

Unternehmensbereich Luggwegstrasse 65
Infrastruktur Postfach 8048 Zürich
www.vbz.ch

Dok-Nr. RLV230044_SMS_SR
Version 1.0
Datum 8.3.2017
Verantw. E. De Cassan / IKF



Bedingungen für Bauvorhaben in Gleisnähe der Verkehrsbetriebe Zürich



Unternehmensbereich Luggwegstrasse 65 Dok-Nr. RLV230044_SMS_SR
 Infrastruktur Postfach 8048 Zürich Version 1.0
 www.vbz.ch Datum 8.3.2017
 Verantw. E. De Cassan / IKF



Impressum

Auftraggeber Verkehrsbetriebe Zürich
Infrastruktur / Erhaltung

Projektleitung Enrico De Cassan

Projektbeteiligte **Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)**
 David Borschberg
 Rebekka Kollbrunner

Institut für Bahntechnik ifb
 Dr.-Ing. André Theiler

Terradata AG
 Daniel Stocker

Versionsübersicht

Datum	Änderung	Wer	Seite	Version
01.06.16	Neuerstellung Dokument	IKF	alle	V.0.1
13.06.16	Überprüfung	IK	alle	V 0.2
17.06.16	Überprüfung	IKF	alle	V 0.3
05.07.2016	Überarbeitung	IKF	alle	V 0.4
18.08.2016	Überarbeitung	IKF	Alle	V 0.5
29.08.2016	Überarbeitung	IKF	Alle	V 0.6
28.09.2016	Kapitel 5.6 eingefügt, Grenzwerte Spurweite ergänzt	IKF	9, 15	V 0.7
04.10.2016	Ergänzungen nach Gegenlesen TERRADATA	IKF	div.	V 0.8
06.10.2016	Horizontale Grenzmasse angepasst aufgrund vom der möglichen Messgenauigkeit.	IKF	9	V 0.9
14.10.2016	Grenzwerte Spurweite nach Absprache mit IEM präzisiert	IKF	9	V0.91
21.11.2016	Diverse Anpassungen aufgrund Rückmeldung I-GL	IKF	6, 8, 9,18, 19	V0.92
8.3.2017	Freigabe SMS/SR	IU	alle	V1.0

Klassifizierung: keine	SMS*:	Ja	*SMS relevante (SMS) oder sicherheitsrelevante (SR) Dokumente: Freigabe durch Verantwortlicher SMS UB-I (=Leiter SUG UB-I)
	SR*:	Ja	



1.	Allgemeines	4
1.1	Ausgangslage und Zweck	4
1.2	Geltungsbereich	4
1.3	Übergeordnete und zugehörige Dokumente (nicht abschliessend)	4
1.4	Begriffe und Abkürzungen	5
2.	Messkonzept zur Überwachung der Gleislage	6
2.1	Allgemeines	6
2.2	Inhalt	6
3.	Einzuhaltende Grenz- und Alarmwerte	7
3.1	Grenz- und Alarmwerte Gleisanlage	7
3.1.1	Definition verschiedener Grenzwerte	7
3.1.2	Grenzwerte in Zahlen	9
3.1.3	Sonderfall Verwindung	10
4.	Mess - Parameter	10
4.1	Messintervall	10
4.2	Messgenauigkeit	11
4.3	Alarmierungsablauf	11
5.	Überwachung Fahrbahn Tram	12
5.1	Messmethoden	12
5.2	Messraster	13
5.3	Messung und Berechnung der Verwindung	14
5.4	Messung und Berechnung der Gleissetzlagenänderung	15
5.5	Messung und Berechnung der Gleisschiebungen	16
5.6	Messung und Berechnung der Spurweite	17
6.	Überwachung Fahrleitung Tram und Trolleybus	17
7.	Überwachung Weichen	18
8.	Überwachung von Flachrillenanlagen	18
9.	Überwachung Hilfsbrücken Tram	18
10.	Visuelle Überwachung	18
11.	Schadensgrenze	19
11.1	Definition	19
11.2	Verursacherprinzip	19
11.3	Schadenspotenzial	19
12.	Anhang	20
12.1	Beispiele Messreihen	20

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



1. Allgemeines

1.1 Ausgangslage und Zweck

Bei Bauvorhaben in Gleisnähe und im nahen Umfeld von Trolleybus-Linien der VBZ, besteht die Gefahr von Gleislagenänderungen (z.B. Gleissetzungen). Dies kann zu grossen Einschränkungen des Betriebs dieser Verkehrsmittel führen.

Das vorliegende Dokument zeigt dem Bauherrn auf:

- ab welcher Gleislage- resp. Mastenlageänderung eine Information oder Intervention notwendig ist;
- welche Überwachungsmassnahmen in der Bauphase notwendig sind, um bei kritischen Gleislagenänderungen zu intervenieren und Schadenminderung zu betreiben;
- wer für die Überwachung der Tram- und Trolleybus-Anlagen, die zu kontrollierenden Anlagenteile, die zu prüfenden Parameter und deren Grenzwert zuständig ist;
- wie der Meldeprozess im Falle von Unregelmässigkeiten ist.

Ziel einer Überwachung ist es, sicherzustellen, dass der Normalbetrieb des Trams und der Trolleybusse jederzeit gewährleistet werden kann.

1.2 Geltungsbereich

Bei all denjenigen Baustellen, bei denen das Risiko von Gleislagenänderungen oder Deformationen an Tram- und Trolleybus-Anlagen besteht, wird das vorliegende Dokument dem Bauherrn im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens ausgehändigt und ist für diesen verbindlich. Das Dokument gilt für alle Betriebs- und Dienstgleise resp. – strecken der VBZ.

1.3 Übergeordnete und zugehörige Dokumente (nicht abschliessend)

Insbesondere nachfolgende Bestimmungen sind für das vorliegende Dokument von zentraler Bedeutung:

- RLV230043 Bestimmung Grenzwerte Überwachung Bauvorhaben VBZ
- Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung, EBV, SR 742.141.1)
- Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV)
- Empfehlungen für die Planung von Strassenbahnanlagen auf dem Netz der Verkehrsbetriebe Zürich vom 1. März 2014
- Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeiterverordnung, BauAV, SR 832.311.141)
- Art. 110 der SIA Norm 118 (Sorgfaltspflicht des Unternehmers)



1.4 Begriffe und Abkürzungen

Die im vorliegenden Dokument verwendeten Begriffe bedeuten das Folgende:

Allgemeine Begriffe

Überwachung:	Geodätische und/oder geotechnische Messkontrollen sowie visuelle Prüfung von angrenzenden Objekten auf Deformationen.
Geo-Monitoring:	(halb-)automatisches und permanentes Überwachungssystem zum Erkennen von Deformationen.
Schadensgrenze:	Wird diese Grenze überschritten sind bleibende Schäden resp. Wertverminderungen an den Anlagen sehr wahrscheinlich.

