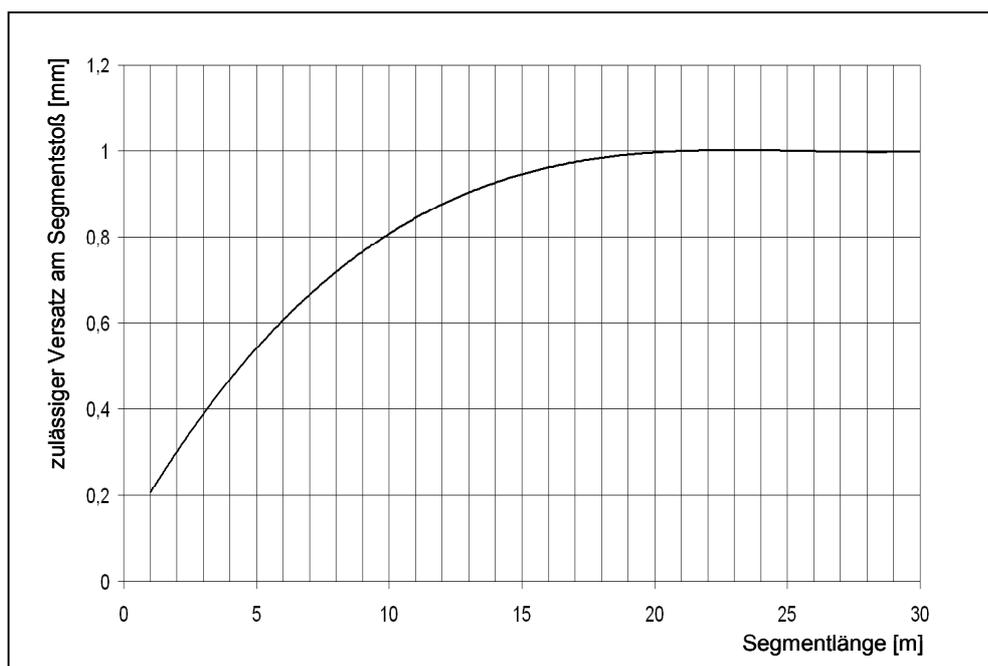


Abbildung 35: Zulässige Versätze in der SFE innerhalb eines Fahrwegträgers in Abhängigkeit der SF-Segmentenlängen

am Trägerstoß

$$|\Delta y_{i_{\max}}| = 1,0 \text{ mm}$$

Der Versatz am Trägerstoß wird nach der Trägerfeinpositionierung eingestellt und setzt eine Toleranz der Spurweite von $\pm 1\text{mm}$ voraus (siehe Pkt. 6.7.2.3).

- Verkippung (bezogen auf den Messpunkt):

innerhalb des Trägers $\Delta \alpha_{\text{SFE}_{\text{max}}} = \pm \arctan(1,0\text{mm}/155\text{mm})$

innerhalb, an SFE-Stößen $\Delta \alpha_{\text{SFE}_{\text{max}}} = \pm \arctan(0,7\text{mm}/155\text{mm})$

am Trägerstoß $\Delta \alpha_{\text{SFE}_{\text{max}}} = \pm \arctan(0,5\text{mm}/155\text{mm})$

6.7.2.3 Zulässige Toleranz der Spurweite (S)

Veränderungen der Spurweite infolge einer gleichmäßigen Änderung der Trägertemperatur gegenüber der Referenztemperatur („Aufstelltemperatur“) sind über die zulässige Toleranz hinaus zu berücksichtigen.

Die Spurweitentoleranz für alle Fahrwegtypen beträgt:

innerhalb des Fahrwegträgers $\Delta S = \pm 2\text{mm}$

am Fahrwegträgeranfang /-ende $\Delta S_{\text{Anfang;Ende}} = \pm 1\text{mm}$

6.7.3 Toleranzen und Lageabweichungen für die Gleitebene (GE)

Die Gleitebene wird beim absetzenden MSB-Fahrzeug zur Funktionsfläche.

Für die Betrachtungen zur Toleranz- und Lageabweichung ist ihr Bezug zum Ist-Verlauf der SE-Ebene über das Zangenmaß gegeben. Das heißt, dass die langwellige Ist-Abweichung der SE für die Ermittlung des Soll-Verlaufes der GE zu berücksichtigen ist (siehe Abbildung 38).

Wird aus fertigungstechnischen Gründen ein Bezug der GE zur Soll-Lage der Statorebene notwendig, sind u.a. bei der Festlegung des Toleranzfeldes für die GE die beiden Extreme der langwelligen Abweichung der SE zu berücksichtigen.

Die Angaben zur Zangenmaßtoleranz und zu den NGK-Grenzwerten der GE sind gleichfalls einzuhalten.

Die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Toleranzen und Lageabweichungen in der z-Koordinate ist in der folgenden Übersicht (Abbildung 36) dargestellt.

Die Zusammenhänge in der x- und y-Koordinate wurden aus Gründen der untergeordneten Wertigkeit nicht dargestellt.

