

DIN EN 13848-2



ICS 93.100

Entwurf

Einsprüche bis 2018-12-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13848-2:2006-08

**Bahnanwendungen –
Oberbau –
Geometrische Gleislagegüte –
Teil 2: Messsysteme – Gleismessfahrzeuge;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13848-2:2018**

Railway applications –
Track –
Track geometry quality –
Part 2: Measuring systems – Track recording vehicles;
German and English version prEN 13848-2:2018

Applications ferroviaires –
Voie –
Qualité géométrique de la voie –
Partie 2: Systèmes de mesure – Véhicules d'enregistrement de la voie;
Version allemande et anglaise prEN 13848-2:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-10-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Rolandstr. 4, 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 94 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13848-2:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche/nationale Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 087-00-01-06 UA „Abnahme von Oberbauarbeiten“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13848-2:2006-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde geändert;
- b) die Normativen Verweisungen wurden erweitert;
- c) die Begriffe wurden erweitert;
- d) Tabelle 1 wurde geändert;
- e) der Text von Abschnitt 5 und Abschnitt 6 wurden geändert;
- f) Bild 1 und Bild 2 wurden ersetzt;
- g) Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5 wurden hinzugefügt;
- h) der Text von Anhang A, Anhang B und Anhang C wurde geändert;
- i) Tabelle C.4, Tabelle C.5, Tabelle C.12 und Tabelle C.13 wurden entfernt;
- j) Anhang D und Anhang E wurden hinzugefügt;
- k) die Literaturhinweise wurden geändert.

Bahnanwendungen — Oberbau — Geometrische Gleislagegüte — Teil 2: Messsysteme — Gleismessfahrzeuge

Applications ferroviaires — Voie — Qualité géométrique de la voie — Partie 2 : Systèmes de mesure — Véhicules d'enregistrement de la voie

Railway applications — Track — Track geometry quality — Part 2: Measuring systems — Track recording vehicles

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Gleisgeometrieaufnahmesystems	7
5.1 Allgemeine Beschreibung	7
5.2 Umweltbedingungen	9
5.2.1 Einleitung	9
5.2.2 Klimabedingungen	9
5.2.3 Betriebsbedingungen	9
5.3 Eingabe von Gleismerkmalen	10
5.4 Ortszuordnungsgerät	10
5.5 Messgeräte	11
5.5.1 Allgemeines	11
5.5.2 Sensoren	11
5.5.3 Signalübertragung	11
5.6 Auflösung	11
5.7 Signalverarbeitung	12
5.8 Datenverarbeitung und -analyse	12
5.8.1 Allgemeine Anforderungen	12
5.8.2 Parametererzeugung	12
5.8.3 Datenzusammenführung	12
5.8.4 Parameteranalyse	12
5.8.5 Vorbereitung für Ausgabeschnittstellen	12
5.9 Datendarstellung und -speicherung	13
5.9.1 Bedienerschnittstellen	13
5.9.2 Benutzerschnittstellen	13
5.9.3 Ausgabe der Analysewerte	13
5.9.4 Datenübertragung	13
5.9.5 Datenspeicherung	13
6 Prüfung des Gleisgeometrieaufnahmesystems	14
6.1 Einleitung	14
6.2 Kalibrierung	14
6.3 Validierung	14
6.3.1 Übersicht	14
6.3.2 Statische Prüfungen	14
6.3.3 Dynamische Prüfungen	15
6.3.4 Methodik und Häufigkeit der Validierungsprüfungen	17
6.3.5 Verifizierung von Messfahrten (während des Betriebs)	25
Anhang A (informativ) Frequenzanalyse	27
A.1 Allgemeine Beschreibung	27
A.1.1 Übertragungsfunktion	27
A.1.2 Kohärenzfunktion	28
A.1.3 Kreuzkorrelationsdichte (PSD)	28

A.2	Praktische Berechnung	29
A.3	Anwendungen innerhalb dieser Norm	30
A.3.1	Vergleich zweier Messfahrten	30
A.3.2	Crosscheck	31
Anhang B (informativ) Messprinzipien.....		33
B.1	Allgemeine Beschreibung.....	33
B.2	Längshöhe und Richtung	33
B.2.1	Sehnenmessverfahren	33
B.2.2	Inertialmesssystem	34
B.3	Spurweite	34
B.4	Überhöhung.....	34
B.5	Verwindung	34
Anhang C (normativ) Beschreibung der Feldversuche: vorgeschriebene Werte		35
C.1	Allgemeines	35
C.2	Wiederholbarkeit.....	35
C.2.1	Statistische Analyse der Parameterdaten	35
C.2.2	Frequenzanalyse.....	36
C.3	Reproduzierbarkeit.....	37
C.3.1	Statistische Analyse der Parameterdaten	37
C.3.2	Frequenzanalyse.....	37
C.4	Crosscheck	38
C.4.1	Allgemeines	38
C.4.2	Übertragungsfunktion	39
C.4.3	Kohärenzfunktion	39
Anhang D (informativ) Messunsicherheit der Gleisgeometrie.....		40
D.1	Allgemeines	40
D.2	Bewertung der Unsicherheit für Gleisgeometriemesssysteme	42
D.3	Messunsicherheit: Grenzwerte.....	44
Anhang E (informativ) Crosschecks im Raumbereich		46
Literaturhinweise.....		47

