

Bedingungen für Bauvorhaben in Gleisnähe der BVB

AW_11.02.0002.0001. Version 01



Verfasst von

Weber Fadri, BVB-Infrastruktur Projekte & Standards, Projektleiter
Eng Matthias, Rapp Infra AG, Basel

Gültig ab:

31.12.2020

Gültig bis:

auf Widerruf

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	5
1.1	Ausgangslage und Zweck.....	5
1.2	Geltungsbereich.....	5
1.3	Übergeordnete und zugehörige Dokumente (nicht abschliessend).....	5
1.4	Zuständigkeiten BVB.....	6
2	Messkonzept Inhalt, Methoden, Definitionen.....	7
2.1	Allgemeines, Zuständigkeit und Genehmigung, Sicherheit.....	7
2.2	Inhalt des Überwachungskonzepts.....	7
2.3	Definition des Messperimeters und des Messrasters.....	8
2.4	Definition der Überwachungsart.....	8
2.5	Messintervall.....	9
2.6	Messgenauigkeit.....	10
2.7	Definition verschiedener Grenzwerte von Bahnanlagen (Beschrieb).....	10
2.8	Art der Dokumentation.....	11
2.9	Alarmierungsablauf.....	12
2.10	Grenzwerte für Gleisanlagen in Zahlen.....	12
2.11	Grenzwerte Neigung und Verschiebung der Fahrleitung in Zahlen.....	14
3	Begriffserklärungen, Standorte Beobachtungspunkte.....	14
3.1	Verwendete Begriffe und Abkürzungen.....	14
3.2	Beobachtungspunkte Höhe auf Fahrschienenkopf (Nivellement).....	15
3.3	Beobachtungspunkte für Lage und Höhe.....	16
3.4	Überwachung von Flachrillenanlagen.....	16
3.5	Überwachung Weichen.....	17
3.6	Überwachung Fahrleitung Tram.....	17
3.7	Überwachung Hilfsbrücken Tram.....	17
3.8	Visuelle Überwachung.....	17
4	Berechnungsformeln der Messresultate.....	17
4.1	Messung der Überhöhung \ddot{u} und Berechnung der Gleisachshöhe H	18
4.2	Messung und Berechnung der Verwindung N	19
4.3	Berechnung der vertikalen Abweichungen v Abw.....	19
4.4	Berechnung der vertikalen Pfeilhöhe v Pf.....	20
4.5	Berechnung der horizontalen Gleisschiebungen h Abw.....	20
4.6	Berechnung der horizontalen Pfeilhöhe h Pf.....	21
4.7	Messung und Berechnung der Spurweite.....	21
4.8	Messung und Berechnung der Neigung / Verschiebung der Fahrleitung.....	22
5	Schadensgrenze.....	23
5.1	Definition.....	23
5.2	Verursacherprinzip.....	23
5.3	Schadenspotenzial.....	23
6	Beispiele für Grafiken und Tabellen.....	23
6.1	Beispiel Situationsplan.....	23

6.2	Beispiel einfache Setzungstabelle	24
6.3	Beispiel Setzungstabelle mit Verwindung und vertikaler Pfeilhöhe.....	25
6.4	Beispiel grafische Darstellungen vertikale Veränderung Gleisachse.....	26
6.5	Beispiel grafische Darstellungen vertikale Pfeilhöhe	26
6.6	Beispiel grafische Darstellungen Verwindung.....	27
6.7	Tabelle mit horizontaler Abweichung / Pfeilhöhe	27
6.8	Beispiel Tabelle Setzung, Verschiebung und Neigung Fahrleitung	28
7	Fotodokumentation Beobachtungspunkte.....	28
7.1	Nivellement Fahrschienenkopf Vignol.....	28
7.2	Nivellement Fahrschienenkopf Rillenschiene	29
7.3	3D-Messung Vignolschiene	29
7.4	3D-Messung Rillenschiene	30
7.5	3D-Monitoring auf Schwelle	30
8	Entscheidungsdiagramm.....	31

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Definition Messperimeter und Messraster.....	8
Abb. 2:	Rillengleis.....	15
Abb. 3:	Vignolgleis.....	16
Abb. 4:	Anordnung des Messrasters im Normalfall (2m Messquerschnitt).....	18
Abb. 5:	Messung und Berechnung Überhöhung $ü$ / Gleisachshöhe H	18
Abb. 6:	Messung und Berechnung Verwindung	19
Abb. 7:	Berechnung Pfeilhöhe v Pf.....	20
Abb. 8:	Berechnung der horizontalen Gleisschiebungen h Abw	21
Abb. 9:	Messung der Spurweite	22
Abb. 10:	Messung und Berechnung der Neigung / Verschiebung der Fahrleitung	22
Abb. 11:	Beispiel Situationsplan	24
Abb. 12:	Beispiel einfache Setzungstabelle	24
Abb. 13:	Beispiel Setzungstabelle mit Verwindung und vertikaler Pfeilhöhe.....	25
Abb. 14:	Beispiel Setzungsdiagramm Gleisachshöhe.....	26
Abb. 15:	Beispiel grafische Darstellungen vertikale Pfeilhöhe	26
Abb. 16:	Beispiel Verwindungsdiagramm.....	27
Abb. 17:	Tabelle mit horizontaler Abweichung / Pfeilhöhe	27
Abb. 18:	Beispiel Tabelle Setzung, Verschiebung und Neigung Fahrleitung	28
Abb. 19:	Markierung des Messpunktes an der Außenkante der Fahrschiene.....	28
Abb. 20:	Körnerloch auf dem Rillenkopf und Markierung auf dem Belag, Messung auf Fahrschienenkopf.....	29
Abb. 21:	Mini-Lotstock zentriert auf markiertem Messpunkt auf Gleisschwelle.....	29

Abb. 22: Mini-Lotstock zentriert auf Körnerloch der Rillenschiene 30
 Abb. 23: Monitoring-Primen mit Konsolen direkt auf Schwelle geklebt 30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überwachungsmethoden..... 9
 Tabelle 2: Definition der Grenzwerte 11
 Tabelle 3: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $V_R \leq 18$ Km/h 13
 Tabelle 4: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $18 < V_R \leq 36$ Km/h 13
 Tabelle 5: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $48 < V_R \leq 60$ Km/h 13
 Tabelle 6: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $48 < V_R \leq 60$ Km/h 13
 Tabelle 7: Grenzwerte Neigung und Verschiebung der Fahrleitung..... 14
 Tabelle 8: Begriffe Berechnung Gleisverwindung 14
 Tabelle 9: Begriffe Berechnung Setzungen/Hebungen 14
 Tabelle 10: Begriffe Berechnung der Lageverschiebung 15
 Tabelle 11: Begriffe Berechnung der Neigung 15

1 Allgemeines

1.1 Ausgangslage und Zweck

Bei Bauvorhaben in der Nähe von Bahnanlagen der BVB besteht die Gefahr von Gleislage- oder Mastlageänderungen (z.B. Setzungen oder Verwindungen). Dies kann zu grossen Einschränkungen im Betrieb oder sogar zur Betriebseinstellung führen.

Das vorliegende Dokument zeigt den Bauherren und Unternehmern auf:

- wer für die Überwachung der Bahnanlagen, die zu kontrollierenden Anlagenteile, die zu prüfenden Parameter und deren Grenzwerte zuständig ist.
- welche Überwachungsmassnahmen in der Bauphase notwendig sind, um bei kritischen Lageänderungen zu intervenieren und Schadensminderung zu betreiben.
- ab welcher Gleislage- resp. Mastlageänderung eine Information oder Intervention notwendig ist.
- wie der Meldeprozess im Falle von Unregelmässigkeiten ist.

Ziel einer Überwachung ist es, sicherzustellen, dass der Normalbetrieb des Tramverkehrs jederzeit gewährleistet werden kann. Unter einer Überwachung wird eine geodätische und/oder geotechnische Messkontrolle sowie visuelle Prüfung von angrenzenden Objekten auf Deformationen verstanden.

1.2 Geltungsbereich

Bei all denjenigen Baustellen, bei denen das Risiko von Gleislage- und Mastlageänderungen oder Deformationen an Bahnanlagen 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 BVB.

1.3 Übergeordnete und zugehörige Dokumente (nicht abschliessend)

Insbesondere nachfolgende Bestimmungen sind für das vorliegende Dokument von zentraler Bedeutung oder wurden für die Erstellung dieser Dokumentation beigezogen:

- Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung, EBV, SR 742.141.1)
- Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV)
- Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV, SR 832.311.141)
- Art. 110 der SIA Norm 118 (Sorgfaltspflicht des Unternehmers)
- FO_E2_I-50009_DE Überwachung der Bahntechnikanlagen bei gleisnahen Baustellen, Regelwerk SBB

1.4 Zuständigkeiten BVB

Das Erhaltungsmanagement ist Eigentümer (-vertreter) der Bahninfrastruktur und verantwortet sowohl die Anlagen auf Boden Basel-Stadt im Eigentum der BVB, wie auch die Anlagen auf Boden Basel-Landschaft, Deutschland und Frankreich, welche im Auftrag des jeweiligen Eigentümers von der BVB unterhalten und überwacht werden.

Die Beurteilung, ob eine Infrastrukturanlage im Zuge eines Bauprojektes messtechnisch zu überwachen ist, obliegt den Anlagenmanagern der BVB. Diese sind für Anfragen unter erhaltungsmanagement@bvb.ch zu kontaktieren.

Die Festlegung der Art der Überwachung richtet sich nach den Angaben in den folgenden Kapiteln.

2 Messkonzept Inhalt, Methoden, Definitionen

2.1 Allgemeines, Zuständigkeit und Genehmigung, Sicherheit

Sobald bei Baumassnahmen die Gefahr von Auswirkungen auf ein angrenzendes Tramtrasse besteht, ist vor Beginn der Bauten in Zusammenarbeit mit BVB-I zwingend zu prüfen, ob eine Überwachung des Zustandes der Gleis- und Fahrleitungsanlage notwendig ist. Das Entscheidungsdiagramm (Kap. 8) hilft die von BVB-I geforderten Massnahmen vorzusehen.

Die BVB bestimmen im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens, ob der Bauherr ein Überwachungskonzept zu erstellen und den BVB zur Genehmigung einzureichen hat. Im Falle von Unklarheiten bei der Erarbeitung des Konzeptes, bietet die BVB-I Unterstützung.

Die Erstellung des Überwachungskonzeptes kann durch ein vom Bauherrn beauftragtes Ingenieurbüro ausgeführt werden. Das Konzept muss in der Regel 30 Tage vor Baubeginn der BVB-I zur Prüfung vorgelegt werden. Die Genehmigung muss vor Baubeginn vorliegen, damit die Nullmessungen aussagekräftig erfolgen können.