Überwachung der Setzungen/Hebungen

Vertikale Abweichung:	v Abw [mm] Höhendifferenz der gemessenen bestehenden Gleisachse gegenüber der Nullmessung.
Vertikale Pfeilhöhe:	v Pf [mm] Änderung der vertikalen Abweichungen über eine bestimmte Basis.

Überwachung der Gleisverwindung

Überhöhung:	ü [mm] Höhendifferenz zwischen linker und rechter Schienenoberkante im gleichen Messquerschnitt auf 1 m gemessen.
Verwindung:	N [‰] Überhöhungsänderung zwischen zwei Messquerschnitten dividiert durch deren Abstand.

Überwachung der Gleisschiebungen:

Horizontale Abweichungen:	h Abw [mm] Horizontale Differenz der gemessenen bestehenden Gleisachse gegenüber der Nullmessung.
Horizontale Pfeilhöhe:	h Pf [mm] Änderung der horizontalen Abweichungen über eine bestimmte Basis.



2. Messkonzept zur Überwachung der Gleislage

2.1 Allgemeines

Sobald bei Bauten die Gefahr von Auswirkungen auf ein angrenzendes Tram- oder Bustrasse besteht, ist vor Beginn der Bauten in Zusammenarbeit mit den VBZ zwingend zu prüfen, ob eine Überwachung des Zustandes der Gleise und Fahrleitungsanlage notwendig ist.

Die VBZ bestimmen im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens, ob der Bauherr ein Überwachungskonzept zu erstellen und den VBZ zur Genehmigung einzureichen hat. Im Falle von Unklarheiten bei der Erarbeitung des Konzeptes, bieten die VBZ Unterstützung. Wichtig sind insbesondere die Überwachung der Tramgleise sowie der Fahrleitungsanlagen von Tram und Trolleybus. Das Überwachungskonzept muss mindestens 30 Tage vor Baubeginn den VBZ zur Genehmigung eingereicht werden. Die Genehmigung muss vor Baubeginn vorliegen, damit die Nullmessungen aussagekräftig erfolgen können.

Die Messresultate und deren Auswertungen müssen tabellarisch und graphisch dargestellt werden. Die Darstellung obliegt der Bauherrschaft, sie ist allerdings für alle verantwortlichen Beteiligten nachvollziehbar zu protokollieren. Die Überwachungspunkte sind in einem Situationsplan darzustellen.

Die Messergebnisse sind unmittelbar nach der Auswertung gemäss Relevanz dem entsprechenden Anlagen-Verantwortlichen weiterzuleiten.

2.2 Inhalt

Ein Überwachungskonzept muss folgende Angaben enthalten:

- Allgemeine Informationen zum Projekt, wie Projektbeschreibung, Projektorganisation, Objektskizze usw.
- Gefährdungen
- einzuhaltende Grenz- und Alarmwerte
- Alarmierungsablauf
- Überwachungsbereich
 - Messmethode
 - Messgenauigkeit
 - Messgrössen
 - Grenzwerte (gemäss Vorgabe VBZ)
 - Messperimeter
 - Messraster
 - Messintervalle
- mögliche Massnahmen
- allfällige Ergänzungsmassnahmen bei Flachrillenanlagen



3. Einzuhaltende Grenz- und Alarmwerte

3.1 Grenz- und Alarmwerte Gleisanlage

3.1.1 Definition verschiedener Grenzwerte

VBZ-Gleise weisen je nach Beanspruchung eine Lebensdauer von ca. 30 Jahren auf. Um einen sicheren Weiterbetrieb während der zu erwartenden Restlebensdauer zu gewährleisten, sind Grenzwerte der Gleislagenänderungen im Dokument „RLV230043 Bestimmung Grenzwerte Überwachung Bauvorhaben VBZ“ festgelegt. Falls diese Grenzwerte überschritten werden, kann die vorgesehene Lebensdauer nicht mehr eingehalten werden. Die Gleise und der Unterbau müssen allenfalls ersetzt werden. Der Bauherr haftet für die entstehenden Ersatzkosten.

In diesem Zusammenhang ist zwischen folgenden Grenz- bzw. Alarmwerten mit den entsprechenden Informationsabläufen zu unterscheiden:

Aufmerksamkeitswert	
Information:	Wird der Aufmerksamkeitswert überschritten, sind die Projektbeteiligten (Bauleitung, Projektleitung, Anlagen-Verantwortliche Erhaltung) zu orientieren.
Weiteres Vorgehen:	Die Bauleitung und die Abteilung Erhaltung VBZ entscheiden über das weitere Vorgehen.
Erforderliche Massnahmen:	Verkürzen der Messintervalle und Beobachtung der Entwicklung (Protokollierung).

Interventionswert	
Information:	Wird der Interventionswert überschritten sind durch die Projektbeteiligten (Bauleitung, Projektleitung, Anlagen-Verantwortliche Erhaltung) umgehend die notwendigen Massnahmen zu treffen.
Weiteres Vorgehen:	Die Bauleitung und der Anlagen-Verantwortlichen der Abteilung Erhaltung der VBZ entscheiden über das weitere Vorgehen.
Erforderliche Massnahmen:	Verkürzen der Messintervalle; Korrekturen/Sicherungen der Gleise, Fahrstrom- und Kabelanlagen; Geschwindigkeitsreduktion; Änderung der Baumethoden.

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



Soforteingriffswert	
Information:	Wird der Soforteingriffswert überschritten, besteht die Gefahr, dass die Fahrsicherheit nicht mehr gewährleistet ist. Sofortige Massnahmen sind zu treffen.
Weiteres Vorgehen:	Die Bauleitung muss den Anlagen-Verantwortlichen der Abteilung Erhaltung der VBZ ohne Verzug informieren. Der Anlagen-Verantwortliche alarmiert die Leitstelle der VBZ gemäss Alarmierungsschema resp. Sicherheitsdispositiv. Der Anlagen-Verantwortliche der Abteilung Erhaltung der VBZ entscheidet über die zu treffenden Massnahmen.
Erforderliche Massnahmen:	Baustopp; Korrekturen/ Sicherungen der Gleise, Fahrstrom- und Kabelanlagen; Geschwindigkeitsreduktion; Streckensperrungen oder Änderung der Baumethoden.

In Notfallsituationen können Ereignisse eine derart akute Gefahr darstellen (bspw. Umgestürzter Kran, Verletzen des Lichtraumprofils, Einbrechen des Gerüsts, usw.), dass eine sofortige Sperrung der Tram- resp. Trolleybustrasse sowie eine Meldung an die Leitstelle erforderlich sind.

Die Alarmmassnahmen müssen im Überwachungskonzept und im gültigen Sicherheitsdispositiv der Baustelle festgehalten werden.