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13848-2:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13848-2:2006 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Normungsauftrag erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Diese Europäische Norm ist ein Teil der Normenreihe EN 13848 „*Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie*“ wie nachstehend aufgeführt:

- *Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*
- *Teil 2: Messsysteme — Gleismessfahrzeuge*
- *Teil 3: Messsysteme — Gleisbau- und Instandhaltungsmaschinen*
- *Teil 4: Messsysteme — Handgeführte und leichte Vorrichtungen*
- *Teil 5: Geometrische Qualitätsstufen — Gleise, Weichen und Kreuzungen*
- *Teil 6: Charakterisierung der geometrischen Gleislagequalität*

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die minimalen Anforderungen an Messprinzipien und Systeme für die Gleisgeometrie, um vergleichbare Ergebnisse bei Messung desselben Gleises zu erzielen. Das Dokument betrifft alle Messsysteme mit oder ohne Bediener, die an Fahrzeugen angebracht sind, mit Ausnahme der in EN 13848-3 und EN 13848-4 festgelegten Systeme. Nur nach dem Inkrafttreten der Norm in Betrieb genommene Geräte sind hiervon betroffen.

Diese Europäische Norm definiert nicht die Abnahmebedingungen für Fahrzeuge.

Dieses Dokument gilt nicht für Messeinrichtungen für städtische Schienenbahnen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13848-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*

EN 13848-6, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 6: Charakterisierung der geometrischen Gleislagequalität*

JCGM 200:2012 *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Gleisgeometriemessfahrzeug

selbstfahrendes oder gezogenes Fahrzeug mit fest eingebauten Messeinrichtungen und -systemen zur Messung, Bewertung und Aufzeichnung von Gleisgeometrieparametern unter Last, das Messergebnisse nach den Anforderungen nach EN 13848-1 liefert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messeinrichtung kann begleitet sein oder nicht. Das Gleisgeometriemessfahrzeug ist Teil der Infrastrukturprüffahrzeuge nach TSI Loc&Pas 1302/2014/EG.

3.2

Sensor

Gerät, das Eigenschaften der Gleisgeometrie misst und in Werte umsetzt, die zur weiteren Datenverarbeitung genutzt werden können

3.3

Wiederholbarkeit

Grad der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen zweier aufeinander folgender Messungen desselben Parameters unter den gleichen Bedingungen (Geschwindigkeit, Messrichtung), wobei die einzelnen Messungen auf dem gleichen Gleisabschnitt unter folgenden Bedingungen ausgeführt werden:

- gleiche Messmethode;
- gleiche Fahrzeugrichtung;
- gleiche Analysemethode;
- gleiche Umgebungsbedingungen;
- kurzer Zeitabstand zwischen aufeinander folgenden Messungen

3.4

Reproduzierbarkeit

Grad der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen zweier aufeinander folgender Messungen desselben Parameters unter unterschiedlichen Bedingungen, wobei die einzelnen Messungen auf dem gleichen Gleisabschnitt mit der gleichen Mess- und Analysemethode unter folgenden Bedingungen ausgeführt werden:

- Variation der Geschwindigkeit;
- unterschiedliche Messrichtung;
- unterschiedliche Orientierung des Fahrzeugs;
- verschiedene Umweltbedingungen;
- kurzer Zeitabstand zwischen aufeinander folgenden Messungen

3.5

Vergleichbarkeit

Grad der Übereinstimmung zwischen verschiedenen Gleismessfahrzeugen unter denselben Bedingungen

3.6

Validierung

Messungen zur Feststellung der Übereinstimmung des Gleismessfahrzeugs mit den Anforderungen dieser Norm

3.7

Kalibrierung

Reihe von Prozeduren zur Justierung der Messgeräte der Gleismesseinrichtungen, um die Anforderungen dieser Europäischen Norm nach JCGM 200:2012 zu erfüllen

3.8

Ereignis

Merkmale am Gleis oder an der Strecke technischer, physikalischer oder natürlicher Art

3.9

Lokalisierung

Information, die benötigt wird, um Ereignisse und gemessene Gleisgeometriewerte zu lokalisieren

3.10

Referenzgleis

Gleis mit bekannter Gleisgeometrie, das eine angemessene Überprüfung des Gleismesssystems erlaubt

3.11

unbegleitete Geometriemesseinrichtung (UGMS)

an einem Fahrzeug angebrachte Gleisgeometriemesseinrichtung ohne menschliche Intervention während der Messungen

3.12

Einstellung einer Messeinrichtung

Reihe von an einer Messeinrichtung ausgeführten Arbeitsschritten, sodass die Einrichtung die vorgeschriebenen Anzeigen entsprechend den gegebenen Werten einer zu messenden Größe liefert (VIM- International vocabulary of metrology JCGM 200:2012)