Diese Frist ist je nach Verhältnissen (Grösse der Baustelle, geplante Submissionen, Aufbau der Organisation, usw.) zu verlängern und mit der Fachstelle der BVB-I zu vereinbaren, damit eine rechtzeitige Genehmigung gewährleistet ist.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass im Allgemeinen bei Arbeiten im Gleisbereich unter Betrieb die Ausführenden durch einen Sicherheitswärter begleitet werden müssen. Die Kosten gehen zu Lasten des Bauherrn. BVB-V definiert die Anforderungen an das Sicherheitsdispositiv.

2.2 Inhalt des Überwachungskonzeptes

Ein Überwachungskonzept muss folgende Informationen enthalten:

- Allgemeine Informationen zum Projekt, wie Projektbeschreibung, Projektorganisation, Objektskizze, Zeitraum und Termine usw.
- Gefährdungen; für die Beurteilung des Betriebszustandes ist die Unterscheidung wichtig, ob es sich um eine Gleiserhaltung oder einen Gleisneubau handelt.
- Weitere Bestandteile des Überwachungskonzeptes
 - Definition des Messperimeters
 - allfällige Ergänzungsmassnahmen bei Flachrillenanlagen
 - Messraster (Abstand der Beobachtungspunkte)
 - Messmethode (z.B. reine Höhenmessung oder 3D-Überwachung)
 - Kontrolle von Fahrleitungsmasten
 - Messgenauigkeit
 - Messintervalle (wie häufig soll gemessen werden, Prüfen des Einsatzes eines halb-/vollautomatischen Monitorings oder manueller Messungen)
 - Grenz- und Alarmwerte (gemäss Vorgabe BVB-I)
 - Art der Dokumentation (Tabellen oder zusätzliche grafische Darstellung)
- Alarmierungsablauf (Informationsschema in Abhängigkeit der Alarmwerte, Definition der Personen mit Telefon/Mobile/E-Mail)
- mögliche Massnahmen

2.3 Definition des Messperimeters und des Messrasters

Der Überwachungsbereich erstreckt sich im Normalfall mindestens beidseitig 10 m über den Baustellenbereich hinaus (Vergrößerung in Abhängigkeit der Baumassnahme). Ein Baustellenbereich umfasst Unterquerungen oder an die Bahn angrenzende Baugruben.

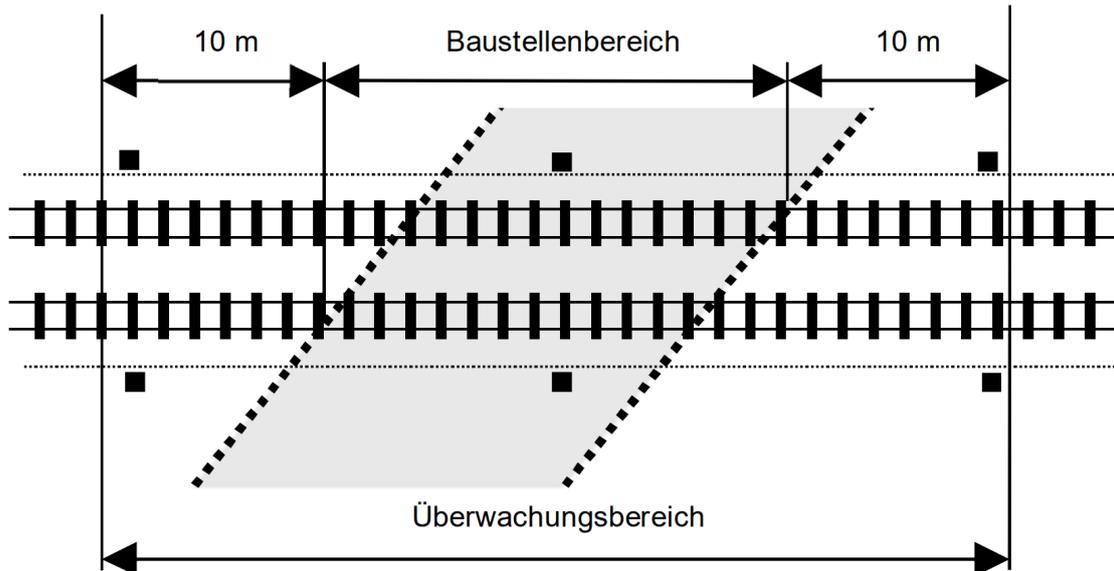


Abb. 1: Definition Messperimeter und Messraster

In der Regel beträgt der Abstand des Messrasters oder der Messquerschnitte 2 m. Abweichungen davon sind durch BVB-I zu genehmigen.

Fahrleitungsmasten innerhalb des Messperimeters sind auf ihre Gefährdung zu prüfen und gegebenenfalls auch zu überwachen.

Die Überwachungspunkte sind in einem Situationsplan darzustellen.

2.4 Definition der Überwachungsart

Auf Grund der Gefährdung der Gleisanlage wird definiert, ob eine Höhenüberwachung ausreicht oder ob zusätzliche Bestimmungen der Lageverschiebungen (3D-Messung) angebracht sind.

Wenn die Gefährdung ein zeitlich kurzes Messintervall erfordert und sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, ist abzuklären, ob ein halb- oder voll-automatisches Monitoring die wirtschaftlichere Lösung zur Bestimmung von Deformationen ist. In diesem Fall sprechen wir von einem Geo-Monitoring.

Bei Fahrleitungsmasten werden üblicherweise Veränderungen der Neigung und bei Bedarf die 3D-Veränderung des Sockels bestimmt. Diese Werte liefern Aufschluss einer möglichen Verletzung des Lichttraums und ermöglichen die Erkennung einer kritischen Verschiebung des Fahrdrahtes.

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

Bezeichnung	Prinzip	Resultate
Baustellenkontrolle	Visuelle Kontrolle	Meldungen von Unregelmässigkeiten
Gleiswasserwaage	Direkte Bestimmung der Gleisüberhöhung	dH der Schienenoberkanten in einem Querschnitt
Spurlehre	Exakte Messung der Spur	Spurweite
Nivellement	Messung der Höhe der Beobachtungspunkte auf Fahrschienenkopf	Z-Koordinaten der Beobachtungspunkte zur Bestimmung der Gleishöhe und -überhöhung/-verwindung und vertikalen Pfeilhöhe.
Tachymeter (3D) Manuell oder als Monitoring	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, und Überhöhung/ Verwindung der Gleise.
Neigungsmessung	Messung der Neigung respektive der Veränderung, z.B. bei Masten, mit Senkblei, Wasserwaage oder Tachymeter.	Berechnung der Auslage von Masten

Tabelle 1: Überwachungsmethoden

Die zu prüfenden Werte und die Wahl der Messmethode sind von zentraler Bedeutung und aufgrund der projektspezifischen Randbedingungen sorgfältig zu prüfen und im Überwachungskonzept festzulegen.

Die visuelle Kontrolle, die Messung der Überhöhung mit Gleiswasserwaage und die Messung der Spurbreite wird in diesem Dokument nicht mehr weiter behandelt, da dies in der Regel von Fachpersonal der BVB ausgeführt wird,

2.5 Messintervall

Vor Beginn der Bauarbeiten ist eine Nullmessung durchzuführen. Beim Erstellen der Baugrube sind dem Arbeitsfortschritt entsprechende Folgemessungen durchzuführen. Insbesondere ist 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 Deformation darstellen, intensiver zu überwachen.

Das Messintervall richtet sich somit nach den Baumethoden-/verfahren wie den anstehenden Arbeitsschritten und muss im Überwachungskonzept festgelegt werden. Die Intervalle können auch in Abhängigkeit der festgestellten Gleis- und Fahrleitungslageänderungen angepasst werden (in Absprache mit dem Erhaltungsmanagement der BVB).

Die Schlussmessung hat nach Beendigung der Baustelle und wenn sich zeigt, dass die Deformationen abgeklungen sind, zu erfolgen.

Für die Terminsetzung und die Intervalle der Null-, Folge- und Schlussmessungen gelten die folgenden Grundsätze:

- Nullmessung vor Baubeginn
- Folgemessungen periodisch in Abhängigkeit der Bautätigkeit
- Schlussmessung nach Abschluss der deformationsrelevanten Bautätigkeiten. Die BVB behält sich vor, die Messdauer über den Abschluss der Bauarbeiten hinaus zu verlängern (Langzeitsetzungen berücksichtigen).

Eine Anpassung oder Veränderung der Messintervalle entspricht einer Änderung des freigegebenen Messkonzeptes und erfordert zwingend eine schriftliche Information der BVB und deren Zustimmung.

2.6 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 definierten Grenzwerte angepasst werden.

Dies ist im Überwachungskonzept entsprechend zu definieren. Dazu gehört unter anderem die Definition der Messmethode, der Messinstrumente und der Messpunkte.

In der Regel sind Genauigkeitsanforderungen von vertikal ± 1 mm und horizontal ± 2 mm (einfache Standardabweichung) erforderlich. Diese Anforderungen setzen voraus, dass die Messungen vermessungstechnisch korrekt ausgeführt werden (geprüfte und justierte Instrumente, anbringen von Meteo-Korrekturen, tachymetrische Höhenbestimmungen in 2 Lagen etc.).

Ein wesentlicher Faktor zur Erreichung der geforderten Messgenauigkeit sind die vorhandenen Referenzpunkte, welche in genügendem Abstand zum Einflussbereich der Baustelle vorhanden sein müssen. Es ist ein Baufixpunktnetz zu erstellen und dauerhaft zu vermarken, welches den geforderten Genauigkeitsansprüchen genügt. Bestehende LFP (Lagefixpunkt) und HFP (Höhenfixpunkt) der amtlichen Vermessung werden in dieses Netz integriert. Vorhandene Zwänge auf Grund der Qualität der Koordinaten und Höhen der amtlichen Punkte müssen bei der Nullmessung so bestimmt werden, dass Sie bei Folgemessungen keine Veränderungen an den Messresultaten der Überwachungspunkten erzeugen.

Mit jeder Messung sind auf Anfrage auch die Berechnungsunterlagen mitzuliefern, in welchen die festgestellten Abweichungen an den Referenzpunkten ersichtlich sein müssen.

2.7 Definition verschiedener Grenzwerte von Bahnanlagen (Beschrieb)

Um während dem Bau respektive nach Abschluss der Bauarbeiten einen sicheren Betrieb der Gleis- und Fahrleitungsanlagen bis zum prognostizierten Lebensende zu gewährleisten, sind Grenzwerte der Gleis- und Mastlageänderungen in diesem Dokument festgelegt. Falls diese Grenzwerte überschritten werden, kann die Betriebssicherheit nicht mehr gewährleistet werden. Sollten die Gleise, der Unterbau und Masten beschädigt werden, müssen diese je nach Schadensbild repariert oder ersetzt werden. Der Bauherr haftet für die entstehenden Kosten. Unter Umständen wird durch die BVB ein Mehrwert abgegolten.