3.1.2 Grenzwerte in Zahlen

Die folgenden Grenzwerte gelten für den Standardoberbau der VBZ im unbelasteten Zustand. Bei engen Radien bzw. Wannenkuppen oder in Weichen-/Kreuzungsanlagen kann die VBZ strengere Werte definieren.

$V_R \leq 18\text{km/h}$	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Verwindung	1.5‰	2.5‰	3.3‰
Vert. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 15mm	+/- 42mm
Horiz. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 8mm	+/- 10mm
Spurweite	+/- 0mm*	Spezial**	Spezial**

$18 < V_R \leq 36\text{km/h}$	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Verwindung	1.5‰	2.5‰	3.3‰
Vert. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 15mm	+/- 39mm
Horiz. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 8mm	+/- 10mm
Spurweite	+/- 0mm*	Spezial**	Spezial**

$36 < V_R \leq 48\text{km/h}$	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Verwindung	1‰	1.5‰	2‰
Vert. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 10mm	+/- 22mm
Horiz. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 8mm	+/- 10mm
Spurweite	+/- 0mm*	Spezial**	Spezial**

$48 < V_R \leq 60\text{km/h}$	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Verwindung	1‰	1.5‰	2‰
Vert. Pfeilhöhe	+/- 3mm	+/- 6mm	+/- 14mm
Horiz. Pfeilhöhe	+/- 5mm	+/- 8mm	+/- 10mm
Spurweite	+/- 0mm*	Spezial**	Spezial**

Bemerkungen:

- Die Grenzwertzahlen der Aufmerksamkeitswerte müssen mit einer 95% Sicherheitswahrscheinlichkeit (zwei Sigma [σ]) erkennbar sein.
- Horizontale und vertikale Pfeilhöhen: Die Basis beträgt 10 m.
- Verwindung: die Basis beträgt 5 m.
- *Spurweite: Grenzwerte für Messung mit Spurlehre unter Berücksichtigung von Verschleiss und Messgenauigkeit.
- Spezial**: Bei Überschreitung des Aufmerksamkeitswertes +/- 0mm ist zwingend Rücksprache mit Anlagen-Verantwortlichem Erhaltung VBZ zu nehmen.

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



3.1.3 Sonderfall Verwindung

Die Grenzwerte müssen als absolute Toleranzen verstanden werden; und dürfen nicht zur Verwindung der bestehenden Überhöhungsrampe addiert werden. Massgebend ist die Gesamtverwindung und nicht die Differenz zur Soll-Lage oder zur Nullmessung. Übersteigt die Nullmessung die Grenzwerte, so gelten die Massnahmen nach Kapitel 3.1.1 uneingeschränkt.

WICHTIG

Falls sich der Bauperimeter im Bereich einer Kurve befindet, sind auch Verwindungen möglich, welche eine negative Überhöhung zur Folge haben. Sobald eine negative Überhöhung aufgrund einer Verwindung eintritt, welche den absoluten Wert von - 0.5‰ überschreitet, gelten die Massnahmen für die Soforteingriffswerte.

4. Mess - Parameter

4.1 Messintervall

Vor Beginn der Bauarbeiten ist eine Nullmessung durchzuführen. Beim Erstellen der Baugrube sind dem Arbeitsfortschritt entsprechend Folgemessungen durchzuführen. Insbesondere sind das Rammen von Spundwänden, das Erstellen von Ankern, das Entspannen der Anker und das Ziehen der Spundwände oder andere Tätigkeiten, welche ein erhöhtes Risiko zur Gleisdeformation darstellen, intensiver zu überwachen.

Das Messintervall richtet sich somit nach den anstehenden Baumassnahmen und muss im Überwachungskonzept festgelegt werden.

Die Intervalle können bei nur geringen Gleislagenänderungen und je nach Baumassnahme angepasst werden (in Absprache mit den Anlageverantwortlichen der VBZ). Die Schlussmessung hat nach Beendigung der Baustelle und wenn sich zeigt, dass die Gleisdeformationen abgeklungen sind, zu erfolgen.

- Nullmessung vor Inangriffnahme der Bautätigkeiten
- Messintervall während
 - den Vorarbeiten
 - den Hauptarbeiten
 - den Nacharbeiten
 - nach Abschluss der Arbeiten
- Letzte Messung: nach dem relevanten Bauabschluss. Die VBZ behält sich vor, die Messdauer über den Abschluss der Bauarbeiten hinaus zu verlängern (Langzeitsetzungen berücksichtigen).

Der Anlagen-Verantwortliche der VBZ ist von der Bauleitung über jede Veränderung der Messintervalle schriftlich zu informieren.

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



4.2 Messgenauigkeit

Nicht nur die Verschiebungen an den Anlagen haben Einfluss auf die Messergebnisse, sondern auch praktisch unvermeidbare Messungenauigkeiten. Um dem entgegenzuwirken, muss die Messmethode anhand der Grenzwerte angepasst werden.

Dies ist im Messkonzept entsprechend zu definieren. Dazu gehören u.A. die Definition der Messmethode, der Messinstrumente und der Messpunkte. Die Grenzwerte sind geschwindigkeitsabhängig festgelegt.

In der Regel sind Genauigkeitsanforderungen von vertikal $\pm 1\text{mm}$ und horizontal $\pm 2\text{mm}$ (einfache Standardabweichung) erforderlich.

4.3 Alarmierungsablauf

Ein projektspezifisches Alarmierungsschema (Organisation mit Namen und Telefonnummern der zu verständigenden Personen inkl. deren Stellvertreter) muss im Überwachungskonzept enthalten sein.

Die Kommunikation muss für alle Beteiligten direkt und umgehend erfolgen. Sofern Informationen schriftlich kommuniziert werden, ist zwingend eine Rückbestätigung des Empfängers notwendig.

Die Erreichbarkeit der zuständigen Projektbeteiligten ist im Überwachungskonzept zu regeln.

Der Anlagen-Verantwortliche der VBZ ist verpflichtet, das Alarmschema bei allen VBZ-internen Stellen zu kommunizieren.

Der Alarmierungsprozess muss jederzeit eingehalten und die Erreichbarkeit der Projektbeteiligten gewährleistet sein.