3.13

Quervergleich

Verfahren zum Vergleich der Signale eines einzelnen Durchlaufs für verknüpfte Parameter (z. B. Längshöhe für jede Schiene im Vergleich zur gegenseitigen Höhenlage oder Richtung jeder Schiene im Vergleich zur Spurweite) aus verschiedenen Eingaben (z. B. Geräte oder Signalverarbeitung)

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Nr.	Symbol	Benennung	Einheit
1	$D1$	Wellenlängenbereich $3\text{ m} < \lambda \leq 25\text{ m}$	m
2	$D2$	Wellenlängenbereich $25\text{ m} < \lambda \leq 70\text{ m}$	m
3	$D3$	Wellenlängenbereich $70\text{ m} < \lambda \leq 150\text{ m}$ für Längshöhe Wellenlängenbereich $70\text{ m} < \lambda \leq 200\text{ m}$ für Richtung	m
4	λ	Wellenlänge	m
5	$V_{\max}$	maximal mögliche Messgeschwindigkeit einer Aufnahmeeinrichtung	km/h
6	$V_{\min}$	minimal mögliche Messgeschwindigkeit einer Aufnahmeeinrichtung	km/h

5 Gleisgeometrieaufnahmesystems

5.1 Allgemeine Beschreibung

Für die Anwendung dieser Norm wird das Gleisgeometrieaufnahmesystem in die gezeigten Einheiten aufgeteilt, siehe Bild 1 unten:

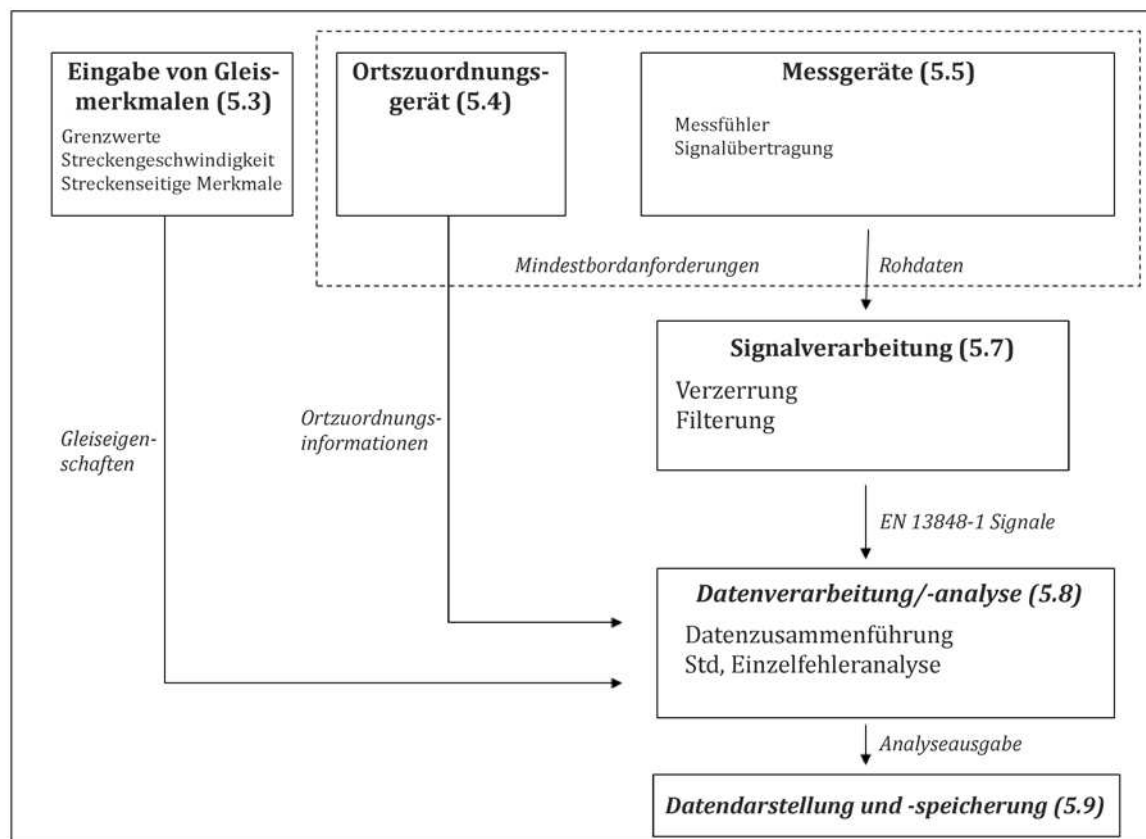


Bild 1 — Gleisgeometriemesssystem

Bei Messung desselben Gleises müssen Gleisgeometriemesssysteme konsistente und vergleichbare Ergebnisse ungeachtet der Messgeschwindigkeit und Fahrtrichtung liefern. Diese Ergebnisse können zur Streckenzustandsüberwachung, Instandhaltungsplanung und Sicherheitsüberwachung abhängig von der Gleisgeometrie verwendet werden.