In diesem Zusammenhang ist zwischen folgenden Grenzwerten mit den entsprechenden Informationsabläufen zu unterscheiden, welche für alle Messmethoden und Messgrößen angewandt werden.

Aufmerksamkeitswert	
Information:	Wird der Aufmerksamkeitswert überschritten, sind die Projektbeteiligten (Bauleitung, Projektleitung, BVB-I) zu orientieren.
Weiteres Vorgehen:	Die Bauleitung und die Abteilung BVB-I entscheiden über das weitere Vorgehen.
Erforderliche Massnahmen:	Verkürzen der Messintervalle und Beobachtung der Entwicklung (Protokollierung).
Interventionswert	
Information:	Wird der Interventionswert überschritten, sind die Projektbeteiligten (Bauleitung, Projektleitung, BVB-I) umgehend zu informieren.
Weiteres Vorgehen:	Die Bauleitung und die BVB-I entscheiden über das weitere Vorgehen.
Erforderliche Massnahmen:	Verkürzen der Messintervalle; Korrekturen/Sicherungen der Gleise, Fahrstrom- und Kabelanlagen; Geschwindigkeitsreduktion; Änderung der Baumethoden.
Soforteingriffswert	
Information:	Wird der Soforteingriffswert überschritten, besteht die Gefahr, dass die Betriebssicherheit nicht mehr gewährleistet ist. Sofortige Massnahmen sind zu treffen.
Weiteres Vorgehen:	Die Bauleitung muss den Anlagen-Verantwortlichen der Abteilung BVB-I ohne Verzug informieren. Der Anlagen-Verantwortliche alarmiert die Leitstelle der BVB gemäss Alarmierungsschema resp. Sicherheitsdispositiv. Der Anlagen-Verantwortliche der Abteilung BVB-I entscheidet über die zu treffenden Massnahmen.
Erforderliche Massnahmen:	Baustopp; Korrekturen/ Sicherungen der Gleise, Fahrstrom- und Kabelanlagen; Geschwindigkeitsreduktion; Streckensperrungen oder Änderung der Baumethoden.

Tabelle 2: Definition der Grenzwerte

In Notfallsituationen können Ereignisse eine derart akute Gefahr darstellen (beispielsweise Entgleisungsgefahr, umgestürzter Kran, Verletzen des Lichttraumprofils, Einbrechen des Gerüsts, Grundbuch usw.), dass eine sofortige Sperrung der Strecke sowie eine Meldung an die im Alarmierungsablauf (Kap. 2.9) definierte Stelle der BVB erforderlich ist.

2.8 Art der Dokumentation

Die Überwachungspunkte sind in einem Situationsplan darzustellen. Dasselbe gilt für die Punkte des Baufixpunktnetzes.

BVB-I definiert aufgrund des Projektes und der Überwachungsart, welche Resultate berechnet und ausgewertet werden sollen:

- Vertikale Abweichung **v Abw** [mm]
- Verwindung **N** [‰]
- Vertikale Pfeilhöhe **v Pf** [mm]
- Überhöhung **ü** [mm]
- Horizontale Abweichung **h Abw** [mm]
- Horizontale Pfeilhöhe **h Pf** [mm]
- Neigungsveränderung **A** [mm]
- Neigung **α** [mm/m]

Die Messresultate und deren Auswertungen sind tabellarisch darzustellen. Die BVB-I entscheidet, ob eine grafische Darstellung der Veränderungen gefordert wird. Die Art der Darstellung obliegt der Bauherrschaft, sie ist allerdings für alle verantwortlichen Beteiligten nachvollziehbar zu protokollieren.

2.9 Alarmierungsablauf

Ein projektspezifisches Alarmierungsschema (Organisation mit Namen, Telefon, Mobile, E-Mail der zu verständigenden Personen inkl. deren Stellvertreter) ist im Überwachungskonzept zu integrieren.

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

Die Erreichbarkeit der Projektbeteiligten ist im Überwachungskonzept zu regeln.

Die Messergebnisse sind unmittelbar nach der Auswertung gemäss Relevanz an den definierten Ansprechpartner von BVB-I weiterzuleiten.

Das Erhaltungsmanagement der BVB-I ist verpflichtet, das Alarmschema allen BVB-internen Stellen zu kommunizieren.

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

2.10 Grenzwerte für Gleisanlagen in Zahlen

Es gelten folgende 3 Grenzwerte für «Feste Fahrbahn» und Schotter-Trasse der BVB im unbelasteten Zustand:

Aufmerksamkeitswert Interventionswert Soforteingriffswert

Bei engen Radien bzw. Wannenkuppen oder in Weichen-/Kreuzungsanlagen kann die BVB strengere Werte definieren. Massgebend für die Definition der Grenzwerte ist die Einstufung der Strecke betreffende Betriebssicherheit und Erhaltung.

Die Grenzwerte stehen in Abhängigkeit von der Betriebsgeschwindigkeit und dem Grenzlinienprofil.

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

Tabelle 3: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $V_R \leq 18$ Km/h

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

Tabelle 4: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $18 < V_R \leq 36$ Km/h

$36 < V_R \leq 48$ [km/h]	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Verwindung	1.0 ‰	1.5 ‰	2.0 ‰
Vert. Pfeilhöhe	± 5 mm	± 10 mm	± 22 mm
Horiz. Pfeilhöhe	± 5 mm	± 8 mm	± 10 mm
Spurweite	± 0 mm*	**Spezial	**Spezial

Tabelle 5: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $48 < V_R \leq 60$ Km/h

$48 < V_R \leq 60$ [km/h]	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Verwindung	1.0 ‰	1.5 ‰	2.0 ‰
Vert. Pfeilhöhe	± 3 mm	± 6 mm	± 14 mm
Horiz. Pfeilhöhe	± 5 mm	± 8 mm	± 10 mm
Spurweite	± 0 mm*	**Spezial	**Spezial

Tabelle 6: Grenzwerte bezogen auf Betriebsgeschwindigkeit $48 < V_R \leq 60$ Km/h

Ergänzende Bemerkungen zu den Grenzwerten:

- Der Abstand der Messquerschnitte beträgt im Normalfall 2 m.
- Die horizontale und vertikale Pfeilhöhe wird über drei benachbarte Messquerschnitte berechnet, im Normalfall beträgt die Basis somit 4 m.
- Die Verwindung wird auf Basis von zwei benachbarten Messquerschnitten berechnet, im Normalfall also auf 2 m.
- Die Grenzwertzahlen der Aufmerksamkeitswerte müssen mit einer 95%igen Sicherheitswahrscheinlichkeit (zwei Sigma $[2\sigma]$) erkennbar sein.
- *Spurweite: Grenzwerte für Messung mit Spurlehre unter Berücksichtigung von Verschleiss und Messgenauigkeit.
- **Spezial: Bei Überschreitung des Aufmerksamkeitswertes ± 0 mm ist zwingend Rücksprache mit dem Anlagen-Verantwortlichen Erhaltung BVB zu nehmen.

2.11 Grenzwerte Neigung und Verschiebung der Fahrleitung in Zahlen

Analog zu den Grenzwerten des Standardoberbaus gelten für Neigungsveränderungen der Fahrleitungsmasten respektive Setzungen und Verschiebungen der Mastfundamente folgende Werte (für alle Fahrgeschwindigkeiten):

	Aufmerksamkeitswert (Orientierung)	Interventionswert (Handlung notwendig)	Soforteingriffswert (Fahrverbot)
Neigungsveränderung	$\Delta\alpha = 5 \text{ mm/m}$	$\Delta\alpha = 10 \text{ mm/m}$	*
Setzung	20 mm	30 mm	*
Schiebung	10 mm	20 mm	*

Tabelle 7: Grenzwerte Neigung und Verschiebung der Fahrleitung

- *) 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 BVB.

Nach Beendigung der Bauarbeiten entscheidet BVB-I, ob eine Nachmessung resp. Justierung der Fahrdrachtlage vorzunehmen ist.

3 Begriffserklärungen, Standorte Beobachtungspunkte

3.1 Verwendete Begriffe und Abkürzungen

In den Tabellen und Formeln werden die nachfolgenden Abkürzungen und Begriffe verwendet:

Überwachung der Gleisverwindung

Überhöhung:	ü [mm] Höhendifferenz zwischen linker und rechter Schienenoberkante im gleichen Messquerschnitt auf Spurweite 1.00 m gemessen
Verwindung:	N [‰] Überhöhungsänderung zwischen zwei Messquerschnitten geteilt durch deren Abstand, ergibt Überhöhungsänderung pro 1 m
Gleisachshöhe:	H oder H SOK [m] Mittelwert beider Höhen der Fahrschienen im selben Messquerschnitt

Tabelle 8: Begriffe Berechnung Gleisverwindung

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

Tabelle 9: Begriffe Berechnung Setzungen/Hebungen

Überwachung der Gleisschiebungen in der Lage:

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

Tabelle 10: Begriffe Berechnung der Lageverschiebung

Überwachung Neigungen, z.B. von Masten:

Auslenkung:	A [mm] Abweichung aus der Vertikalen, gemessen über die am Objekt angebrachten Markierungen
Neigung:	α [mm/m] Auslenkung reduziert auf 1 m Länge

Tabelle 11: Begriffe Berechnung der Neigung

3.2 Beobachtungspunkte Höhe auf Fahrschienenkopf (Nivellement)

Die direkte Messung des Fahrschienenkopfes (geeignet für nivellitische Höhenbestimmungen bis zu einer Steigung von 4 %) liefert genau jene Resultate, welche für die Fahrdynamik des Trams gelten. Die direkte Messung eignet sich für Vignolschienen (bei offenen Trassees) und auch Rillenschienen (Strassenbereich).

Die Fahrfläche der Schienen darf auf keinen Fall durch die Punktmarkierung beschädigt werden (keine Körnerlöcher in der Fahrfläche).

Bei Rillenschienen kann im Rillenkopf ein Körnerloch geschlagen werden. Die Position der Körner ist zusätzlich farblich zu markieren. Das Schlagen von Nägeln im Bereich der Strasse im Messquerschnitt ist eine weitere Möglichkeit. Gemessen wird aber auf jeden Fall auf dem Schienenkopf.

Erfolgt die Höhen-Messung auf dem Rillenkopf, ist bei der Berechnung von \ddot{u} , **N** und **v Pf** die Abweichung zur Nennspurweite von 1000 mm entsprechend zu berücksichtigen. Der Bezug zu SOK muss bei der Nullmessung hergestellt werden. Der Rillenkopfabstand kann mit 900 mm angenommen werden.