5. Überwachung Fahrbahn Tram

5.1 Messmethoden

Für die Überwachung existieren diverse Kontrollmethoden. Die wesentlichsten Methoden sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Bezeichnung	Prinzip	Resultate
Baustellenkontrolle	Visuelle Kontrolle durch Fachpersonal	Meldungen von Unregelmässigkeiten
Gleiswasserwaage	direkte Bestimmung der Gleisüberhöhung	<i>dH</i> der Schienenoberkanten in einem Querschnitt Gleissetzungen/-hebungen und -schiebungen sind nicht erkennbar
Nivellement	Messung der Höhe der Beobachtungspunkte (auf Rillenkopf, nicht Schraube!)	Z-Koordinaten der Beobachtungspunkte zur Bestimmung der Gleishöhe und -überhöhung/-verwindung. Gleisschiebungen sind nicht erkennbar
Deformationsmonitoring mit Tachymeter	Messung der Lage und Höhe der Beobachtungspunkte (bei Rillenschiene auf Rillenkopf, seitlich im Schienensteg oder wenn vorhanden, auf Schwelle)	X, Y und Z-Koordinaten der Beobachtungspunkte. Berechnung der Lage, Höhe, -resp. Überhöhung/Verwindung der Gleise.
Spurlehre	Exakte Messung der Spur	Spurweite

Die zu prüfenden Werte und die Wahl der Messart sind von zentraler Bedeutung und aufgrund der möglichen Auswirkungen sorgfältig zu prüfen und festzulegen:

- Beobachtungspunkte auf Rillenschienen:

Für die Messung der Beobachtungspunkte im Strassenbereich werden zur Markierung und Sicherung der Folgemessungen während der gesamten Messperiode Messkörner in den Rillenkopf der Rillenschiene geschlagen. Die Körner dürfen keinesfalls auf die Fahrfläche geschlagen werden. Die Position der Körner ist zusätzlich farblich zu markieren. Messpunkte auf dem Asphalt sind zu ungenau und nicht zulässig.

Der durch die Messung auf dem Rillenkopf resultierende Fehler zur Nennspurweite vom 1000 mm ($A = -14$ SOK) muss beachtet werden und der Bezug zu SOK muss bei der Nullmessung hergestellt werden. Der Rillenkopfabstand kann mit 900mm angenommen werden.

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



- Beobachtungspunkte auf Schwellen (Tramtunnel, Eigentrasse mit Vignol):

Bei Schwellengleisen können die Messpunkte direkt auf die Schwellen geklebt werden (nicht gebohrt). Der durch die Messung auf der Schwelle resultierende Fehler zur exakten Höhenlage des Gleises muss beachtet werden (exakter SOK-Wert ist massgebend). Der SOK Wert muss bei der Nullmessung in Bezug gesetzt werden.



Abbildung 1: Anordnung der Messkörner auf Rillenkopf Rillenschiene

5.2 Messraster

Der Abstand für die Messungen beträgt 5.00 m. Dies ermöglicht es zu prüfen, ob die Grenz- und Alarmwerte bezüglich Gleislage eingehalten werden. Für die Messungen muss in Absprache mit den VBZ ein Perimeter bestimmt werden, bei dem Setzungen zu erwarten sind. Der Messperimeter ist im Überwachungskonzept auszuweisen. Dieser ist entsprechend zu vergrössern, wenn während den Messungen ausserhalb des festgelten Perimeters Gleislagenänderungen auftreten oder vermutet werden.

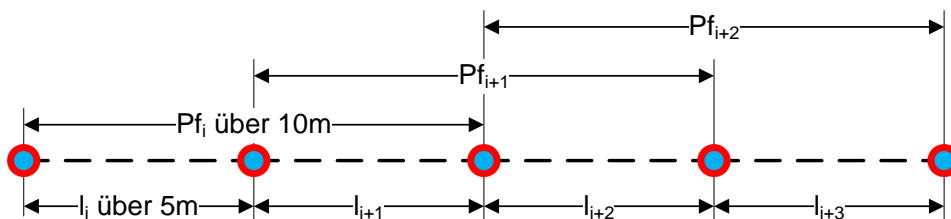


Abbildung 2: Anordnung der Messungen

Die Basis-Abstand von 5m kann in Absprache mit den VBZ verkleinert/vergrössert werden, falls:

- es die lokalen Verhältnisse verlangen, z.B. bei Sichtbehinderung,
- der Raster verdichtet werden muss, z.B. beim Einbezug von relevanten und zu prüfenden Messpunkten im Weichenbereich.



5.3 Messung und Berechnung der Verwindung

Die minimale Anforderung für die Messung der Verwindung ist die Messung mit einer Gleiswasserwaage oder mit einem Nivellement. Die Messabstände betragen 5 m. Massgebend ist die Gesamtverwindung und nicht die Differenz zur Soll-Lage oder zur Nullmessung.

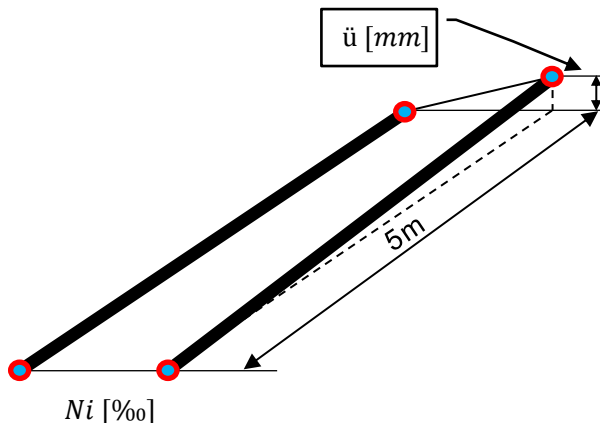


Abbildung 3: Verwindung über 5m

Für die Berechnung der Verwindung wird die Überhöhung \ddot{u} bei jedem Querschnitt bzw. für jede Messung berechnet.

Zur Bestimmung der jeweiligen Verwindung werden die benachbarten Überhöhungen berücksichtigt.

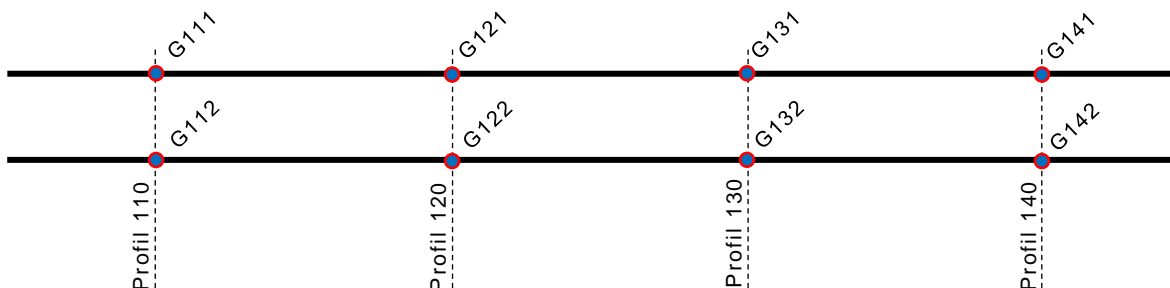
Allgemein gilt:

$$N_i = \frac{\ddot{u}_i - \ddot{u}_{i-1}}{l_i} \quad l_i: \text{Abstand zwischen 2 Messquerschnitten (z.B. 5 m)}$$

$$N_{i+1} = \frac{\ddot{u}_{i+1} - \ddot{u}_i}{l_{i+1}}$$

Die Verwindungen sind mit den Grenzwerten zu vergleichen.