Das Gleisgeometriemesssystem umfasst die Gesamtheit aller Einrichtungen für Folgendes:

- Messung der Gleisgeometrieparameter;
- Erfassung von Messungen oder Informationen, die die Bestimmung der Position während der Messschritte ermöglichen;
- Zuordnung der beiden Messungen, um im Gleis die Parameter, die einen vorgegebenen Schwellwert überschreiten, oder andere Merkmale, die das Gleis charakterisieren, präzise lokalisieren zu können;
- Aufzeichnung dieser Parameter auf computerlesbaren Medien;
- Berechnung von anderen Parametern (z. B. Verwindung, Krümmung), die aus den direkt gemessenen Parametern abgeleitet werden;
- Verarbeitung der gemessenen Daten zur Analyse der Gleisgeometrieparameter;
- Angabe und Speicherung der Ergebnisse.

Die Ausgabe des Gleisgeometriemesssystems muss die einzelnen Parameteranforderungen nach EN 13848-1 erfüllen. Alle zur Bestimmung der in EN 13848-1 spezifizierten Parameter erforderlichen Daten müssen während der Messfahrt aufgenommen und gespeichert werden. Die ermittelten Parameter sollten graphisch angezeigt und analysiert werden in strenger Zuordnung zum entsprechenden Ort.

Das Gleisgeometriemesssystem muss überwacht werden und muss die nach EN 13848-1 spezifizierten Gleisgeometriemessungen bei belastetem Gleis erlauben.

Art und Typ des Computersystems müssen für schienenfahrzeuggebundene Anwendungen geeignet sein.

Um eine Unterbrechung der Gleisgeometriemessung und den Verlust gespeicherter Daten bei einer Netzunterbrechung der Stromversorgung zu vermeiden, sollte eine geeignete nicht unterbrechbare Stromversorgung vorgesehen werden.

5.2 Umweltbedingungen

5.2.1 Einleitung

Alle im Gleismessfahrzeug eingebauten Messgeräte und Hardwarekomponenten müssen mit den im Folgenden spezifizierten Umweltbedingungen verträglich sein.

5.2.2 Klimabedingungen

Für außen und innen eingebaute Komponenten müssen die folgenden Bedingungen beachtet werden:

— **außen angebrachte Komponenten:**

- Umgebungstemperatur;
- Kondensation, besonders die schnellen Temperaturänderungen bei Tunneleinfahrten und -ausfahrten;
- Möglichkeit extremer Wetterbedingungen (Starkregen, Schnee, direkte Sonneneinstrahlung usw.);
- relative Luftfeuchte der Umgebung;

— **innen eingebaute Komponenten:**

- Umgebungstemperatur bei Betrieb und Abstellen der Fahrzeuge;
- relative Luftfeuchte der Umgebung;

5.2.3 Betriebsbedingungen

Die folgenden Elemente müssen beachtet werden:

- Aufprall von Schottersteinen und Eisenteilen;
- Fett der Spurkranzschmierung;
- Reflexionsbedingungen der Schiene;
- charakteristische Lichtverhältnisse;
- Staub, Wasser und Schnee in Verbindung mit aerodynamischen Verhältnissen;

- Sicherheitsbestimmungen (z. B. Lasersysteme);
- Vibrationen und Stöße;
- elektromagnetische Umgebungsbedingungen;
- Verträglichkeit mit Signal- und Kommunikationssystemen.

5.3 Eingabe von Gleismerkmalen

Die Eingabe von Gleismerkmalen unterstützt die Datenanalyse (siehe 5.8) und muss mindestens Folgendes umfassen:

- mehrere Grenzwerte der Gleisgeometrieparameter wie in EN 13848-5 definiert;
- Streckengeschwindigkeit.

Darüber hinaus können weitere Eingaben nützlich sein wie etwa:

- raumbezogene Positionierung,
- streckenseitige Eigenschaften wie Weichen, Bahnübergänge, Brücken, Tunnel, und
- Gestaltungsparameter von Gleiskomponenten und der Gleisrichtung.

All diese Daten sollten manuell oder automatisch eingegeben werden können.

5.4 Ortszuordnungsgerät

Der Referenzpunkt für das Ortszuordnungssystem darf die Kilometerinformation oder andere feste Punkte sein.

Das Ortszuordnungsgerät gibt die Position des Gleismessfahrzeugs auf dem Gleis wieder und muss folgende Funktionen erfüllen:

- Synchronisieren der Position mit dem Referenzpunkt durch verschiedene Methoden, z. B. GPS, aktive oder passive Balisen, Gleisanordnung oder andere singuläre Punkte;
- Messen der vom Gleismessfahrzeug gefahrenen Wegstrecke, kompensiert für "*Richtungsumkehr*" und im Allgemeinen basierend auf einem am Rad montierten Weggeber oder jedem anderen äquivalenten Verfahren;
- manuelle oder automatische Korrektur für Ungenauigkeiten durch
 - Abnutzung, Schlupf, Konizität der Räder des Gleismessfahrzeugs,
 - unterschiedliche Länge des Kilometers, und
 - Ungenauigkeit des Weggebers.