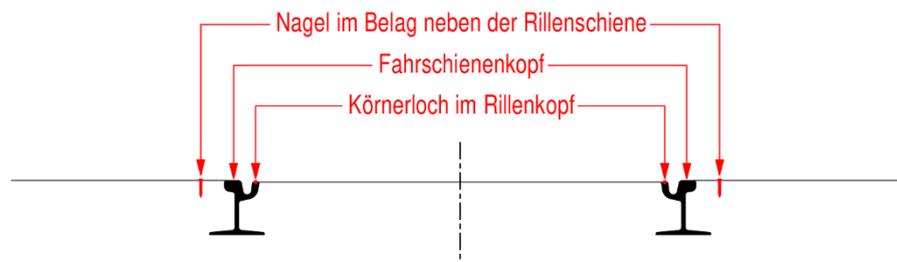


Abb. 2: Rillengleis

Bei Vignolschienen wird die Messtelle an der Schienen-Aussenseite mit Farbe angezeichnet (siehe Abbildung unter Kap. 3.3). Dafür eignet sich z.B. auch eine Markierfarbe in einer Tube. Der Messpunkt kann zu besserer Auffindung auch mit Beschriftungen auf der Schwelle oder dem Belag gekennzeichnet werden.

3.3 Beobachtungspunkte für Lage und Höhe

Bei einem nicht vollautomatischen Monitoring müssen die Beobachtungspunkte für die 3D-Bestimmung am Gleiskörper angezeichnet oder montiert werden.

Bei Rillenschienen können Körnerlöcher in den Rillenkopf geschlagen und farblich markiert werden (Achtung, nicht in den Fahrschienenkopf), welche eine zuverlässige 3D-Vermessung ermöglichen. Bei der Berechnung von \ddot{u} , \mathbf{N} und $\mathbf{v Pf}$ ist analog zum Nivellement der Rillenkopfabstand zu berücksichtigen. Der Bezug zur SOK wird bei der Nullmessung hergestellt. Markierungen auf dem Asphalt sind vor allem für Lagemessungen zu ungenau und nicht zulässig.

Bei Vignolschienen im Eigentrasse können die Messpunkte direkt auf die Schwelle geklebt werden (nicht gebohrt). Der durch die Messung auf der Schwelle resultierende Fehler zur exakten Höhenlage des Gleises ist zu beachten (exakter SOK-Wert ist massgebend). Der SOK Wert ist bei der Nullmessung in Bezug zu setzen. Bei der Berechnung von \ddot{u} , \mathbf{N} und $\mathbf{v Pf}$ ist analog zur Messung auf den Rillenkopf der Abstand zu berücksichtigen.

Das Anbringen von Beobachtungspunkten auf der Schwelle oder an der Aussenseite des Schienenfusses eignet sich primär auch für halb- oder vollautomatische Monitoring-Systeme. Bei der Berechnung von \ddot{u} , \mathbf{N} und $\mathbf{v Pf}$ sind die Abweichungen zur Nennspurweite und der Bezug zur SOK bei der Nullmessung bestimmt und entsprechend zu berücksichtigen.

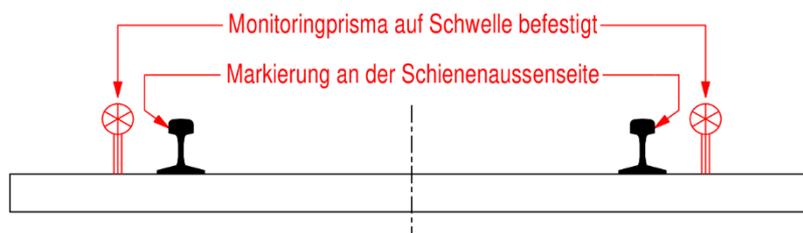


Abb. 3: Vignolgleis

3.4 Überwachung von Flachrillenanlagen

Teile von Kreuzungen sind bei den BVB als Flachrillenanlagen konstruiert. Bei diesen ist nicht SOK massgebend, da hier die Trams auf dem Spurkranz resp. auf dem Rillengrund durch die Kreuzung fahren. Bei solchen Anlagen ist mit BVB-I zwingend vorgängig abzuklären, wo die Beobachtungspunkte zu definieren sind.

Der SOK-Wert ist bei der Nullmessung in Bezug zu setzen. Bei der Berechnung von \ddot{u} , \mathbf{N} und $\mathbf{v Pf}$ ist analog zur Messung auf dem Rillenkopf der Abstand zu berücksichtigen.

3.5 Überwachung Weichen

Zungenvorrichtungen, Herzstücke und Weichenantriebe reagieren bereits bei geringen Veränderungen sehr stark. Bei solchen Anlagen ist mit BVB-I zwingend vorgängig abzuklären, wo die Beobachtungspunkte zu definieren sind. Damit können Ergänzungs-Massnahmen im Überwachungskonzept frühzeitig angeordnet werden.

Der SOK-Wert ist bei der Nullmessung in Bezug zu setzen. Bei der Berechnung von \ddot{u} , N und v Pf ist analog zur Messung auf den Rillenkopf der Abstand zu berücksichtigen.

3.6 Überwachung Fahrleitung Tram

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

Demnach sind Änderungen am Fundament (insbesondere Neigungen, Verschiebungen Setzungen) zu beachten. Die BVB-I definieren vorgängig, ob nur die Neigungsveränderungen zu bestimmen ist, was Auswirkungen auf die Messmethode hat.

Bei einer reinen Neigungsmessung können die Neigungen mit einer Wasserwaage über zwei Markierungen am Mast erfasst werden.

Die Neigung kann auch über zwei Messmarken oder zwei Messprismen bestimmt werden. Dies bedingt aber den Einsatz eines Tachymeters. Die Neigung wird rechnerisch immer auf die Länge von 1.00 m ermittelt.

3.7 Überwachung Hilfsbrücken Tram

Die gültigen Randbedingungen und Grenzwerte werden im Einzelfall durch BVB-I definiert.

3.8 Visuelle Überwachung

Visuelle Überwachungen erfolgen durch von der BVB geschulten und befähigten Personen (z.B. Polier, Bauleitung, usw.).

Sämtliche Ereignisse, Beurteilungen und Anweisungen sind in geeigneter Form festzuhalten und BVB-I zur Verfügung zu stellen.

4 Berechnungsformeln der Messresultate

Der Abstand der Messquerschnitte beträgt in Normalfall konstant 2.00 m und erfolgt beidseitig mindestens 10 m über den Baustellenbereich hinaus. Abstand und Perimeter können durch die BVB angepasst werden (Verkleinerung / Vergrösserung). Beides ist im Überwachungskonzept entsprechend auszuweisen. Der Perimeter kann während den Messungen durch die BVB vergrössert werden, wenn sich ausserhalb des definierten Perimeters Gleislageänderungen abzeichnen, auftreten oder vermutet werden. Dasselbe gilt für das im Konzept gewählte Messraster. Insbesondere bei Flachrillenschienen und in Weichenbereichen sind die Messpunkte mit der BVB-I vorgängig abzustimmen.

In den nachfolgenden Beschreibungen der Berechnungsformeln wird jeweils vom Normalabstand der Messquerschnitte von 2.00 m ausgegangen.

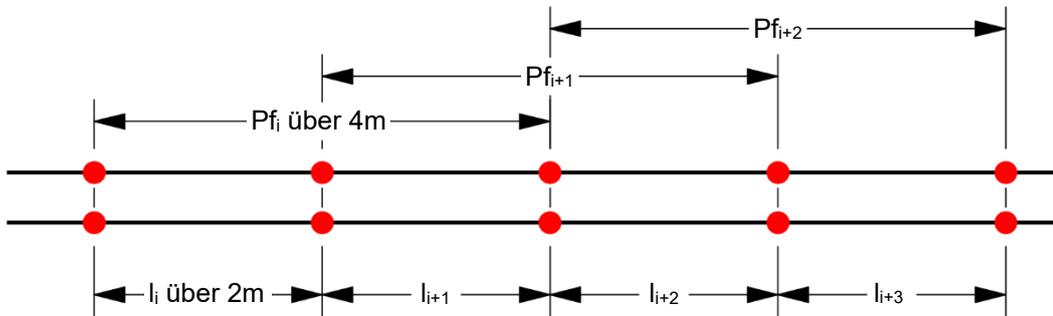


Abb. 4: Anordnung des Messrasters im Normalfall (2m Messquerschnitt)

4.1 Messung der Überhöhung \ddot{u} und Berechnung der Gleisachshöhe H

Die Messung erfolgt durch ein Nivellement beider Schienenköpfe oder mit einem Monitoring mit fest montierten Beobachtungspunkten (Gleiswasserwaage im Ausnahmefall, da nur \ddot{u} bestimmt wird).

Die Überhöhung \ddot{u} wird aus der Differenz $H_{\text{linke Schiene}}$ minus $H_{\text{rechte Schiene}}$ gebildet und in [mm] angegeben.

Beziehen sich die gemessenen Höhen nicht auf die Spurweite von 1000 mm (z.B. bei Weichen), ist diese bei der Berechnung von \ddot{u} entsprechend zu korrigieren.

Bei der Gleiswasserwaage wird direkt die Überhöhung \ddot{u} an der Lehre abgelesen.

Die Überhöhung \ddot{u} in [mm] ergibt bei einer Spurweite von 1000 mm denselben Wert in ‰.

Für die Berechnung Gleisachshöhe H oder H_{SOK} wird die absolute Höhe SOK beider Schienen benötigt.

Die Gleisachshöhe H entspricht dem Mittelwert der $H_{\text{linke Schiene}}$ und $H_{\text{rechte Schiene}}$, und ist Ausgangswert für die Berechnung der vertikale Abweichung v_{Abw} und der vertikalen Pfeilhöhe v_{Pf} .

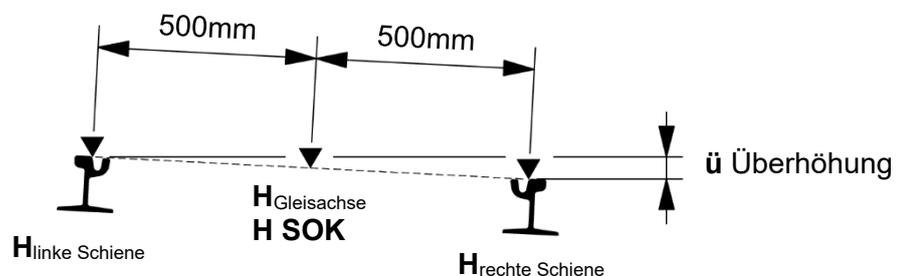


Abb. 5: Messung und Berechnung Überhöhung \ddot{u} / Gleisachshöhe H

4.2 Messung und Berechnung der Verwindung N

Die Messung der Verwindung erfolgt auf Grund der im Messkonzept definierten Methode, durch ein Nivellement oder mit einem halb/vollautomatischen Monitoring (Ausnahme mit einer Gleiswasserwaage). Der Wert der Verwindung **N** beschreibt die Veränderung der Querneigung zum vorherigen Messquerschnitt. Sie wird [%] angegeben und rechnerisch **pro 1 m** definiert (Division der Verwindungsdifferenz in [%] zum vorherigen Messquerschnitt durch den Abstand des Messquerschnitts in [m]).