Anwendungsbeispiel der allgemeinen Formel:



Die G-Messpunkte werden in Metern angegeben (G111...G142 [m]).

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



Berechnung Überhöhung \ddot{u} [mm]:

$$\ddot{u}_{G110} = 1000 * (G111 - G112)$$

$$\ddot{u}_{G120} = 1000 * (G121 - G122)$$

$$\ddot{u}_{G130} = 1000 * (G131 - G132)$$

$$\ddot{u}_{G140} = 1000 * (G141 - G142)$$

Berechnung Verwindung N [%]:

$$N_{\ddot{u}_{G110}-G120} = \frac{\ddot{u}_{G110} - \ddot{u}_{G120}}{5m} * \frac{1000}{900}$$

$$N_{\ddot{u}_{G120}-G130} = \frac{\ddot{u}_{G120} - \ddot{u}_{G130}}{5m} * \frac{1000}{900}$$

$$N_{\ddot{u}_{G130}-G140} = \frac{\ddot{u}_{G130} - \ddot{u}_{G140}}{5m} * \frac{1000}{900}$$

5.4 Messung und Berechnung der Gleissetzlagenänderung

Für die Messung der absoluten Höhen (SOK) muss mindestens eine Messung mit einem Nivellement erfolgen. Die Basis der Messung beträgt 10m.

Es wird nicht verlangt, dass die Höhe der Gleisachse bei der Nullmessung mit dem Soll-Längenprofil verglichen wird. In diesem Sinn werden die vertikalen Abweichungen erst bei den Folgemessungen berechnet. Die Einbindung der Punkte zur Berechnung der Abweichungen zum Soll-Längenprofil mit einem Trassierungsprogramm ist daher nicht nötig.

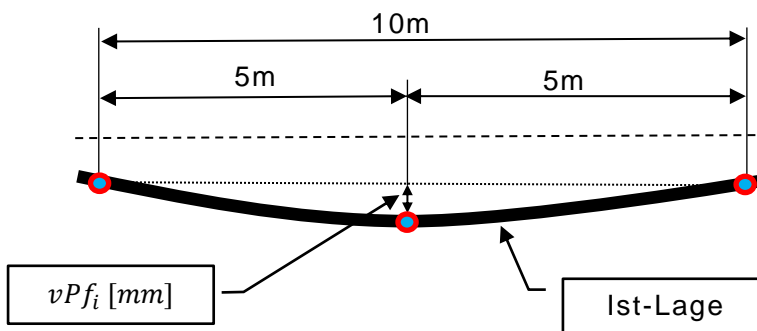


Abbildung 4: Pfeilhöhen über 10m

Falls die theoretischen Pfeilhöhen ($Pf Rv$) der vertikalen Ausrundungsradien für die Überwachung von Relevanz sind, werden diese durch die VBZ zur Verfügung gestellt.

für eine Basis von 10m: $Pf Rv = Rv - \sqrt{Rv^2 - 5^2}$.

Die vertikalen Abweichungen ($v Abw$) zur Nullmessung werden bei jedem Querschnitt bzw. für jede Folgemessung berechnet: $v Abw_i = H SOK_i - H SOK_0$

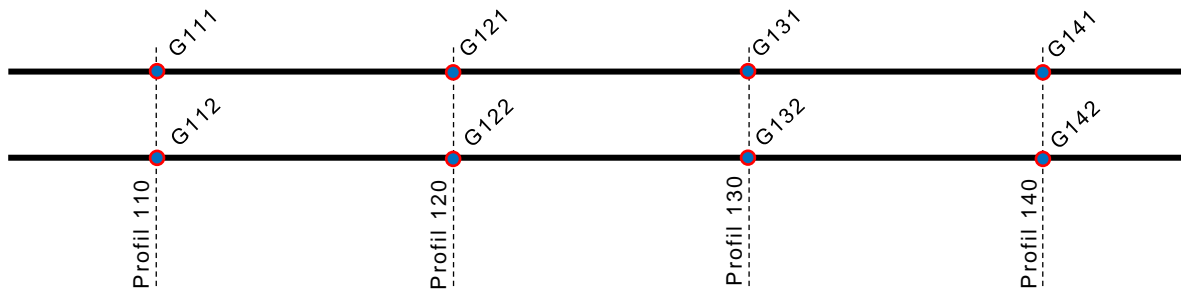
Die vertikalen Pfeilhöhen ($v Pf$) werden bei jedem Querschnitt bzw. für jede Messung (inkl. Nullmessung) auf Basis der benachbarten Höhen berechnet:

$$v Pf_i = H SOK_i - \frac{H SOK_{i-1} + H SOK_{i+1}}{2} - Pf Rv$$

Die vertikalen Pfeilhöhen sind mit den Grenzwerten zu vergleichen.



Anwendungsbeispiel der allgemeinen Formel:



Die G-Messpunkte werden in Metern angegeben.

Berechnung Höhe Gleisachse H_{SOK} [m]:

$$H_{SOK\ 110} = \frac{G_{111} - G_{112}}{2}$$

$$H_{SOK\ 120} = \frac{G_{121} - G_{122}}{2}$$

$$H_{SOK\ 130} = \frac{G_{131} - G_{132}}{2}$$

$$H_{SOK\ 140} = \frac{G_{141} - G_{142}}{2}$$

Berechnung Vertikalen Pfeilhöhe $V Pf$ [mm]: $V Pf_{120} = H_{SOK\ 120} - \frac{H_{SOK\ 110} + H_{SOK\ 130}}{2}$

$$V Pf_{130} = H_{SOK\ 130} - \frac{H_{SOK\ 120} + H_{SOK\ 140}}{2}$$

$$V Pf_{140} = H_{SOK\ 140} - \frac{H_{SOK\ 130} + H_{SOK\ 150}}{2}$$

5.5 Messung und Berechnung der Gleisschiebungen

Die minimale Anforderung für die Messung der absoluten Y/X-Koordinaten der Beobachtungspunkte ist eine geodätische Aufnahme mit einem Tachymeter. Die Basis der Messung beträgt 5m.

Bei der Nullmessung muss die Position der Gleisachse nicht mit der Soll-Lage des Gleises verglichen werden. Insofern wird die Null-Messung als Soll-Lage angesehen und die Folgemessung wird mit dieser verglichen. Die horizontalen Abweichungen sind bei jedem Querschnitt senkrecht zur Gleisachse und für jede Folgemessung zu rechnen.