5.5 Messgeräte

5.5.1 Allgemeines

Das Gleisgeometriemesssystem beruht auf Sensoren, Signalübertragung und Signalverarbeitung nach verschiedenen Messprinzipien, wie in Anhang B beschrieben.

Bei einem Sehnemesssystem muss der Geschwindigkeitsbereich vom Stillstand bis zur größten erlaubten Messgeschwindigkeit des Fahrzeugs reichen; bei einem Inertialmesssystem darf eine Minimalgeschwindigkeit zur Messung einiger Parameter nötig sein. Die Mindestgeschwindigkeit sollte nach mit den Eigenschaften des verwendeten Systems und den durch den Infrastrukturmanager definierten Bedürfnissen festgelegt sein (z. B. sind für konventionelle trägheitsbasierte Messsysteme üblicherweise 10 km/h für den Wellenlängenbereich *D1* erforderlich).

5.5.2 Sensoren

Die Sensoren müssen die Gleisgeometrieparameter oder ihre Komponenten in Echtzeit messen. Um die Parameter unter gleisbelasteten Bedingungen zu messen, müssen die unter dem Fahrzeugrahmen montierten Sensoren so nah wie möglich an einer belasteten Achse angebracht sein, um die Messbedingungen nach EN 13848-1 zu erfüllen. Die Sensoren können berührend oder nicht berührend messende Sensoren sein.

Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften des Sensors (Frequenzgang, Signal-Rausch-Verhältnis, Verstärkung usw.) sollen unabhängig von den Umweltbedingungen im Schienennetz die Ermittlung der Gleisgeometrieparameter ermöglichen.

5.5.3 Signalübertragung

Die Signalübertragung umfasst alle Elemente, die für die Datenübergabe zwischen dem Sensor und der Signalverarbeitungseinheit nötig sind.

Folgende Mindestanforderungen müssen erfüllt sein:

- keine Phasenverschiebung;
- keine Verzerrung der Ergebnisdaten;
- Übereinstimmung mit den entsprechenden Datenübergabestandards der Industrie.

Die Übertragungseigenschaften müssen für die maximale Messgeschwindigkeit des Gleismessfahrzeugs und das benötigte Datenvolumen geeignet sein.

5.6 Auflösung

Die Auflösung muss $\leq 0,1$ mm für jeden gemessenen Hauptgleisgeometrieparameter nach EN 13848-1 betragen.

5.7 Signalverarbeitung

Die Signalverarbeitung liefert die Daten für einige Gleisgeometrieparameter in Übereinstimmung mit EN 13848-1 unter Verwendung von Signalen verschiedener Sensoren. Die übrigen Parameter werden aus der Ausgabe der Signalverarbeitung berechnet wie etwa Verwindung.

Bei der Signalverarbeitung müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

- Abtastung: Alle Messungen müssen in gleichmäßigen Abständen von vorzugsweise 0,25 m oder weniger, jedoch nicht mehr als 0,5 m genommen werden;
- Entzerrung: Im Fall von Sehnenmessungen muss das Signal nach EN 13848-1 entzerrt werden;
- Filterung: Die Filtereigenschaften für die Wellenlängenbereiche müssen die Anforderungen nach EN 13848-1 erfüllen und beschrieben werden. Um Aliasing zu vermeiden, müssen analoge Signale in Übereinstimmung mit dem Abtasttheorem gefiltert werden.

5.8 Datenverarbeitung und -analyse

5.8.1 Allgemeine Anforderungen

Die Software muss flexibel und modular sein, um Modifikationen wie beispielsweise Filterimplementierungen oder Ausgabeformate zu ermöglichen.

Im Systemdesign müssen eine Erhöhung der Anzahl der Eingangssignale sowie die Erhöhung der Anzahl von Rechenoperationen vorgesehen werden.

5.8.2 Parametererzeugung

Die Ausgabe der Signalverarbeitung in 5.7 wird verwendet, um alle Gleisparameter wie in EN 13848-1 festgelegt zu generieren.

5.8.3 Datenzusammenführung

Um die Gleisgeometriequalität zu beurteilen, müssen die Gleisparameter mit der Gleisortszuordnung und den Gleiseigenschaften synchronisiert werden.

5.8.4 Parameteranalyse

Die in EN 13848-1 festgelegten Gleisgeometrieparameter werden in Bezug auf das Qualitätsniveau und die in EN 13848-5 festgelegten sicherheitsbezogenen Grenzwerte analysiert.

5.8.5 Vorbereitung für Ausgabeschnittstellen

Das Datenverarbeitungssystem muss Signale und zugehörige Informationen für verschiedene Ausgaben zur Verfügung stellen:

- Datenspeicherung;
- Parametervisualisierung;
- graphische Darstellung der Gleisgeometrie;
- Überschreitung der Schwellenwerte;
- Standardabweichung und Mittelwerte;
- Kalibrierung;
- Online-Plausibilitätsprüfung.