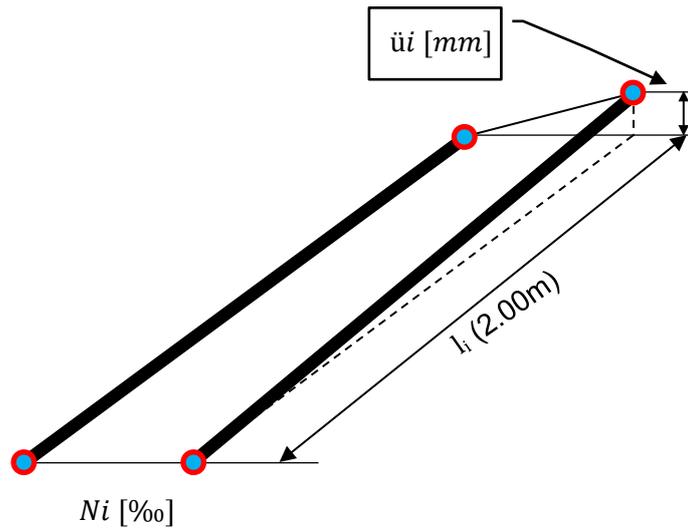


Abb. 6: Messung und Berechnung Verwindung

Die Formel für die Berechnung von **N** lautet:

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

Respektive für den nächsten Messquerschnitt

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

Die Verwindungen sind mit den Grenzwerten zu vergleichen. Massgebend ist die Gesamtverwindung und nicht die Differenz zur Soll-Lage oder zur Nullmessung.

4.3 Berechnung der vertikalen Abweichungen v Abw

Voraussetzung für die Berechnung der vertikalen Abweichungen **v Abw** sind die berechneten Gleisachshöhen **H SOK**, welche auch bei allen Folgemessungen bestimmt werden müssen.

Die vertikalen Abweichungen **v Abw** zur Nullmessung werden bei jedem Querschnitt bzw. für jede Folgemessung berechnet:

$$v Abw_i = H SOK_i - H SOK_0$$

4.4 Berechnung der vertikalen Pfeilhöhe $v Pf$

Voraussetzung für die Berechnung der vertikalen Pfeilhöhe $v Pf$ ist die berechnete Gleisachshöhe $H SOK$, welche auch bei allen Folgemessungen bestimmt werden muss.

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.

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

Sonst gilt bei einer Basis von 4 m: $Pf Rv = Rv - \sqrt{Rv^2 - 2^2}$.

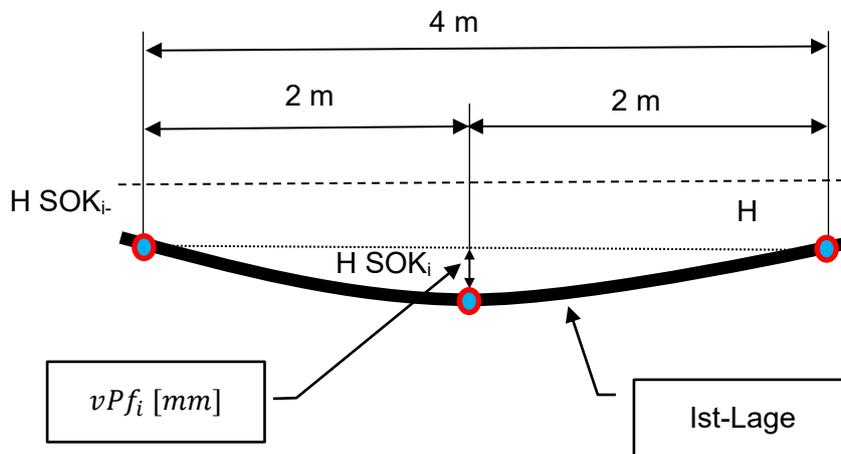


Abb. 7: Berechnung Pfeilhöhe $v Pf$

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

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

Die vertikalen Pfeilhöhen sind mit den Grenzwerten zu vergleichen.

4.5 Berechnung der horizontalen Gleisschiebungen $h Abw$

Die minimale Anforderung für die Messung der absoluten Y/X-Koordinaten der Beobachtungspunkte ist eine geodätische Aufnahme mit einem Tachymeter oder eines halb- oder vollautomatischen Monitorings.

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 $h Abw$ sind bei jedem Querschnitt (Normalabstand 2.00 m) senkrecht zur Gleisachse und für jede Folgemessung zu rechnen.



Abb. 9: Messung der Spurweite

4.8 Messung und Berechnung der Neigung / Verschiebung der Fahrleitung

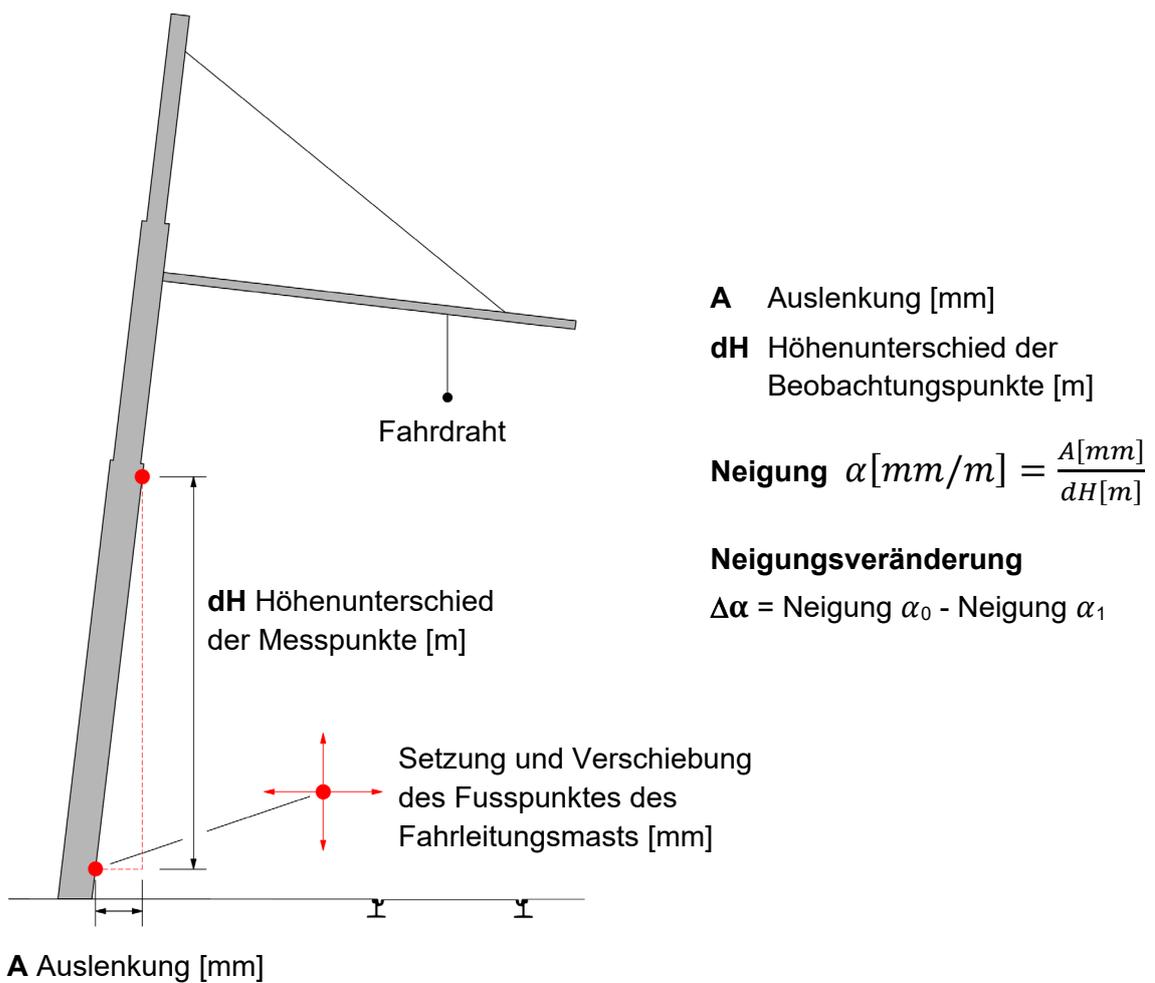


Abb. 10 Messung und Berechnung der Neigung / Verschiebung der Fahrleitung

5 Schadensgrenze

5.1 Definition

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

5.2 Verursacherprinzip

Für Schäden an Trassen und Anlagen haftet deren Verursacher.

Bei eingetretenen Schäden ist nach Abschluss sämtlicher Arbeiten und dem allfälligen Abwarten einer weiteren projektbezogenen, von der BVB zu definierenden Setzungsfrist, die Anlage durch den Schadenverursacher oder auf dessen Kosten wieder instand zu stellen.

Verbleibt auch nach Instandstellung ein Minderwert des Trassees oder der Anlage, ist die entsprechende Differenz vom Verursacher zu tragen.

Allfällige Folgeschäden und/oder indirekte Schäden, wie z.B. betriebliche Mehrkosten infolge Langsamfahrstellen, Nichtbefahrbarkeit und resultierende Umleitungen etc., sind vollumfänglich durch den Verursacher zu tragen.

5.3 Schadenspotenzial

Eine Schätzung des möglichen Schadenpotenzials wird im Vorfeld der Bauarbeiten mit dem Anlagen-Verantwortlichen von BVB-I vorgenommen. Die Höhe des Schadenpotenzials wird anhand der Kosten für einen Neubau des betroffenen Streckenabschnittes berechnet und weist deshalb eine gewisse Ungenauigkeit auf. Diese Kostenschätzung definiert keine Haftungsgrenze. Der Schadenverursacher haftet für den effektiv entstandenen Schaden.

6 Beispiele für Grafiken und Tabellen

In den meisten Fällen werden im Überwachungskonzept Höhenüberwachungen der Fahrschiene definiert. Aus diesem Grund werden in den Mustervorlagen Beispiele für diesen Fall abgebildet. Weitergehende Überwachungen sind analog darzustellen.

Zur Erhöhung der Verständlichkeit und der Übersichtlichkeit werden die Resultate (Tabellen) von nach Gleisen getrennt dargestellt.

Die Muster Beispiele dürfen selbstverständlich auch erweitert werden.

6.1 Beispiel Situationsplan

Für sämtliche Überwachungsmessungen wird ein Übersichtsplan benötigt, in welchem alle Beobachtungspunkte eingezeichnet sind.