Die horizontalen Pfeilhöhen ($h Pf$) muss bei jedem Querschnitt bzw. für jede Folgemessung auf Basis der benachbarten horizontalen Abweichungen zur Nullmessung berechnet werden.

$$h Pf_i = h Abw_i - \frac{h Abw_{i-1} + h Abw_{i+1}}{2}$$

Die horizontalen Pfeilhöhen sind mit den Grenzwerten zu vergleichen.



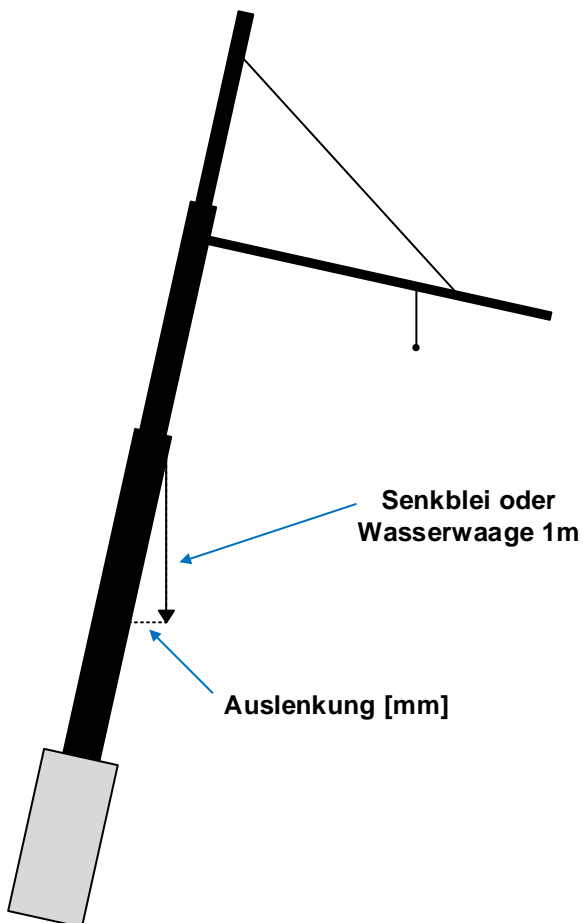
5.6 Messung und Berechnung der Spurweite

Die Messung der Spurweite erfolgt mittels einer Spurlehre. Die in der Tabelle unter Punkt 3.1.2 „Grenzwerte in Zahlen“ genannten Werte sind einzuhalten. Bei längeren Messperioden kann sich die Spurweite aufgrund natürlicher Abnutzung verändern. Diesem Umstand wird im Rahmen des Reviews der Messresultate durch den Anlagen-Verantwortlichen der VBZ Rechnung getragen (kontinuierliche Spurerweiterung).

6. Überwachung Fahrleitung Tram und Trolleybus

Bei der Überwachung von Fahrleitungen muss die Tragsicherheit und die Einhaltung der Fahrdrähtlage sichergestellt werden. Die Lage der Fahrdrähte kann sich verändern, wenn sich das Fundament bewegt. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass das Fundament stabil bleibt.

Demnach müssen Änderungen am Fundament (insbesondere Neigungen und Verschiebungen längs oder quer) beachtet werden.



A: Auslenkung

dH: Höhenunterschied der Beobachtungspunkte

Neigungsveränderung:

$$\alpha[mm/m] = \frac{A[mm]}{dH[m]}$$



Grenzwerte (gelten für alle Geschwindigkeiten):

	Aufmerksamkeitswert	Interventionswert	Soforteingriffswert
Neigungsveränderung	$\alpha = 5 \text{ mm/m}$	$\alpha = 10 \text{ mm/m}$	*
Setzung	20 mm	30 mm	*
Schiebung	10 mm	20 mm	*

*) Beim Erreichen der Interventionswerte werden die Soforteingriffswerte für die entsprechenden Messperimeter definiert. Eine globale Definition ist aufgrund der unterschiedlichen Fahrdrachtlage (Zick-Zack) nicht möglich. Die Definition erfolgt durch den Anlagen-Verantwortlichen der VBZ.

Nach Beendigung der Bauarbeiten entscheidet der Bereich Erhaltung, ob eine Nachmessung resp. Justierung der Fahrdrachtlage vorzunehmen ist.

7. Überwachung Weichen

Da Zungenvorrichtungen, Herzstücke und Weichenantriebe bereits bei geringen Lageverschiebungen sehr stark reagieren, muss dessen Überwachung mit dem Anlagen-Verantwortlichen Erhaltung der VBZ zwingend vorgängig abgeklärt werden.

Somit können Ergänzungsmassnahmen im Überwachungskonzept frühzeitig angeordnet werden.

8. Überwachung von Flachrillenanlagen

Teile von Kreuzungen sind bei den VBZ als Flachrillenanlagen konstruiert. Bei diesen ist nicht SOK massgebend, sondern die Trams fahren auf dem Spurrand resp. auf dem Rillengrund durch die Anlage. Bei solchen Anlagen muss dessen Überwachung mit dem Bereich Erhaltung der VBZ zwingend vorgängig abgeklärt werden.

9. Überwachung Hilfsbrücken Tram

Die gültigen Randbedingungen und Grenzwerte werden im Einzelfall durch die Abteilung Fachlead Fahrweg der VBZ definiert.

10. Visuelle Überwachung

Die visuellen Überwachung, müssen durch von der VBZ geschulte und befähigte Personen erfolgen (z.B. Polier, Bauleitung, usw.).

Sämtliche Ereignisse, Beurteilungen und Anweisungen sind in geeigneter Form festzuhalten und dem Anlagen-Verantwortlichen der VBZ zur Verfügung zu stellen.

Unternehmensbereich	Luggwegstrasse 65	Dok-Nr.	RLV230044_SMS_SR
Infrastruktur	Postfach 8048 Zürich	Version	1.0
	www.vbz.ch	Datum	8.3.2017
		Verantw.	E. De Cassan / IKF



11. Schadensgrenze

11.1 Definition

Von der Schadensgrenze wird dann gesprochen, wenn die Einwirkungen auf die Trassen und Anlagen der VBZ so stark sind, dass diese irreparable Schäden hinterlassen. Irreparable Schäden haben meist andauernde betriebliche Einschränkungen sowie eine Kürzung der Lebensdauer zur Folge. Beides ist mit einem finanziellen Schaden für die VBZ verbunden.

11.2 Verursacherprinzip

Für Schäden an Trassen und Anlagen haftet entsprechend der Verursacher. Das heisst, bei auftretenden Schäden die eine Wertverminderung der Anlagen zur Folge haben wird nach Abschluss sämtlicher Arbeiten und dem allfälligen Abwarten einer weiteren projektbezogenen, von den VBZ zu definierenden Setzungsfrist, die Anlage wieder instand gestellt.