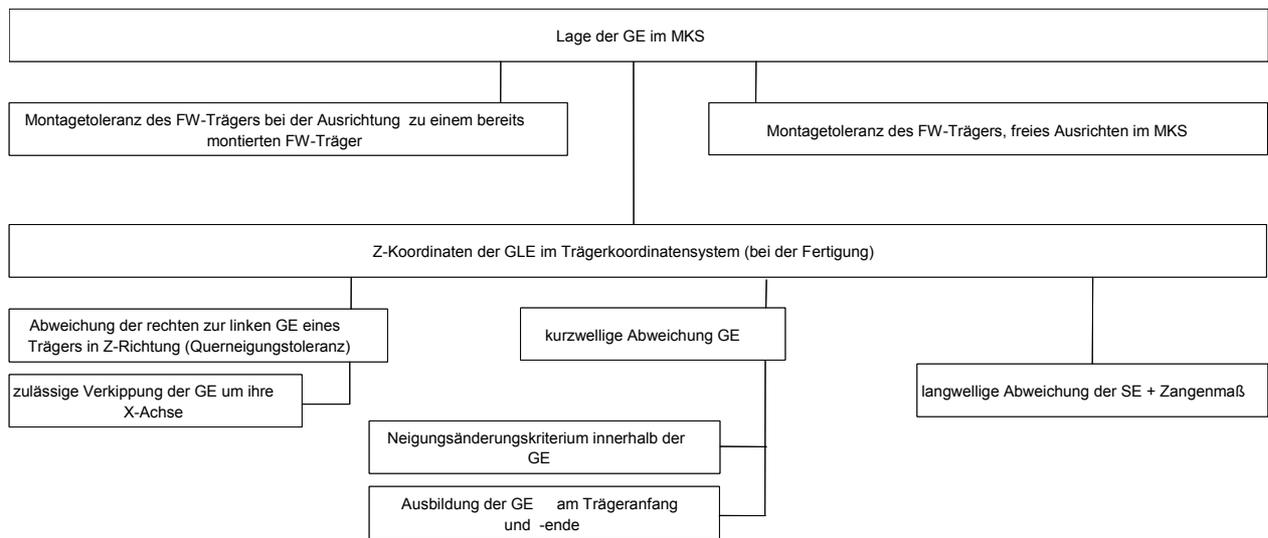


Abbildung 36: Toleranzen und Lageabweichungen der Gleitebene (GE) in z-Richtung und deren Abhängigkeiten zueinander

6.7.3.1 Zulässige Toleranzen der GE in x-Richtung

6.7.3.1.1 Zulässige Spalte in x-Richtung innerhalb der Gleitleiste

Die max. zulässigen Spaltbreiten in Abhängigkeit ihrer Lage im Fahrweg sind in /MSB AG-GESAMTSYS/ definiert.

Bei einer über die gesamte Länge des Fahrwegträgers einteilig ausgeführten GE ist deren Temperatúrausdehnung /MSB AG-FW BEM/, bezogen auf die Systemachsen am Trägeranfang und -ende zu berücksichtigen.

Zur Bestimmung der Minimalspalte, d.h. des Abstandes vom Trägeranfang und -ende zur Systemachse, sind bei Fahrwegträgern zusätzlich die Anordnung der Fest- und Loslager sowie die zulässige Stützenverformung /MSB AG-GESAMTSYS/ zu berücksichtigen.

Es werden folgende Richtwerte angegeben:

Abstand Trägeranfang bzw. –ende von den Systemachsen:

Fahrwegträger ($12 \text{ m} \leq \text{Systemlänge} \leq 25 \text{ m}$) $\Delta x_{A,E} = 20 \text{ mm}$

Fahrwegplatten (Systemlänge $\leq 6 \text{ m}$) $\Delta x_{A,E} = 10 \text{ mm}$

Gleichmäßige Trägerstöße bei Referenztemperatur sind anzustreben.

Bei bauartbedingten Unterbrechungen der GE (z.B. bei Modulbauweise) sind die Lagestabilität und Formabweichung der GE-Elemente bei der Ermittlung der Sollspaltbreiten im Fahrwegträger zu berücksichtigen.

Bei Weichen wird der erforderliche Mindestspalt innerhalb der Weiche zwischen den GE-Elementen nach Gleichung 16 ermittelt.

Die Anzahl der Spalte in der GE soll auf ein Minimum begrenzt werden (6.7.3.3.4).

Eine Kollision gleicher benachbarter Funktionsebenenelemente ist zu vermeiden.

Die Ausführung der Stöße in der GE hat nach Abbildung 37 zu erfolgen.

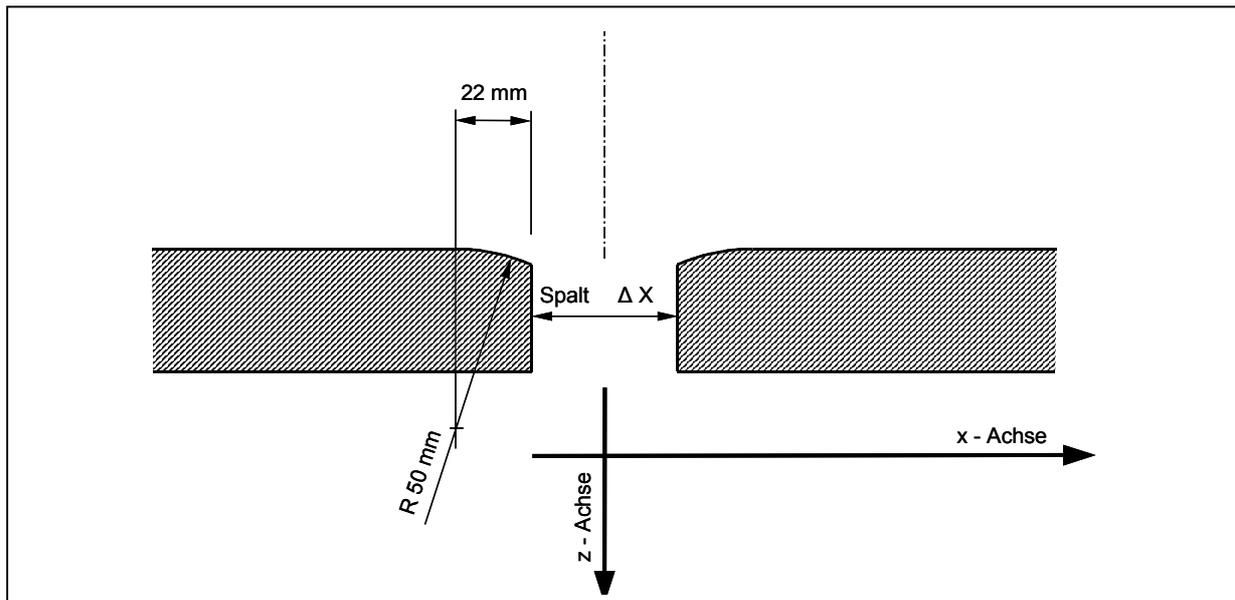


Abbildung 37: Ausbildung der GE-Oberfläche am Trägerstoß bzw. bei Unterbrechungen

6.7.3.2 Zulässige Toleranzen der GE in Y-Richtung

Bezogen auf die Langstatormittenachse (LA) gilt für alle Fahrwegtypen vom Fahrwegträgeranfang bis zum Ende eine einheitliche Toleranz von:

$$\Delta y = \pm 16 \text{ mm}$$

6.7.3.3 Zulässige Toleranzen der GE in z-Richtung

6.7.3.3.1 Soll-Lage

Die Soll-Lage der GE wird durch das Zangenmaß (-398 mm zur Basis SE_{Ist-Lage}) zur SE vorgegeben.