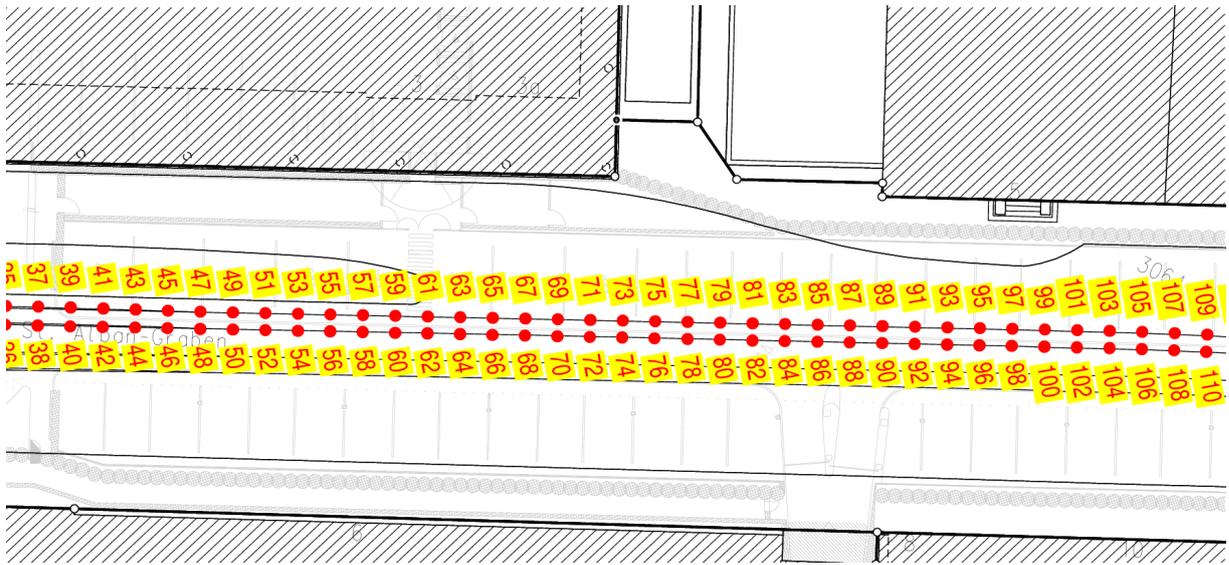


Abb. 11: Beispiel Situationsplan

6.2 Beispiel einfache Setzungstabelle

In einer einfachen Setzungstabelle sind die gemessenen Höhen sowie die Veränderungen bei den jeweiligen Folgemessungen auszuweisen. Es sollen jeweils die Veränderungen zur ersten Messung (Nullmessung) sowie Veränderungen zur letzten Messung dargestellt werden.

4018.032.05 SM Tramgleis, 2m Raster, Phase Erstellung Deckel Nord

Datum:	12.10.2018	08.05.2019	16.05.2019			23.05.2019			
	NM, t=+22°C	1. FM, t=+12°C	2. FM, t=+12°C			3. FM, t=+17°C			
Punktnr.	1. Messung Höhe m ü.M. m	2. Messung Höhe m ü.M. m D 2-1 mm		3. Messung Höhe m ü.M. m D 3-2 mm D 3-1 mm			4. Messung Höhe m ü.M. m D 4-3 mm D 4-1 mm		
69	268.520	268.518	-2	268.518	0	-2	268.518	0	-2
70	268.536	268.530	-6	268.529	-1	-7	268.529	0	-7
71	268.530	268.528	-2	268.528	0	-2	268.527	-1	-3
72	268.546	268.540	-6	268.539	-1	-7	268.539	0	-7
73	268.538	268.536	-2	268.535	-1	-3	268.535	0	-3
74	268.554	268.547	-7	268.546	-1	-8	268.546	0	-8
75	268.543	268.540	-3	268.539	-1	-4	268.539	0	-4
76	268.558	268.550	-8	268.549	-1	-9	268.548	-1	-10
77	268.544	268.540	-4	268.540	0	-4	268.539	-1	-5
78	268.559	268.550	-9	268.548	-2	-11	268.548	0	-11
79	268.545	268.541	-4	268.540	-1	-5	268.540	0	-5
80	268.560	268.551	-9	268.549	-2	-11	268.549	0	-11
81	268.549	268.545	-4	268.545	0	-4	268.544	-1	-5
82	268.563	268.554	-9	268.553	-1	-10	268.553	0	-10
83	268.556	268.553	-3	268.552	-1	-4	268.552	0	-4
84	268.569	268.560	-9	268.559	-1	-10	268.559	0	-10
85	268.561	268.557	-4	268.556	-1	-5	268.556	0	-5
86	268.575	268.566	-9	268.565	-1	-10	268.565	0	-10
87	268.569	268.565	-4	268.564	-1	-5	268.564	0	-5
88	268.582	268.573	-9	268.572	-1	-10	268.572	0	-10
89	268.579	268.575	-4	268.575	0	-4	268.574	-1	-5
90	268.591	268.582	-9	268.581	-1	-10	268.581	0	-10
91	268.588	268.584	-4	268.583	-1	-5	268.583	0	-5
92	268.599	268.590	-9	268.589	-1	-10	268.588	-1	-11
93	268.593	268.589	-4	268.589	0	-4	268.589	0	-4
94	268.605	268.596	-9	268.595	-1	-10	268.595	0	-10

Die Differenz zur Messung 1 bezieht sich immer auf die erste Messung des jeweiligen Punktes (D = letzte - Nullmessung), die Differenz zur Messung n-1 bezieht sich immer auf die vorletzte Messung (D = letzte - vorletzte Messung)

Abb. 12: Beispiel einfache Setzungstabelle

Die Höhen werden mit drei Nachkommastellen angegeben.

6.3 Beispiel Setzungstabelle mit Verwindung und vertikaler Pfeilhöhe

In der nachfolgende Setzungstabelle werden die Verwindungen und die vertikalen Pfeilhöhen aus den gemessenen Schienenhöhen berechnet und dokumentiert. Das Layout und die Darstellung der Tabelle ist dem Beispiel aus dem Regelwerk SBB I-50009 entnommen.

Die Resultate, welche Grenzwerte gemäss Überwachungskonzept überschreiten, sind zur sofortigen Erkennung farblich hervorzuheben. Die definierte Fahrgeschwindigkeit und die daraus erfolgenden Grenzwerte sind anzugeben.

Geschwindigkeit	VR = 50 km/h	Projekt: Name	Rapp Infra AG	
Bedingte Formatierung	N v PF	Beschreibung	Abt. Vermessung + Geoinformatik	
Aufmerksamkeitswert	1.0 3	Setzung und Verwindung Gleis	Hochstrasse 100, 4018 Basel	
Interventionswert	1.5 6	Strecke: nnn	Auftraggeber: Name	
Soforteingriffswert	2.0 14	Gleis-Nr. 0202 (Fahrtrichtung Bahnhof)		