5.9 Datendarstellung und -speicherung

5.9.1 Bedienerchnittstellen

Um die Überwachung des Gleisgeometrieaufnahmesystems durch den Bediener zu ermöglichen, muss eine Schnittstelle mit den folgenden Eigenschaften bereitgestellt werden:

- Zugang zu den Systemkonfigurationsparametern wie etwa Filterkoeffizienten, Kalibrierungseinstellungen;
- Zugang zu allen Diagnoseinformationen des Messsystems (z. B. Lasertemperatur, Rohdaten, Sensorspannung), um Funktionsstörungen zu erkennen und zu analysieren.

5.9.2 Benutzerschnittstellen

Die Nutzer der gemessenen Daten, d. h. Oberbauverantwortliche, sind besonders an dem Zustand der Gleisgeometrie interessiert.

Die Benutzerschnittstelle muss Folgendes im grafischen und/oder Textformat enthalten:

- Gleisgeometrieparameter;
- Schwellenwerte;
- Ortszuordnungsdaten;
- Gleiseigenschaften.

5.9.3 Ausgabe der Analysewerte

Die Ausgaben müssen den Anforderungen in Übereinstimmung mit EN 13848-1 und 5.8.5 entsprechend erfolgen.

5.9.4 Datenübertragung

Die Daten müssen mittels Wechselplatten, Netzwerk oder drahtloser Datenübertragung nach einem Industriestandard übertragbar sein.

5.9.5 Datenspeicherung

Mindestens die folgenden Daten müssen in einem vorgeschriebenen lesbaren Format gespeichert werden:

- Messparameter, wie in EN 13848-1 beschrieben;
- oben beschriebene Ergebnisse der Datenanalyse einschließlich Einstellungen;
- mit den gemessenen Parametern verbundene Ortsinformation;
- Datum und Uhrzeit der Messfahrt;
- Identifikation des Messfahrzeugs;
- Bemerkungen des Benutzers und Besonderheiten;
- Information zur Gültigkeit der Messung.

6 Prüfung des Gleisgeometrieaufnahme-systems

6.1 Einleitung

Dieser Abschnitt beschreibt die Aktionen und Prozeduren, die nötig sind, um den effektiven Betrieb des Messsystems und der entsprechenden Datenverarbeitung sicherzustellen:

a) Kalibrierung

Die Kalibrierung stellt die sorgfältige Einstellung der Geräte innerhalb des Gleisgeometriemesssystems sicher.

b) Validierung und Einstellung

Hierdurch wird nachgewiesen, dass das gesamte System die erforderlichen Anforderungen für den korrekten Betrieb erfüllt. Darüber hinaus wird hierdurch sichergestellt, dass das System während der Routinearbeiten weiterhin einwandfrei funktioniert.

6.2 Kalibrierung

Zur dauerhaften Erhaltung der Messgenauigkeit müssen die Messgeräte kalibriert werden. Die Kalibrierung erfolgt nach einem festgelegten Prozess. Der Prozess ist nach Anweisung durch den Hersteller oder den Nutzer durchzuführen.

ANMERKUNG Die Kalibrierung erfolgt üblicherweise vor der Lieferung des Messsystems.

6.3 Validierung

6.3.1 Übersicht

Nach der Kalibrierung des Gleisgeometrieaufnahme-systems muss ein Verfahren auf der Grundlage eines Vergleichs zwischen den verschiedenen Messläufen auf dem gleichen Gleisabschnitt zur Validierung des Aufnahme-systems ausgeführt werden.

Die Bewertungsverfahren müssen in folgenden Fällen angewendet werden:

- erstmalige Prüfung eines neuen oder modifizierten Gleisgeometriemesssystems;
- nach der Wartung oder Reparatur des Gleisgeometriemesssystems;
- auf regelmäßiger Basis.

Darüber hinaus kann während des normalen Betriebs eine vereinfachte Validierung angewendet werden.

Es bestehen drei Arten der Validierung:

- statische Prüfungen (siehe 6.3.2);
- dynamische Prüfungen (siehe 6.3.3);
- während des Betriebs (siehe 6.3.5).

6.3.2 Statische Prüfungen

Statische Prüfungen betreffen hauptsächlich die Gleisspurweite und gegenseitige Höhenlagenmessungen. Hierbei wird der gemessene Wert mit einem festgelegten Referenzwert verglichen.

6.3.3 Dynamische Prüfungen

6.3.3.1 Übersicht

Dynamische Prüfungen betreffen alle Gleisgeometrieparameter nach EN 13848-1. Hierbei werden die gemessenen Werte aufeinander folgender Messläufe unter identischen oder variierenden Messbedingungen verglichen. Für verknüpfte Parameter sind auch Quervergleiche anwendbar.

6.3.3.2 Messbedingungen für die Validierung

Das Gleisgeometriemesssystem muss den Anforderungen nach EN 13848-1 unter allen folgenden Prüfbedingungen entsprechen:

- normaler Betrieb des Aufnahmefahrzeugs nach den Spezifikationen des Herstellers;
- verschiedene Messgeschwindigkeiten einschließlich mindestens der minimalen und maximalen möglichen Messgeschwindigkeiten;
- beide Messrichtungen;
- beide Stellungen des Fahrzeugs.