Als Basis für die Ist-Lage wird dabei der über die diskreten Messwerte der SE ermittelte Verlauf der langwelligen Abweichung benutzt (siehe Abbildung 38).

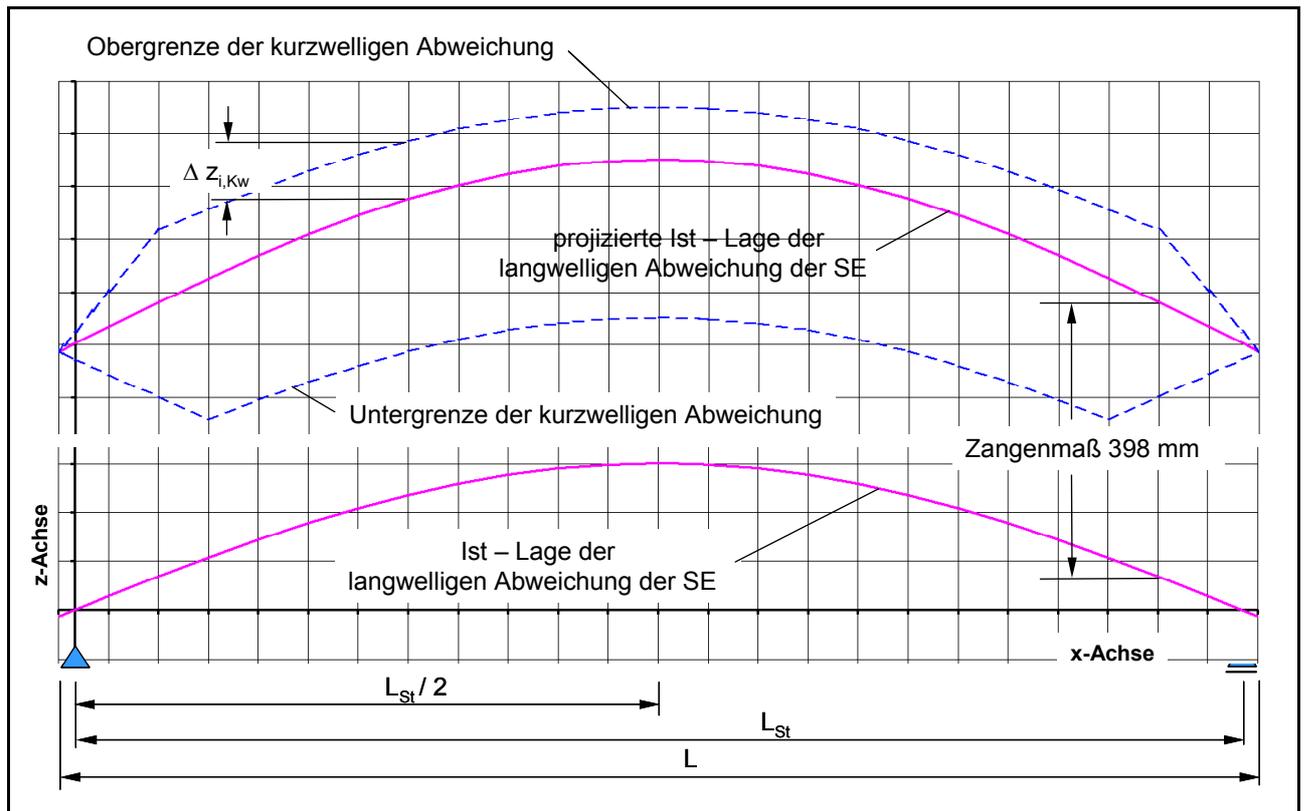


Abbildung 38: Verlauf und Lage der kurzwelligen Abweichung der GE am Beispiel eines Einfeldträgers mit Vorkrümmung

Die nachfolgenden Toleranzangaben sind für jede GE (rechte und linke Seite) gültig. Eine direkte Abhängigkeit der beiden GE Soll-Lagen zueinander ist nicht vorgesehen.

6.7.3.3.2 Langwellige Abweichung der GE

Der Toleranzbereich der GE wird durch den langwelligen IST-Verlauf der Statorebene vorgegeben. Dazu wird dieser um das Zangenmaß verschoben.

Eine separate Betrachtung entfällt (siehe Abbildung 38).

6.7.3.3.3 Kurzweilige Abweichung der GE

Der langweilige IST-Verlauf der Statorebene wird um den Betrag des Zangenmaßes nach oben versetzt.

Darauf aufgelagert werden der obere und untere Grenzbereich, der einheitlich für alle Fahrwegarten durch folgende Eckdaten beschrieben wird:

$$\begin{aligned} X_0; X_L & \Delta z_i = \pm 0,4\text{mm} \\ X_0 < X_i < X_{0+n}; X_{L-n} < X_i < X_L \quad n = 1,2...^* & -3\text{mm} \leq \Delta z_i \leq +5\text{mm} \\ X_{>n} < X_i < X_{<(L-n)} & -3\text{mm} = \Delta z_i = +5\text{mm} \end{aligned}$$

* n ist unter Einhaltung des max. zul. NGK festzulegen

Zusätzlich ist in jedem Punkt das Zangenmaßkriterium (siehe 6.7.3.4) einzuhalten.

Innerhalb des Toleranzfeldes der kurzweiligen Abweichung ist in der GE folgende Nachbarschaftsbeziehung einzuhalten:

$$\text{NGK}_{\text{GE}} \leq 3,0\text{mm}$$

Für die Bestimmung des Verlaufs des Toleranzfeldes der GE am Trägeranfang und –ende (Trägerübergang) ist ein NGK bezogen auf die Soll-Lage der SE von

$$\text{NGK}_{\text{GE,Anfang;Ende}} \leq 1,5\text{mm}$$

anzusetzen.

Die zulässigen Grenzwerte aus /MSB AG-FW BEM/ sind dabei einzuhalten.