Punktnummer der Aufnahme	Km Profil	Punkt	Abstand der Messpunkte L-R [m]	Abstand zwischen Profil [m]	Nullmessung vom 12.10.2018						1. Folgemessung vom 08.05.2019						2. Folgemessung vom 16.05.2019						3. Folgemessung vom 23.05.2019					
					Höhe Schienenoberkante (H SOK L/R, 0) [m]	Höhe Gleisachse (H SOK 0) [m]	Überhöhung (U 0, pro 1000mm) Berechnung L-R [mm]	vertikale Pfeilhöhen (v PF 0, auf 4m, + Kuppe / - Wanne) [mm]	Verwindung auf 2m (N 0) [%]	Höhe Schienenoberkante (H SOK L/R, 1) [m]	Höhe Gleisachse (H SOK 1) [m]	Überhöhung (U 1, pro 1000mm) Berechnung L-R [mm]	vertikale Abweichung Gleisachse (v Abw. 0-1) + Hebung / - Senkung [mm]	vertikale Pfeilhöhen (v PF 1, auf 4m, + Kuppe / - Wanne) [mm]	Verwindung auf 2m (N 1) [%]	Höhe Schienenoberkante (H SOK L/R, 2) [m]	Höhe Gleisachse (H SOK 2) [m]	Überhöhung (U 2, pro 1000mm) Berechnung L-R [mm]	vertikale Abweichung Gleisachse (v Abw. 0-2) + Hebung / - Senkung [mm]	vertikale Pfeilhöhen (v PF 2, auf 4m, + Kuppe / - Wanne) [mm]	Verwindung auf 2m (N 2) [%]	Höhe Schienenoberkante (H SOK L/R, 3) [m]	Höhe Gleisachse (H SOK 3) [m]	Überhöhung (U 3, pro 1000mm) Berechnung L-R [mm]	vertikale Abweichung Gleisachse (v Abw. 0-3) + Hebung / - Senkung [mm]	vertikale Pfeilhöhen (v PF 3, auf 4m, + Kuppe / - Wanne) [mm]	Verwindung auf 2m (N 3) [%]	
69	83.95	L	1.06		268.520	268.528	-15.1			268.518	268.524	-11.2	-3.8		268.518	268.524	-10.5	-4.5		268.518	268.523	-10.4	-4.9					
70		R			268.536				-0.2	268.536				-0.1	268.536				-0.2	268.536						-0.1		
71	85.95	R	1.06		268.530	268.538	-15.5	+1.1		268.530	268.538	-11.5	-4.0	+1.3	268.530	268.538	-10.8	-4.9	+1.3	268.530	268.533	-10.5	-5.0	+1.3	+0.3	+0.7		
72		L			268.546				+0.3	268.546				+0.5	268.546				+0.4	268.546						+0.3		
73	87.95	L	1.06		268.538	268.546	-14.8	+1.8		268.538	268.546	-10.5	-4.8	+1.9	268.538	268.546	-10.0	-5.8	+1.9	268.538	268.540	-9.9	-6.2	+1.9	+0.3	+0.7		
74		R			268.554				+0.5	268.554				+0.7	268.554				+0.6	268.554						+0.3		
75	89.95	L	1.06		268.543	268.551	-13.7	+1.8		268.543	268.551	-9.1	-5.8	+1.6	268.543	268.551	-8.8	-6.8	+1.7	268.543	268.544	-8.5	-7.2	+1.6	+0.3	+0.7		
76		R			268.558				-0.0	268.558				+0.2	268.558				+0.2	268.558						+0.1		
77	91.95	L	1.06		268.544	268.552	-13.8	-0.0		268.544	268.552	-8.8	-6.4	-0.4	268.544	268.552	-8.4	-7.6	-0.4	268.544	268.544	-8.3	-7.8	-0.4	+0.1	+0.7		
78		R			268.559				-0.2	268.559				-0.2	268.559				-0.2	268.559						-0.2		
79	93.95	L	1.06		268.545	268.552	-14.2	-1.4		268.545	268.552	-9.2	-6.3	-1.4	268.545	268.552	-8.7	-7.5	-1.6	268.545	268.545	-8.7	-7.7	-1.5	+0.5	+0.7		
80		R			268.560				+0.5	268.560				+0.6	268.560				+0.5	268.560						+0.5		
81	95.95	L	1.06		268.549	268.556	-13.2	-1.4		268.549	268.556	-8.0	-6.2	-1.4	268.549	268.556	-7.7	-7.1	-1.3	268.549	268.549	-7.7	-7.4	-1.4	+0.5	+0.7		
82		R			268.563				+0.5	268.563				+0.6	268.563				+0.6	268.563						+0.5		
83	97.95	L	1.06		268.556	268.562	-12.2	+0.4		268.556	268.562	-6.8	-6.2	+0.7	268.556	268.562	-6.6	-6.9	+0.7	268.556	268.555	-6.7	-7.0	+0.8	+0.5	+0.7		
84		R			268.569				-0.7	268.569				-0.3	268.569				-0.3	268.569						-0.7		
85	99.95	L	1.06		268.561	268.568	-13.6	-1.1		268.561	268.568	-8.7	-6.6	-1.2	268.561	268.568	-8.2	-7.1	-1.1	268.561	268.560	-8.2	-7.4	-1.2	+0.4	+0.7		
86		R			268.575				+0.3	268.575				+0.9	268.575				+0.3	268.575						+0.4		
87	101.95	L	1.06		268.582	268.576	-13.0	-0.9		268.582	268.576	-8.0	-6.7	-1.0	268.582	268.576	-7.5	-7.4	-1.1	268.582	268.568	-7.5	-7.5	-1.0	+0.6	+0.7		
88		R			268.579				+0.8	268.579				+0.4	268.579				+0.4	268.579						+0.6		
89	103.95	L	1.06		268.581	268.585	-11.4	+0.8		268.581	268.585	-6.5	-6.6	+0.7	268.581	268.585	-6.3	-7.2	+0.8	268.581	268.578	-6.2	-7.5	+0.8	+0.5	+0.7		
90		R			268.599				+0.5	268.599				+0.4	268.599				+0.5	268.599						+0.6		
91	105.95	L	1.06		268.588	268.593	-10.4	+1.0		268.588	268.593	-5.7	-6.3	+1.1	268.588	268.593	-5.3	-7.0	+1.0	268.588	268.586	-5.2	-7.4	+0.9	+0.3	+0.7		
92		R			268.605				-0.3	268.605				-0.4	268.605				-0.4	268.605						-0.3		
93	107.95	L	1.06		268.593	268.599	-11.1	-0.9		268.593	268.599	-6.5	-6.1	-0.8	268.593	268.599	-6.1	-6.8	-0.8	268.593	268.592	-5.9	-7.1	-0.8	+0.6	+0.7		
94		R			268.605				+0.5	268.605				+0.9	268.605				+0.5	268.605						+0.6		
95	109.95	L	1.06		268.601	268.607	-10.0	-0.1		268.601	268.607	-4.5	-6.1	-0.2	268.601	268.607	-4.9	-6.9	-0.4	268.601	268.600	-4.7	-7.1	-0.3	+1.1	+0.7		
96		R			268.610				+1.1	268.610				+1.0	268.610				+1.2	268.610						+1.1		
97	111.95	L	1.06		268.610	268.615	-7.8	+1.8		268.610	268.615	-2.7	-5.9	+1.6	268.610	268.615	-2.5	-6.3	+1.9	268.610	268.608	-2.4	-6.6	+1.8	+1.3	+0.7		
98		R			268.624				-1.1	268.624				-1.2	268.624				-1.4	268.624						-1.3		
99	113.95	L	1.06		268.614	268.619	-9.9	-0.7		268.614	268.619	-5.1	-5.1	-0.3	268.614	268.619	-5.2	-5.8	-0.5	268.614	268.613	-5.0	-6.1	-0.4	+0.4	+0.7		
100		R			268.624				-1.8	268.624				-1.9	268.624				-1.9	268.624						-2.0		
101	115.95	L	1.06		268.617	268.624	-13.6	-1.4		268.617	268.624	-9.0	-5.2	-1.4	268.617	268.624	-9.1	-5.9	-1.4	268.617	268.618	-9.0	-6.3	-1.5	+0.9	+0.7		
102		R			268.632				-0.8	268.632				-1.3	268.632				-0.8	268.632						-0.9		
103	117.95	L	1.06		268.605	268.633	-15.2	-1.1		268.605	268.633	-11.5	-5.2	-1.3	268.605	268.633	-10.7	-6.0	-1.3	268.605	268.627	-10.8	-6.4	-1.2	+0.4	+0.7		
104		R			268.641				+0.6	268.641				+0.7	268.641				+0.4	268.641						+0.3		
105	119.95	L	1.06		268.636	268.644	-14.1	-1.2		268.636	268.644	-11.2	-4.7	-1.0	268.636	268.644	-10.0	-5.7	-1.3	268.636	268.638	-10.0	-6.1	-1.3	+0.1	+0.7		
106		R			268.651				+0.4	268.651				+0.7	268.651				+0.2	268.651						+0.4		
107	121.95	L	1.06		268.650	268.657	-13.3	-0.3		268.650	268.657	-9.7	-4.8	-0.7	268.650	268.657	-9.6	-5.2	-0.3	268.650	268.651	-9.9	-5.7	-0.4	+0.4	+0.7		
108		R			268.664				+0.5	268.664				+0.0	268.664				+0.3	268.664						+0.4		
109	123.95	L	1.06		268.654	268.671	-12.4	+0.4		268.654	268.671	-9.7	-4.2	+0.6	268.654	268.671	-9.0	-4.9	+0.4	268.654	268.665	-9.2	-5.1	+0.5	+0.4	+0.7		
110		R			268.677				-0.5	268.677				-0.6	268.677				-0.6	268.677						-0.6		
111	125.95	L	1.06		268.671	268.684	-13.3	+1.2		268.671	268.684	-10.5	-4.0	+1.0	268.671	268.684	-10.2	-4.5	+1.0	268.671	268.673	-10.3	-4.8	+1.1	-0.9	+0.7		
112		R			268.685				-0.5	268.685				-0.4	268.685				-0.6	268.685						-0.5		
113	127.95	L	1.06		268.687	268.694	-14.2	-0.8		268.687	268.694	-11.8	-3.5	-0.5	268.687	268.694	-11.4	-3.9	-0.5	268.687	268.690	-11.4	-4.3	-0.7	+1.6	+0.7		
114		R			268.691				+1.5	268.691				+1.5	268.691				+1.6	268.691						+1.6		
115	129.95	L	1.06		268.697	268.706	-17.3	+2.2		268.697	268.706	-14.8	-3.4	+2.0	268.697	268.706	-14.6	-3.8	+2.2	268.697	268.702	-14.5	-4.0	+2.2	-0.0	+0.7		
116		R			268.716				+0.1	268.716				+0.1	268.716				+0.0	268.716						-0.0		
117	131.95	L	1.06		268.705	268.714	-17.1	+1.4		268.705	268.714	-14.7	-3.0	+1.5	268.705	268.714	-14.6	-3.7	+1.3	268.705	268.711	-14.5	-3.6	+1.4	+1.0	+0.7		
118		R			268.723				+1.0	268.723				+0.9	268.723				+1.0	268.723						+1.0		
119	133.95	L	1.06		268.710	268.719	-15.0			268.710	268.719	-12.9	-2.8		268.710	268.719	-12.6	-3.4		268.710	268.716	-12.5	-3.4			+1.0		
120		R			268.727					268.727					268.727					268.727								