ANMERKUNG 1 In einigen Netzen ist die Nutzung von Messfahrzeugen auf begrenzte Kombinationen aus Messrichtung und Stellung beschränkt. Für diese Netze werden nur diese Kombinationen für die Validierung berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Die maximale Messgeschwindigkeit ist durch das Messsystem, das Fahrzeug, die Streckengeschwindigkeit und alle durch das Netz festgelegten Bedingungen beschränkt.

Falls möglich, sollten auch die in 5.2 angegebenen Messbedingungen geprüft werden.

6.3.3.3 Gleisbedingungen für die Validierung

Für den Einsatz auf konventionellen Strecken muss das Geometrieaufzeichnungssystem über eine Vielzahl von Gleisgestaltungseigenschaften geprüft werden: Kurven mit verschiedenen Radien und Richtungen, wesentliche Schienenneigungen, häufiger Wechsel zwischen Kurven und geraden Streckenabschnitten usw.

Die Gleisgeometriequalität sollte vorzugsweise die Standardabweichungen der Klasse A bis Klasse C nach EN 13848-6 für einen Geschwindigkeitsbereich zwischen 120 km/h und 160 km/h enthalten.

Aufgrund des Risikos hochdynamischer Gleisreaktionen dürfen bestimmte Gleisabschnitte von der Validierung ausgeschlossen werden wie etwa:

- Abschnitt der Qualitätsklasse E für denselben Geschwindigkeitsbereich,
- Gleisabschnitte, die keine geraden Strecken sind (z. B. Nebengleise, Weichen und Kreuzungen ...), und
- Gleisabschnitte, die verschlissene Komponenten enthalten wie etwa lose Befestigungsmittel.

Die Gesamtlänge der für die Validierung verwendeten Gleisabschnitte sollte nicht weniger als 5 km betragen (übliche Länge: 10 km). Bei Geschwindigkeiten von nicht mehr als 40 km/h darf ein kürzerer Prüfabschnitt wie etwa 1 km verwendet werden.

Ein Referenzgleis darf genutzt werden, um eine Vergleichbarkeit zwischen Systemen und im Verlauf der Zeit sicherzustellen.

In den Versuchsberichten müssen die Eigenschaften über die Beschaffenheit der Versuchsstrecke, wie Bogenradien und geometrische Gleisqualität, enthalten sein.

6.3.3.4 Vergleich verschiedener Messfahrten

6.3.3.4.1 Übersicht

Zwei Arten von Analysen können durchgeführt werden:

- Vergleiche von Messfahrten desselben Aufnahmesystems;
- Vergleich mit Messfahrten eines anderen Aufnahmesystems zur Erfassung von Gleisgeometriedaten.

Die statistische Analyse von Parameterdaten muss verwendet werden, um Messfahrten zu vergleichen (siehe 6.3.3.4.3).

Die Frequenzanalyse sollte verwendet werden (siehe 6.3.3.4.4).

Darüber hinaus kann die Unsicherheitsanalyse durchgeführt werden (siehe 6.3.3.4.5).

6.3.3.4.2 Synchronisierung

Die Synchronisierung ist erforderlich, um zuverlässige Ergebnisse bei dem Vergleich von Parametern zu erhalten. Aufgrund der Driftauswirkungen auf die gemessene Strecke sollte dieser Drift berechnet und auf kurzen Streckenabschnitten von z. B. 200 m Länge durch Signalverschiebung ausgeglichen werden. Alle Gleisgeometrieparameter müssen durch Anwendung derselben Verschiebung ausgeglichen werden.

Andere Behandlungen wie Resampling oder Interpolation dürfen durchgeführt werden.

6.3.3.4.3 Statistische Analyse der Parameterdaten

Die Berechnung muss für jeden zu validierenden Parameter und jedes zu Vergleichen verwendete Messfahrtpaar vorgenommen werden. Sie besteht aus folgenden Schritten:

- Berechnung der Differenz zwischen den Werten;
- Bewertung der Verteilung der Differenzen für die Gesamtlänge der Prüfabschnitte;
- Berechnung des 95. Perzentilwerts der Verteilung der absoluten Differenzen.

6.3.3.4.4 Frequenzanalyse der Parameterdaten

Ein weiterer Weg zum Vergleich zweier Prüffahrten ist die Frequenzanalyse, z. B. die Berechnung der Transfer- und Kohärenzfunktion. Für eine kurze Beschreibung dieser Funktionen siehe Anhang A.

Durch dieses Verfahren kann die Ähnlichkeit des Frequenzbereichs zweier Messungen desselben Gleisabschnitts geprüft werden. Bei Anwendung dieses Verfahrens sollte die Gesamtlänge der Prüfabschnitte mindestens 5 km betragen.

Die Übertragungsfunktion zeigt die Verzerrung im Frequenzbereich, die Kohärenzfunktion den Grad der Verlässlichkeit der Berechnungen mittels der Übertragungsfunktion.