6.7.3.3.4 Zulässige Versätze / Verkippung der GE

Die nachfolgenden Toleranzangaben beziehen sich auf die Messpunkte entsprechend Abbildung 4 und den Festlegungen zur Auswahl der zugehörigen x-Koordinate.

Die nachfolgend aufgeführten Toleranzen sind für alle Fahrwegbauarten gleich.

- Versätze:

$$\text{innerhalb des Trägers } |\Delta z_{i_{\max}}| = 0,2\text{mm}^*$$

* Toleranzüberschreitungen werden in Abhängigkeit der Auftretenshäufigkeit in zusammenhängenden Fahrwegsabschnitten unter der in Abbildung 39 dargestellten Bedingungen zugelassen:

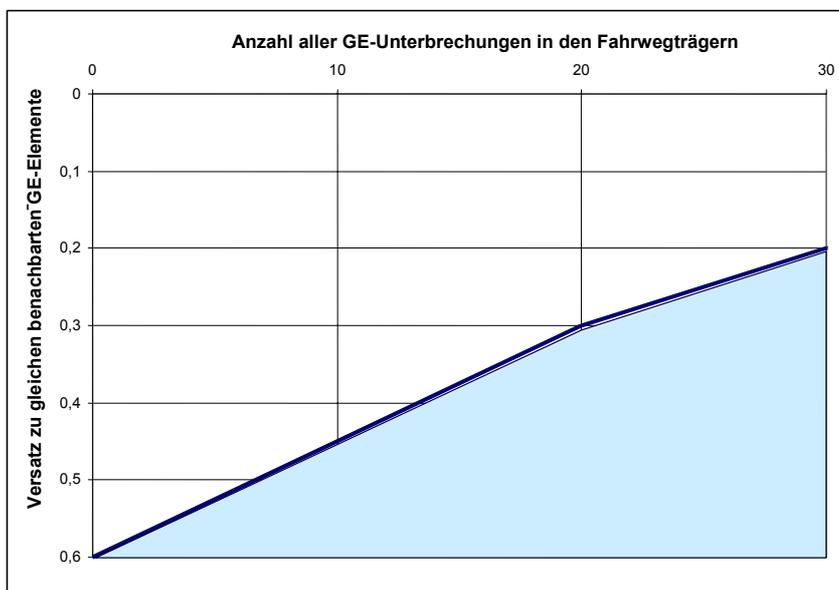


Abbildung 39: Zulässige Versätze in der GE innerhalb des Fahrwegträgers in Abhängigkeit von Größe und Häufigkeit ihres Auftretens

$$\text{am Trägerstoß } |\Delta z_{i_{\max}}| = 0,6\text{mm}$$

Der Versatz am Trägerstoß beinhaltet die Toleranzbreite der kurzweiligen Abweichung für die GE am Trägerstoß, den Anteil der Zangenmaßtoleranz (Kap. 6.7.3.4) sowie die Montagetoleranz.

- Verkippung (bezogen auf den Messpunkt in LA):

$$\Delta \alpha_{\text{GE}_{\max}} = \pm \arctan(0,5\text{mm} / 75\text{mm})$$

6.7.3.4 Zangenmaß

Das zulässige Zangenmaß ergibt sich aus der Berechnung der zulässigen kurzwelligen Toleranzen für die Statorebene und die Gleitebene (siehe Kapitel 6.7.3.3.3 und Abbildung 38).

Als Richtwerte für eine punktuelle, stichpunktartige geometrische Kontrolle ohne Betrachtung der langwelligen und kurzwelligen Toleranzen können folgende Maße verwendet werden:

<i>Nennmaß:</i>	<i>398 mm</i>
<i>Richtwert innerhalb des Trägers:</i>	<i>von 393 mm bis 401 mm</i>
<i>Richtwert am Trägeranfang / -ende:</i>	<i>von 397,6 mm bis 398,4 mm</i>

7 Fahrweg-Montage

Die Toleranzen für die Feinpositionierung sind in /MSB AG-FW VERM/ angegeben.

8 Geometrische Anforderungen an den Kalibrierfahrweg

Unabhängig von den vorangegangenen Angaben werden an die Geometrie von Kalibrierträgern (Fahrwegabschnitt innerhalb der Instandhaltungszentrale, dient zur Kalibrierung des MSB-Fahrzeuges) erhöhte Anforderungen gestellt. Dabei gelten zunächst die nachfolgend genannten Toleranzen für den unbelasteten Träger als Randbedingungen:

Für die Statorebene:

$$\begin{aligned} & \Delta z_{\max} = \pm 1 \text{ mm} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} \geq 18 \text{ m} & \quad |\Delta z_i| \leq \Delta z_{\max} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} < 18 \text{ m} & \quad 0,1 \text{ mm} < |\Delta z_i| < |\Delta z_{\max}| * L_{\text{Sys}} / 18 \text{ m} \end{aligned}$$

Für die Seitenführebene:

$$\begin{aligned} & \Delta y_{\max} = \pm 1 \text{ mm} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} \geq 18 \text{ m} & \quad |\Delta y_i| \leq \Delta y_{\max} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} < 18 \text{ m} & \quad 0,1 \text{ mm} < |\Delta y_i| < |\Delta y_{\max}| * L_{\text{Sys}} / 18 \text{ m} \end{aligned}$$

Für die Spurweite:

$$\begin{aligned} & \Delta S_{\max} = \pm 0,5 \text{ mm} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} \geq 18 \text{ m} & \quad |\Delta S_i| \leq \Delta S_{\max} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} < 18 \text{ m} & \quad 0,1 \text{ mm} < |\Delta S_i| < |\Delta S_{\max}| * L_{\text{Sys}} / 18 \text{ m} \end{aligned}$$

Für das Zangenmaß:

$$\begin{aligned} & \Delta Z_{\max} = \pm 1 \text{ mm} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} \geq 18 \text{ m} & \quad |\Delta Z_i| \leq \Delta Z_{\max} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} < 18 \text{ m} & \quad 0,1 \text{ mm} < |\Delta Z_i| < |\Delta Z_{\max}| * L_{\text{Sys}} / 18 \text{ m} \end{aligned}$$