Abb. 13: Beispiel Setzungstabelle mit Verwindung und vertikaler Pfeilhöhe

6.4 Beispiel grafische Darstellungen vertikale Veränderung Gleisachse

Setzungsdiagramm Gleisachshöhe

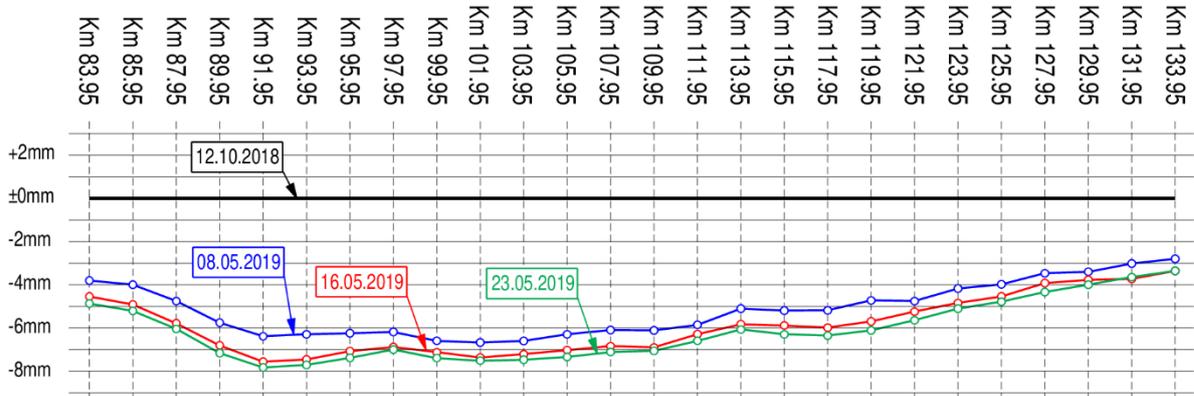


Abb. 14: Beispiel Setzungsdiagramm Gleisachshöhe

6.5 Beispiel grafische Darstellungen vertikale Pfeilhöhe

Diagramm der Vertikalen Pfeilhöhe

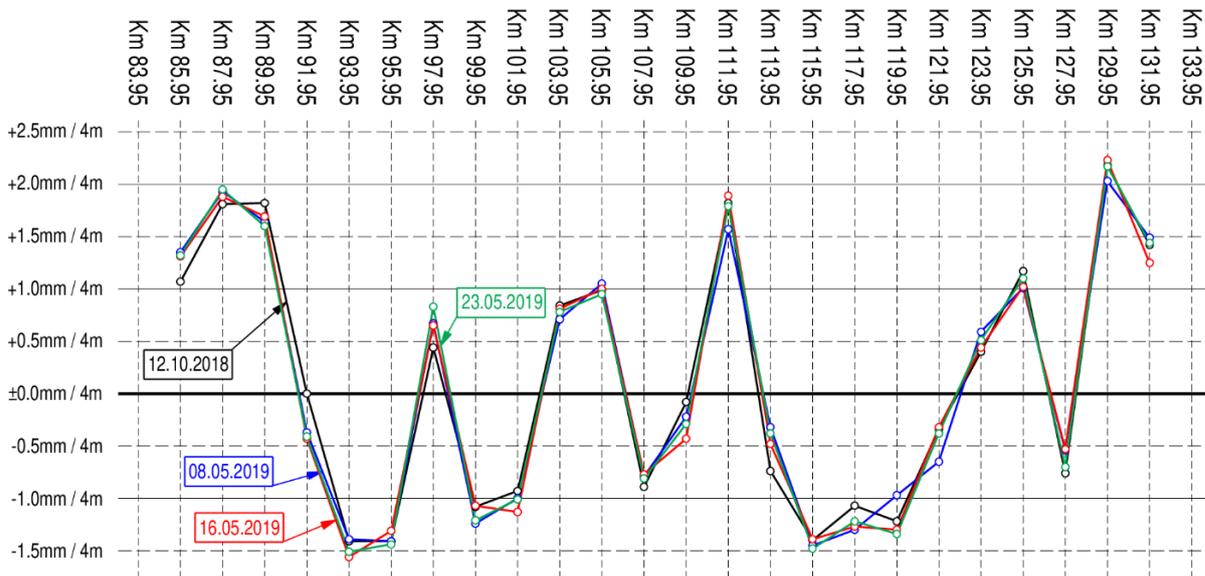


Abb. 15: Beispiel grafische Darstellungen vertikale Pfeilhöhe

6.6 Beispiel grafische Darstellungen Verwindung

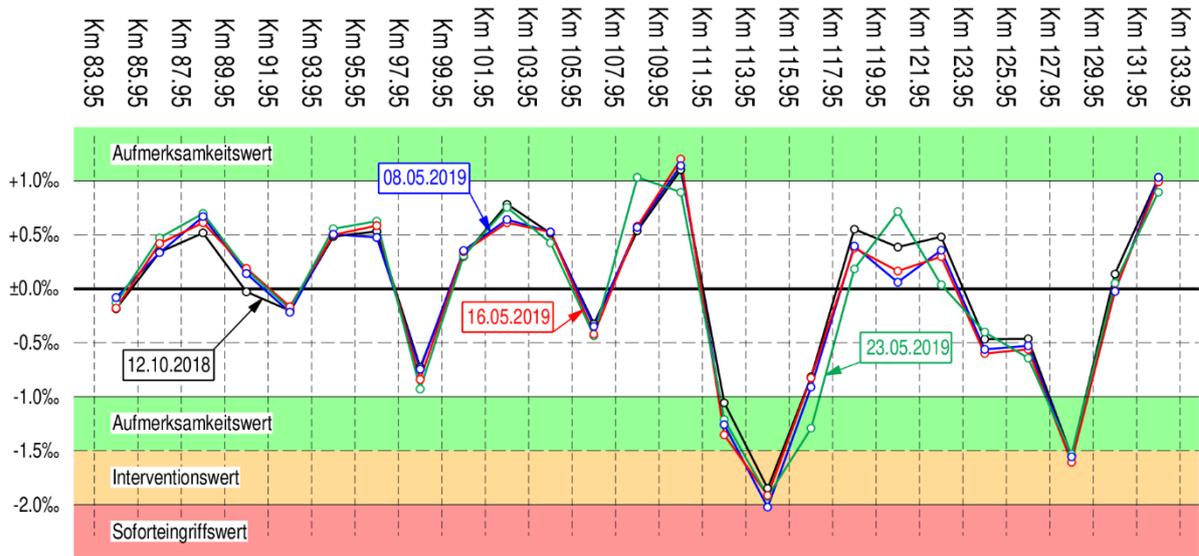


Abb. 16: Beispiel Verwindungsdiagramm

6.7 Tabelle mit horizontaler Abweichung / Pfeilhöhe

Geschwindigkeit: VR = 50 km/h
 Bedingte Formattierung: h PF
 Aufmerksamkeitswert: 5
 Interventionswert: 8
 Soforteingriffswert: 10
 Grenzwerte gemäss Angabe der BVB

Projekt: Name: Rapp Infra AG
 Beschreibung: Abt. Vermessung + Geoinformatik
 Lageveränderungen: Hochstrasse 100, 4018 Basel
 Strecke: nnn
 Gleis-Nr.: 0202 (Fahrtrichtung Bahnhof)
 Geometer: Name
 Auftraggeber: Name

RAPP 

Punktnummer der Aufnahme	Km Profil	Punkt	Abstand der Messpunkte L-R	Abstand zwischen Profil	1. Folgemessung vom 08.05.2019		2. Folgemessung vom 16.05.2020		3. Folgemessung vom 23.05.2020		4. Folgemessung vom		5. Folgemessung vom		6. Folgemessung vom	
					horizontale Abweichung Gleisachse (h Abw. 0-1) + recht / - links (Blickrichtung aufsteigende Klammern)	horizontale Pfeilhöhen (h Pf 1, auf 4m) + recht / - links	horizontale Abweichung Gleisachse (h Abw. 0-2) + recht / - links (Blickrichtung aufsteigende Klammern)	horizontale Pfeilhöhen (h Pf 2, auf 4m) + recht / - links	horizontale Abweichung Gleisachse (h Abw. 0-3) + recht / - links (Blickrichtung aufsteigende Klammern)	horizontale Pfeilhöhen (h Pf 3, auf 4m) + recht / - links	horizontale Abweichung Gleisachse (h Abw. 0-4) + recht / - links (Blickrichtung aufsteigende Klammern)	horizontale Pfeilhöhen (h Pf 4, auf 4m) + recht / - links	horizontale Abweichung Gleisachse (h Abw. 0-5) + recht / - links (Blickrichtung aufsteigende Klammern)	horizontale Pfeilhöhen (h Pf 5, auf 4m) + recht / - links	horizontale Abweichung Gleisachse (h Abw. 0-6) + recht / - links (Blickrichtung aufsteigende Klammern)	horizontale Pfeilhöhen (h Pf 6, auf 4m) + recht / - links
69	83.95	L	0.90	2.00	-0.5		-1.0		-0.5							
70	85.95	R	0.90	2.00	-1.0	+0.8	-2.5	-0.3	-2.0	+0.0						
71	87.95	L	0.90	2.00	-3.0	-0.5	-3.5	+0.0	-3.5	-0.5						
72	89.95	R	0.90	2.00	-4.0	+0.5	-4.5	+0.0	-4.0	+1.3						
73	91.95	L	0.90	2.00	-6.0	+0.5	-5.5	+1.5	-7.0	+1.0						
74	93.95	R	0.90	2.00	-9.0	-1.0	-9.5	-1.0	-12.0	-2.5						
75	95.95	L	0.90	2.00	-10.0	+1.8	-11.5	+2.3	-12.0	+5.0						
76	97.95	R	0.90	2.00	-14.5	-3.5	-18.0	-5.8	-22.0	-9.3						
77	99.95	L	0.90	2.00	-12.0	+0.3	-13.0	+1.3	-13.5	+5.5						
78	101.95	R	0.90	2.00	-10.0	+0.5	-10.5	+0.3	-16.0	-4.8						

Abb. 17: Tabelle mit horizontaler Abweichung / Pfeilhöhe

6.8 Beispiel Tabelle Setzung, Verschiebung und Neigung Fahrleitung

Geschwindigkeit	VR = 50 km/h			Projekt:	Name	Geometer:	Rapp Infra AG	
Bedingte Formatierung	Neigungs-Veränd.	Setzung	Schiebung	Beschrieb		Abt. Vermessung + Geoinformations Hochstrasse 100, 4018 Basel		
Aufmerksamkeitswert	5	20	10	Überwachung Fahrleitungsmasten		Auftraggeber:	Name	
Interventionswert	10	30	20	Strecke:	nnn			
Soforteingriffswert	Def. durch BVB			Gleis-Nr.:	0202 (Fahrtrichtung Bahnhof)			

Grenzwerte gemäss Angabe der BVB

Km Profil	Mastnummer	Nullmessung vom 12.10.2018			1. Folgemessung vom 08.05.2020								2. Folgemessung vom 16.05.2020								3. Folgemessung vom 23.05.2020								
		Höhe des Beobachtungspunktes (Mittelwert 0)	Quer-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 0$)	Länge-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 0$)	Höhe des Beobachtungspunktes (Mittelwert 1)	Setzung (0 -> 1)	Quer-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 1$)	A Neigungs-Veränderung quer (0 -> 1)	Länge-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 1$)	A Neigungs-Veränderung längs (0 -> 1)	Lageverschiebung quer zum Gleis (0 -> 1)	Lageverschiebung längs zum Gleis (0 -> 1)	Höhe des Beobachtungspunktes (Mittelwert 2)	Setzung (0 -> 2)	Quer-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 2$)	A Neigungs-Veränderung quer (0 -> 2)	Länge-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 2$)	A Neigungs-Veränderung längs (0 -> 2)	Lageverschiebung quer zum Gleis (0 -> 2)	Lageverschiebung längs zum Gleis (0 -> 2)	Höhe des Beobachtungspunktes (Mittelwert 3)	Setzung (0 -> 3)	Quer-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 3$)	A Neigungs-Veränderung quer (0 -> 3)	Länge-Neigung zur Vertikalen ($\alpha 3$)	A Neigungs-Veränderung längs (0 -> 3)	Lageverschiebung quer zum Gleis (0 -> 3)	Lageverschiebung längs zum Gleis (0 -> 3)	
		[m]	[mm/m]	[mm/m]	[m]	[mm]	[mm/m]	[mm]	[mm/m]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm/m]	[mm]	[mm/m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm/m]	[mm]	[mm/m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
75.60	20	268.915	+0	+0	268.914	-1	+2	+2	+1	+1	+1	+0	268.913	-2	+1	+1	+1	+1	+0	268.913	-2	+2	+2	+2	+2	+5	+5	+6	
95.70	21	268.834	+1	+0	268.832	-2	+3	+2	+3	+3	-1	+0	268.829	-5	+5	+4	+5	+2	+3	268.813	-21	+7	+6	+11	+11	+8	+11		
115.00	22	268.881	+0	+1	268.881	+0	-1	-1	+4	+4	+1	-1	268.881	+0	-2	-2	+4	+0	+0	268.880	-1	-1	-1	+3	+2	+1	-1		

Abb. 18: Beispiel Tabelle Setzung, Verschiebung und Neigung Fahrleitung

7 Fotodokumentation Beobachtungspunkte

Die nachfolgenden Bilder zeigen Möglichkeiten der Punktversicherung am Gleis für eine nivellitische Setzungsmessung des Fahrschienenkopfes, einer tachymetrischen 3D-Messung und für ein Monitoring.

7.1 Nivellement Fahrschienenkopf Vignol



Abb. 19: Markierung des Messpunktes an der Außenkante der Fahrschiene.

7.2 Nivellement Fahrschienenkopf Rillenschiene



Abb. 20: Körnerloch auf dem Rillenkopf und Markierung auf dem Belag, Messung auf Fahrschienenkopf

7.3 3D-Messung Vignolschiene



Abb. 21: Mini-Lotstock zentriert auf markiertem Messpunkt auf Gleisschwelle

7.4 3D-Messung Rillenschiene



Abb. 22: Mini-Lotstock zentriert auf Körnerloch der Rillenschiene

7.5 3D-Monitoring auf Schwelle



Abb. 23: Monitoring-Primen mit Konsolen direkt auf Schwelle geklebt

8 Entscheidungsdiagramm