Der Schaden ist gestützt auf die Wertverminderung und unter Berücksichtigung des Zeitwerts der Anlage vom Verursacher zu tragen. Der genaue Schlüssel eines allfälligen Kostenteilers wird von der Rechtsabteilung der VBZ fallbezogen ausgearbeitet.

11.3 Schadenspotenzial

Eine Schätzung des möglichen Schadenpotenzials muss im Vorfeld der Bauarbeiten mit dem Anlagen-Verantwortlichen der Abteilung Erhaltung der VBZ vorgenommen werden. Die Höhe des Schadenpotenzials wird anhand der Kosten für einen Neubau des betroffenen Streckenabschnittes berechnet und weist deshalb eine gewisse Ungenauigkeit auf. Aus dieser Schätzung lässt sich für einen allenfalls darüber hinausgehenden Schaden keinerlei Haftung der VBZ ableiten.

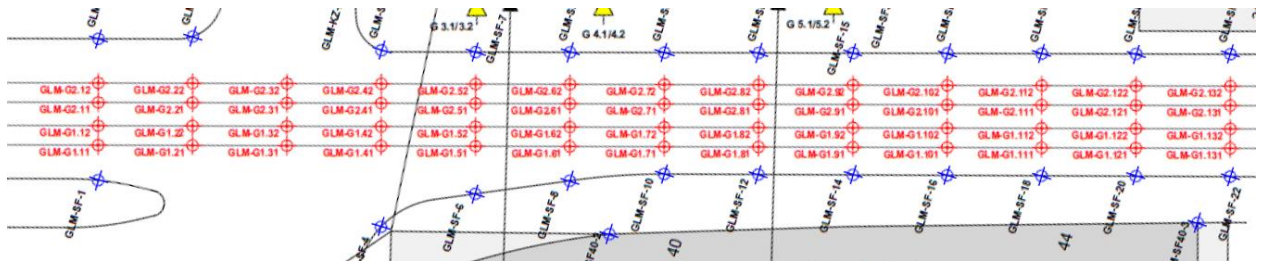


12. Anhang

12.1 Beispiele Messreihen

Die Darstellung der jeweiligen Messresultate ist elementar für die Interpretation der Daten. Die hier dargestellten Tabellen und Diagramme sind als Beispiel zu verstehen.

Messreihen mit Messpunkten alle 5 Meter (rote Punkte). Die blauen Punkte sind Messungen, welche zusätzlich von der Strasse gemacht werden und sind für die VBZ nur bedingt relevant.



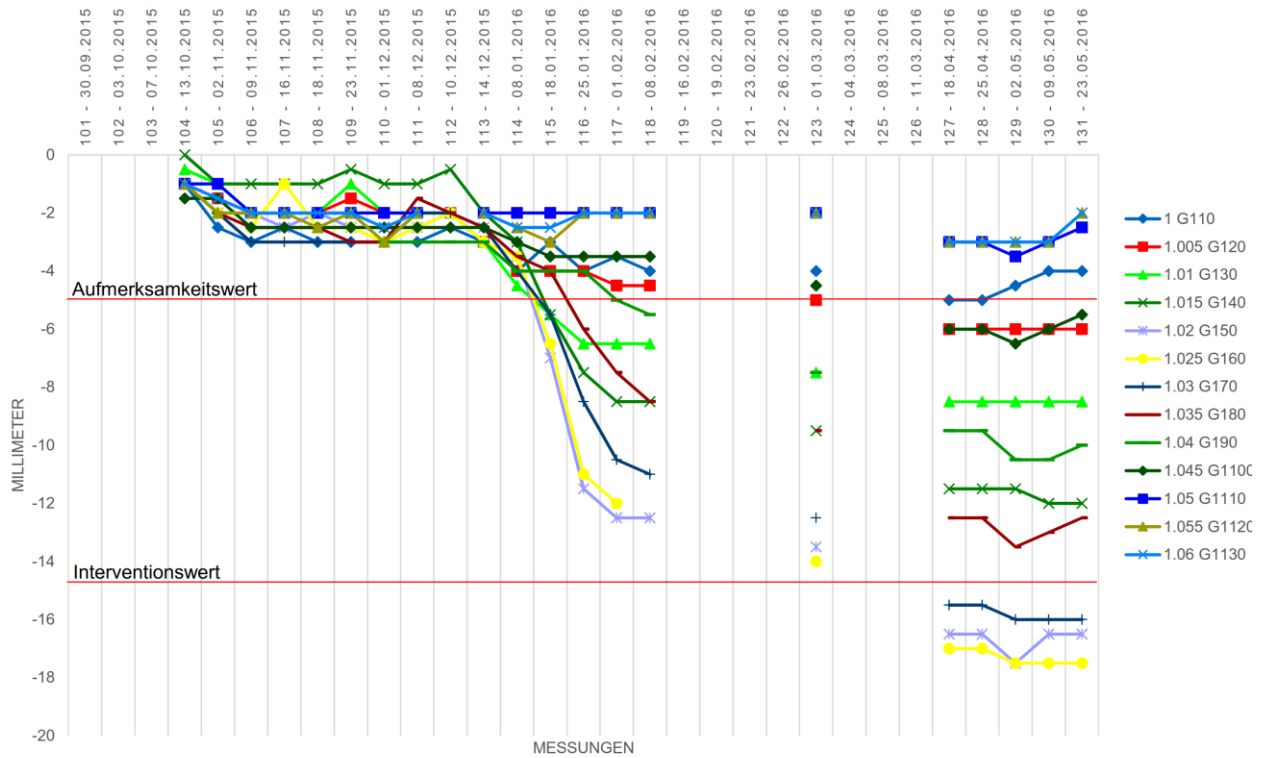
Es empfiehlt sich für jedes Gleis eine einzelne Tabelle zu führen.