Darüber hinaus gelten folgende Anforderungen an die Steifigkeit des Trägers:

Bei Belastung des Trägers mit dem Fahrzeuggewicht (Fz vollständig ausgerüstet) gilt für die Differenz zwischen belastetem und unbelastetem Träger in z-Richtung:

$$\begin{array}{ll} \text{für } L_{\text{Sys}} \geq 18\text{m} & \Delta z_{\text{max}} = 1 \text{ mm} \\ & |\Delta z_i| \leq \Delta z_{\text{max}} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} < 18\text{m} & 0,1\text{mm} < |\Delta z_i| < |\Delta z_{\text{max}}| * L_{\text{Sys}} / 18\text{m} \end{array}$$

Bei seitlicher Belastung mit 0,3 g:

$$\begin{array}{ll} \text{für } L_{\text{Sys}} \geq 18\text{m} & \Delta y_{\text{max}} = 1 \text{ mm} \\ & |\Delta y_i| \leq \Delta y_{\text{max}} \\ \text{für } L_{\text{Sys}} < 18\text{m} & 0,1\text{mm} < |\Delta y_i| < |\Delta y_{\text{max}}| * L_{\text{Sys}} / 18\text{m} \end{array}$$

9 Lageanforderungen an die Anbau- und Ausrüstungselemente des Fahrweges

9.1 Lage der Motorwicklung

Der für den Einbau der Motorwicklung benötigte Freiraum ist in /MSB AG-GESAMTSYS/ definiert.

Die Lagen der Motorwicklung sind so auszuführen, dass der Freiraum unter allen Betriebsbedingungen eingehalten wird.

Die Anordnung und Lage der einzelnen Phasen zueinander sind in /MSB AG-GESAMTSYS/ definiert.

Die Abstände der Motorwicklungsmäander und deren x-Raster werden durch die gewählte Anordnung der Statorpakete in x-Richtung bestimmt. Das Mäandergrundraster beträgt 258 mm.

9.2 Lage der Lagereferenzleiste

Der für den Einbau der Lagereferenzleiste (LRL) benötigte Freiraum in y- und z-Richtung ist in /MSB AG-GESAMTSYS/ definiert.

Die Anordnung in x-Richtung basiert auf der antriebsperiodenabhängigen Lage der Referenzorte im Träger.

Lagereferenzleisten werden an den Referenzorten des Fahrweges mittels spezieller Halter am Fahrweg befestigt. Die Auslegung und Befestigung der Halter wird projektspezifisch definiert.

Die Referenzorte im Fahrweg werden projektbezogen mit der Auslegung des Antriebes und der Betriebsleittechnik festgelegt.

9.3 Lage der fahrwegseitigen Baugruppen der externen Bordenergieversorgung

9.3.1 Lage der fahrwegseitigen Baugruppen der Stromschienen

Die Lage der Stromschienen wird projektspezifisch für einzelne Fahrwegabschnitte festgelegt.

Der für den Einbau der Stromschienen benötigte Freiraum in y- und z-Richtung ist in /MSB AG-GESAMTSYS/ definiert.

Die prinzipielle Lage der Stromschienenhalter am Fahrweg ist in /MSB AG-FW ÜBG/ festgelegt.

9.3.2 Lage der fahrwegseitigen Baugruppen der induktiven Energieübertragung

Die induktive Bordenergieübertragung befindet sich zur Zeit noch in der Entwicklung. Die Anforderungen an diese Baugruppe werden daher nachgetragen.

Vorübergehend gelten die projektunabhängigen Anforderungen an Baugruppen der „sonstigen Fahrwegausrüstung“ und projektspezifische Vorgaben.

10 Nachweise

Bauteile bzw. Baugruppen sind im Rahmen der Qualitätssicherung nach Fertigungsschritten zu vermessen sowie Soll-Ist-Vergleiche durchzuführen und zu dokumentieren.

In den Fertigungsunterlagen sind hierzu der Zeitpunkt und die zu prüfenden Maße festzulegen. Die zum Zeitpunkt der Prüfung zu betrachtende Toleranz ist entsprechend der Gesamt-Toleranzbetrachtung zu ermitteln.

Die grundsätzlichen Anforderungen zur Qualitätssicherung sowie Bau und Abnahme sind /MSB AG-FW ÜBG/ zu entnehmen.

Zum Nachweis der Einhaltung der Toleranzen gemäß der vorliegenden Ausführungsgrundlage sind für die Abnahmemessung geeignete und anerkannte Messmittel und Meßmethoden anzuwenden.

Anhang III-A Befestigung der Statorpakete (Fahrwegträgerseitig)

Die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 40, Abbildung 41, Abbildung 42 bis Abbildung 43) zeigen beispielhaft eine Lösung für die Aufnahme der Statorpakete an einem durchgehenden Statorträgergurt.

Alternativ dazu sind so genannte Inserts möglich. Die angegebenen Maße und Toleranzen gelten für beide Varianten.

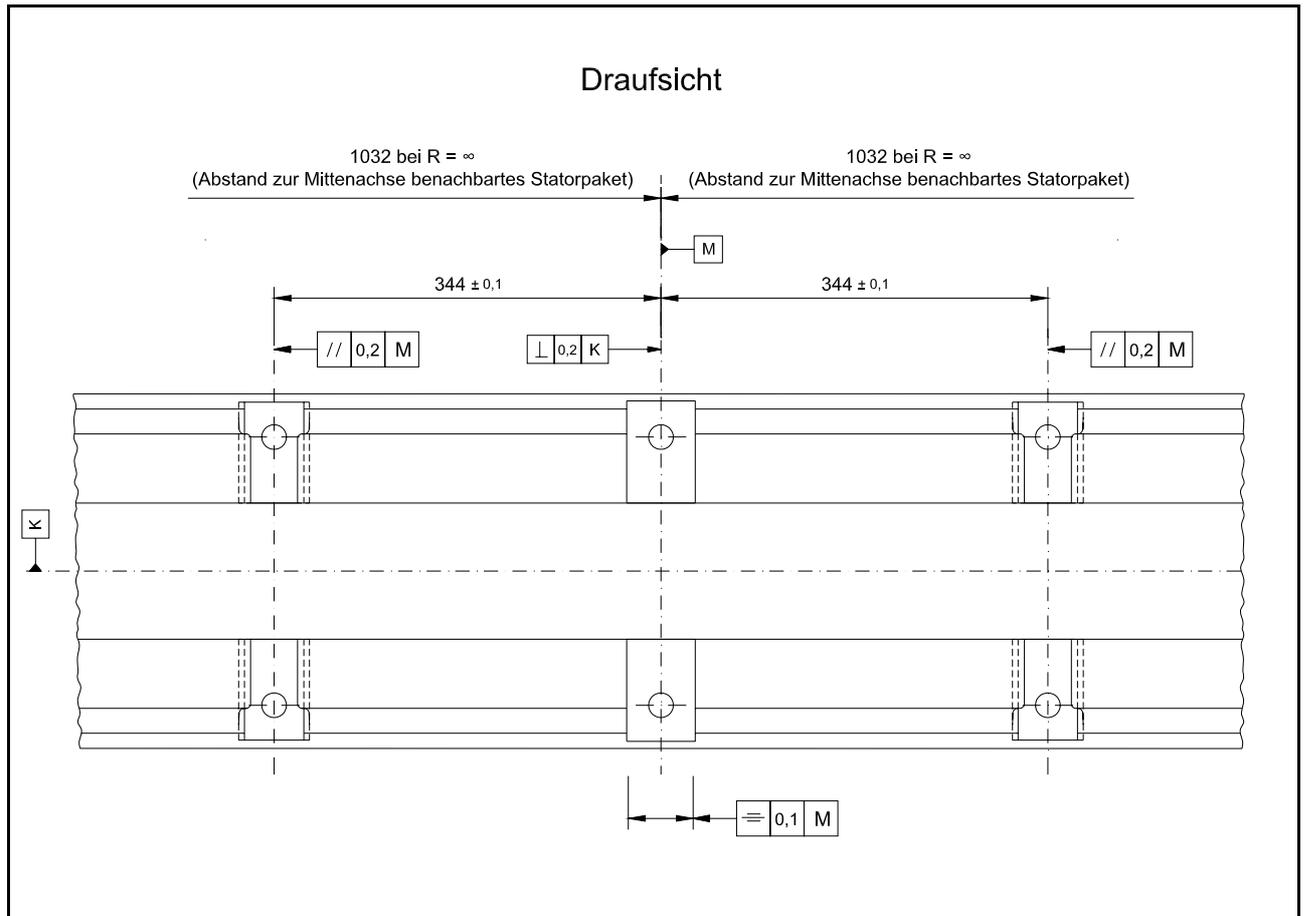


Abbildung 40: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Draufsicht)

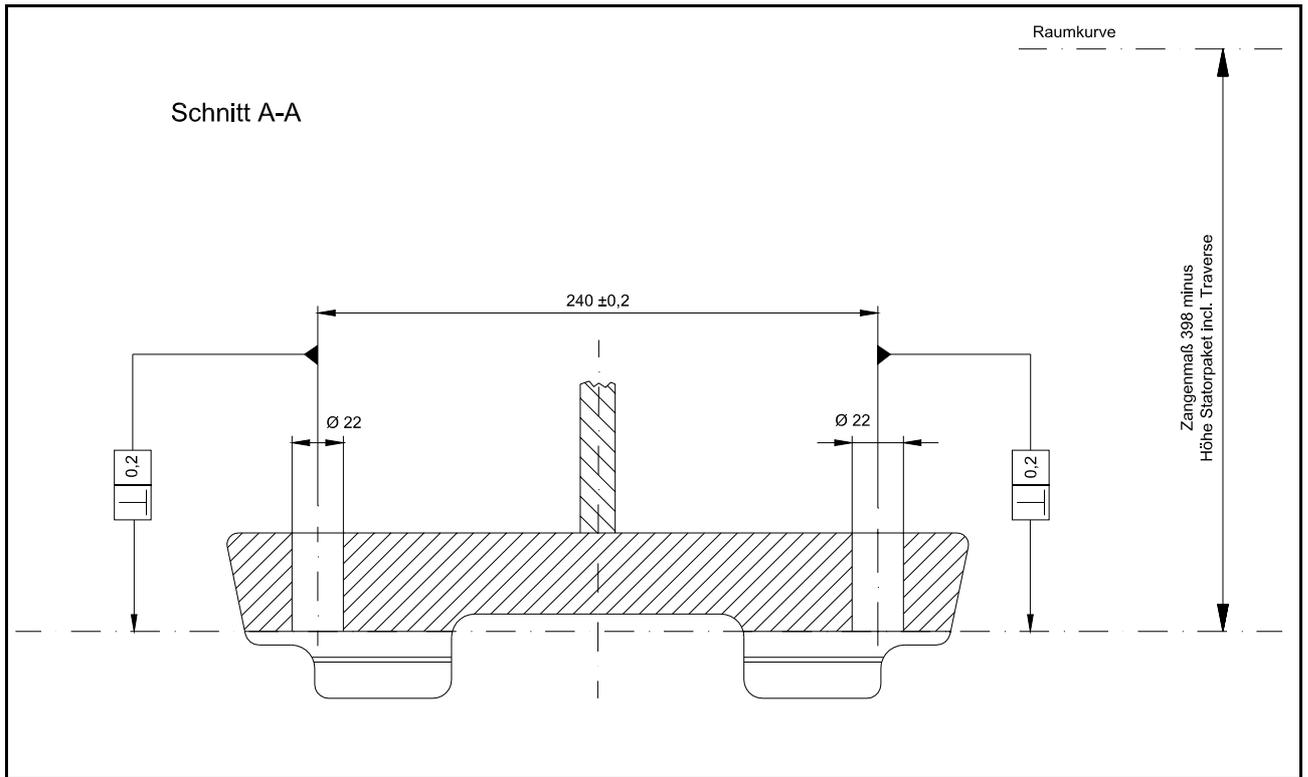


Abbildung 41: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Querschnitt)