Gleis 1	Fahrtrichtung		Nullmessung	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung	Messung
			100	104	105	106	107	108	109	110	111
km	Strang	Punkt	10.09.2015	13.10.2015	02.11.2015	09.11.2015	16.11.2015	18.11.2015	23.11.2015	01.12.2015	08.12.2015
1	R	G111	408.202	408.201	408.2	408.2	408.2	408.199	408.2	408.199	408.199
	L	G112	408.21	408.209	408.208	408.208	408.208	408.208	408.208	408.208	408.208
1.005	R	G121	408.224	408.224	408.223	408.223	408.223	408.223	408.223	408.223	408.223
	L	G122	408.232	408.231	408.23	408.23	408.23	408.23	408.23	408.23	408.23
1.01	R	G131	408.24	408.24	408.239	408.239	408.239	408.238	408.239	408.239	408.239
	L	G132	408.247	408.247	408.246	408.246	408.246	408.246	408.246	408.246	408.246
1.015	R	G141	408.253	408.253	408.252	408.252	408.252	408.252	408.253	408.252	408.252
	L	G142	408.261	408.261	408.26	408.26	408.26	408.26	408.26	408.26	408.26
1.02	R	G151	408.269	408.269	408.268	408.268	408.268	408.268	408.268	408.268	408.268
	L	G152	408.274	408.273	408.273	408.273	408.272	408.273	408.273	408.273	408.273
1.025	R	G161	408.286	408.286	408.286	408.285	408.285	408.285	408.285	408.285	408.285
	L	G162	408.291	408.291	408.29	408.29	408.29	408.29	408.29	408.29	408.29
1.03	R	G171	408.306	408.306	408.305	408.305	408.305	408.305	408.304	408.304	408.305
	L	G172	408.312	408.311	408.311	408.31	408.31	408.31	408.31	408.31	408.31
1.035	R	G181	408.328	408.327	408.327	408.326	408.326	408.326	408.326	408.326	408.326
	L	G182	408.334	408.333	408.332	408.332	408.332	408.332	408.331	408.331	408.332
1.04	R	G191	408.339	408.338	408.338	408.337	408.337	408.337	408.337	408.337	408.337
	L	G192	408.343	408.342	408.342	408.341	408.341	408.341	408.341	408.341	408.341
1.045	R	G1101	408.373	408.372	408.372	408.372	408.372	408.372	408.372	408.371	408.372
	L	G1102	408.378	408.377	408.377	408.376	408.376	408.376	408.376	408.376	408.376
1.05	R	G1111	408.379	408.378	408.377	408.377	408.377	408.377	408.377	408.377	408.377
	L	G1112	408.388	408.388	408.387	408.387	408.387	408.386	408.387	408.386	408.386
1.055	R	G1121	408.405	408.404	408.404	408.403	408.403	408.403	408.403	408.403	408.403
	L	G1122	408.414	408.414	408.413	408.413	408.413	408.413	408.413	408.412	408.413
1.06	R	G1131	408.417	408.417	408.416	408.416	408.416	408.416	408.416	408.416	408.416
	L	G1132	408.43	408.429	408.429	408.428	408.428	408.428	408.428	408.428	408.428

Die Darstellung der Setzungen kann auf verschiedene Arten erfolgen. In der hier gezeigten Darstellung wurde jedes Gleis einzeln betrachtet und deren Entwicklung dargestellt.

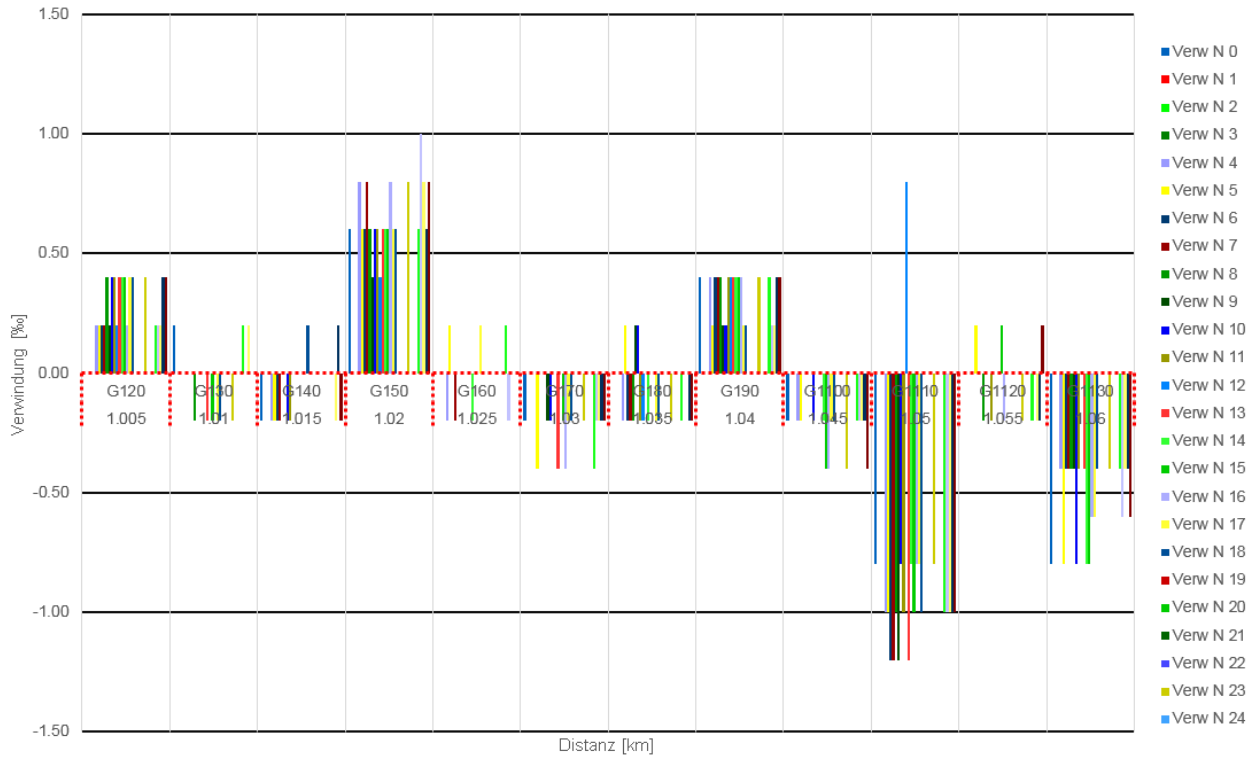
Die Differenz der zwei Schienen wird mit der Verwindung erfasst. Somit ist dieses Vorgehen legitim.

Unternehmensbereich Luggwegstrasse 65 Dok-Nr. RLV230044_SMS_SR
 Infrastruktur Postfach 8048 Zürich Version 1.0
 www.vbz.ch Datum 8.3.2017
 Verantw. E. De Cassan / IKF



Gut erkennbar sind auch die Auswirkungen von fehlenden Messungen. So wird die Überschreitung der Interventionsgrenze zu spät erfasst. Bei diesen Messungen wurde nur das Umfeld, nicht aber die Schienen selbst gemessen.

Die Darstellung der Verwindungen gestaltet sich komplizierter, vor allem deren Interpretation. Die hier dargestellten Messpunkte beinhalten wiederum je eine Messachse. Bei der Nullmessung ergibt sich eine Ist-Verwindung. Diese muss dann als Nullwert eingepflegt werden. Die Differenz dazu zeigt die Abweichungen zum Nullwert. Die einzelnen Messungen sind hier innerhalb der einzelnen Messachsen zusammengefasst und die Abweichungen sind erkennbar.



Gut erkennbar sind in diesem Beispiel die Abweichungen von der Nullmessung.

Selbstverständlich gibt es noch zahlreiche Varianten, wie die Messungen ausgewertet und dargestellt werden können. Wichtig ist eine konsequente und gleichbleibende Variante.