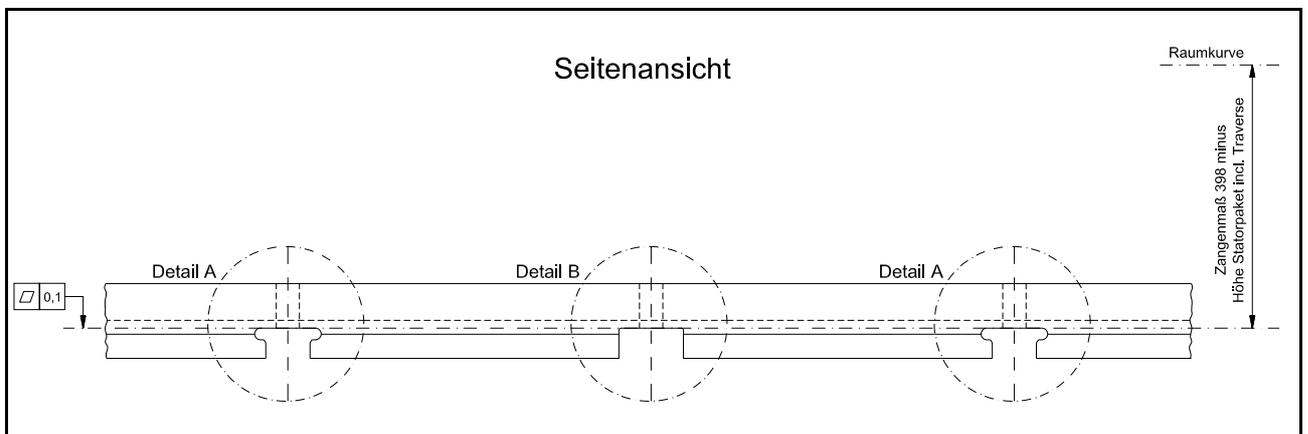


Abbildung 42: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Seitenansicht)

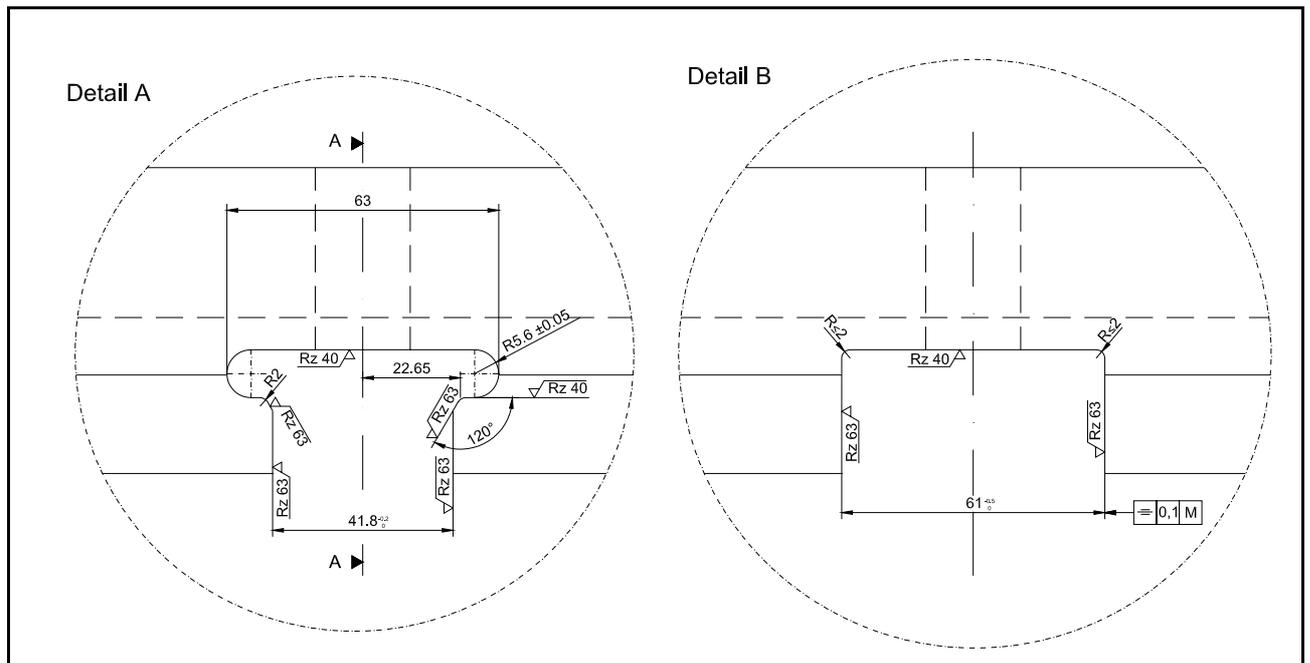


Abbildung 43: Maße und Toleranzen für die Ausführung der Statorpaketaufnahme in Stahlbauweise (Detail A und Detail B)

Anhang III-B Befestigungsachsen des Statorpaketes

Die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 44, Abbildung 45 und Abbildung 46) zeigen beispielhaft die Befestigungsachsen des Statorpaketes.

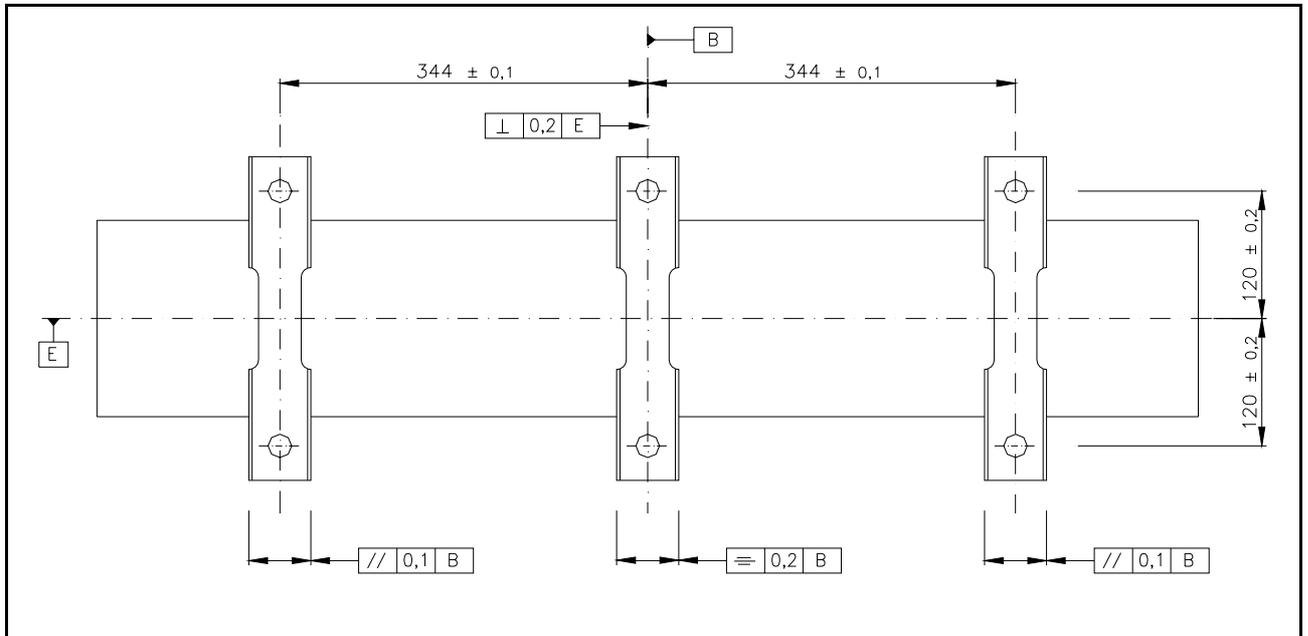


Abbildung 44: Befestigungsachsen des Statorpaketes (Draufsicht)

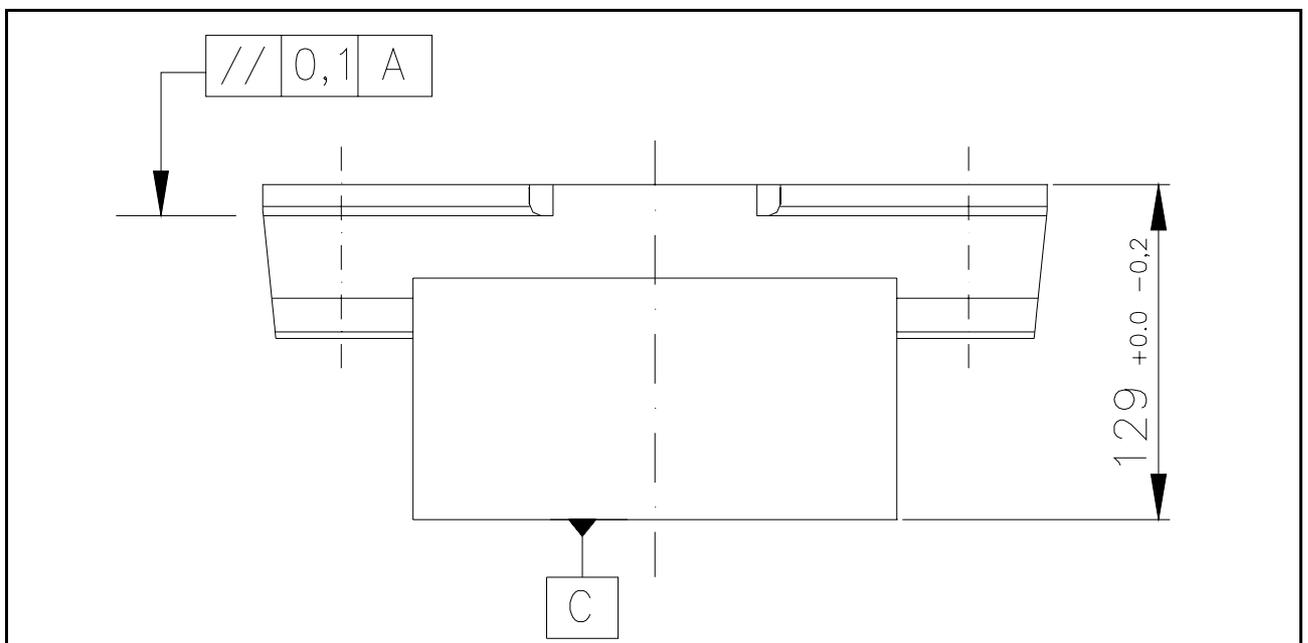


Abbildung 45: Befestigungsachsen des Statorpaketes (Querschnitt)

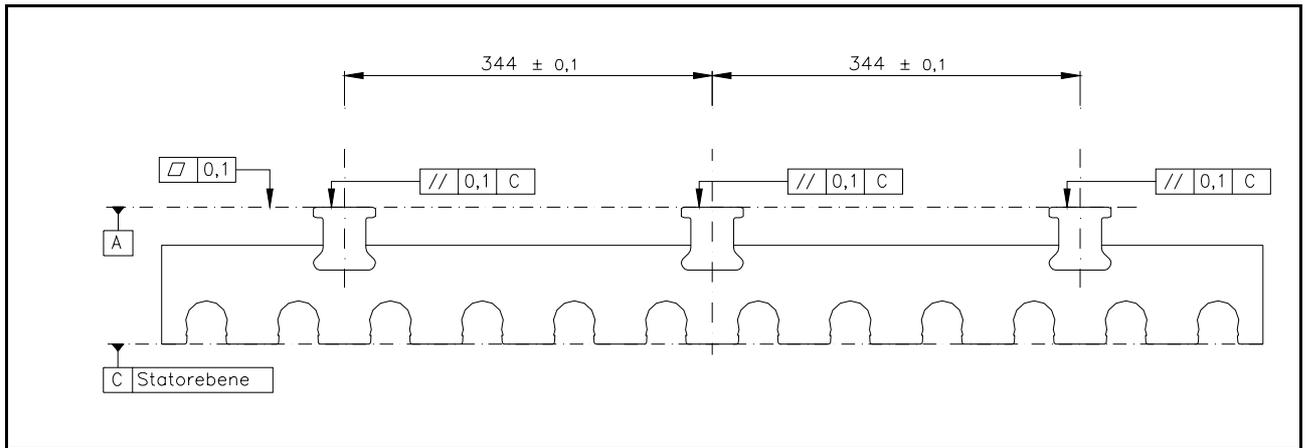


Abbildung 46: Befestigungsachsen des Statorpaketes (Seitenansicht)