Für die nach EN 13848-1 spezifizierten Wellenlängen sollte der Betrag der Übertragungsfunktion so nahe wie möglich bei eins liegen und die Phase so nahe wie möglich bei null.

Die feste Beziehung zwischen Probengröße und Wellenlängenbereich ($D1$, $D2$, $D3$), in dem die Analyse stattfindet, sollte bei der Festlegung der Länge der Mindestlänge des Prüfabschnitts berücksichtigt werden (siehe Anhang A).

6.3.3.4.5 Unsicherheitsanalyse

Die Schätzung der Messunsicherheit kann genutzt werden, um die Qualität des Messsystems zu bewerten und festzustellen, ob der Messprozess für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignet ist.

Ein geeignetes Verfahren und Grenzwerte für die Messunsicherheit werden in Anhang D vorgeschlagen.

6.3.3.5 Crosscheck

Crosschecks können im Frequenz- und Raumbereich vorgenommen werden.

Ein Verfahren für den Frequenzbereich wird in A.3.2 beschrieben und die Ergebnisse müssen innerhalb der in C.4 angegebenen Grenzwerte liegen.

Ein Verfahren für den Raumbereich wird in Anhang E beschrieben. Die Grenzwerte sind aufgrund mangelnder Erfahrungswerte noch ein offener Punkt.

6.3.4 Methodik und Häufigkeit der Validierungsprüfungen

6.3.4.1 Übersicht

Je nach Umständen müssen unterschiedliche Validierungsprüfungen durchgeführt werden. Diese werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

6.3.4.2 Validierung eines neuen Systems

6.3.4.2.1 Einleitung

Diese Validierung ist Teil der Abnahmeprüfung für ein neues Messsystem. Dies gilt ebenfalls für ein vollständig überholtes Messsystem oder Änderungen an dem Fahrzeug, die eine relevante Auswirkung auf das Messprinzip haben wie etwa ein Austausch des Drehgestells.

Die Validierung eines neuen Messsystems besteht aus einer der folgenden verbindlichen Prüfungen:

- Referenzverfahren: ein vollständiger Vergleich der Messfahrten desselben Fahrzeugs (siehe 6.3.4.2.2);
- alternatives Verfahren: teilweiser Vergleich der Messfahrten desselben Fahrzeugs und Vergleich der Messfahrten mit durch ein validiertes Referenzmesssystem erhaltenen Gleisgeometriedaten (siehe 6.3.4.2.3).

Darüber hinaus müssen Crosschecks angewendet werden (siehe 6.3.3.5).

6.3.4.2.2 Referenzverfahren

Dieses Verfahren basiert auf Vergleichen der Messfahrten für dasselbe Fahrzeug. Dies ist das bevorzugte Verfahren für Gleisaufnahmefahrzeuge.

Für jede unterschiedliche Prüfkongfiguration (siehe 6.3.3.2) muss eine Messfahrt über ein vorgegebenes Gleis, das die Anforderungen nach 6.3.3.3 erfüllt, durchgeführt werden.

Für alle Konfigurationen müssen zwei Arten von Prüfungen durchgeführt werden:

- Wiederholbarkeit;
- Reproduzierbarkeit.

Darüber hinaus sollte eine Unsicherheitsberechnung durchgeführt werden (siehe Anhang D).

Neue Systemprüfungen müssen den Anforderungen nach Anhang C entsprechen.

Für die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit müssen die Mindestkombinationen aus Messfahrten und Analysen in Tabelle 2 und Tabelle 3 durchgeführt werden. Für Messsysteme, die bis zum Stillstand messen können, werden die Messfahrten mit Mindestgeschwindigkeit V_{min} durch Messfahrten mit niedriger Geschwindigkeit (mindestens 5 km/h) einschließlich Stopps durchgeführt.

Der Vergleich der in Tabelle 3 angegebenen Messfahrten muss unter Anwendung der in 6.3.3.4.2 bis 6.3.3.4.4 angegebenen Vergleichsverfahren separat für jedes Konfigurationspaar angestellt werden. Jedes einzelne Ergebnis wird mit den in Anhang C angegebenen Grenzwerten verglichen.

Wenn die maximale Messgeschwindigkeit ≤ 160 km/h beträgt, sind die Geschwindigkeiten $V1$ und $V2$ festgelegt als:

— $V1 = V_{min}$ und $V2 = V_{max}$.

Wenn das Geometrieaufnahmesystem in der Lage ist, bei Geschwindigkeiten über 160 km/h zu messen, sind Tabelle 2 und Tabelle 3 zweimal anzuwenden:

- Fall 1: auf einer Strecke mit einer Geschwindigkeit $V \leq 160$ km/h: $V1 = V_{min}$ und $V2 = V_{line}$;
- Fall 2: zweitens auf einer Strecke, die die maximale Messgeschwindigkeit erlaubt: $V1 = V2$ (Fall 1) und $V2 = V_{max}$.

Tabelle 2 — Erforderliche Prüfbedingungen

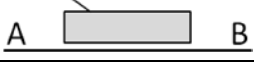
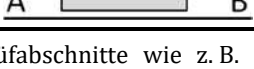
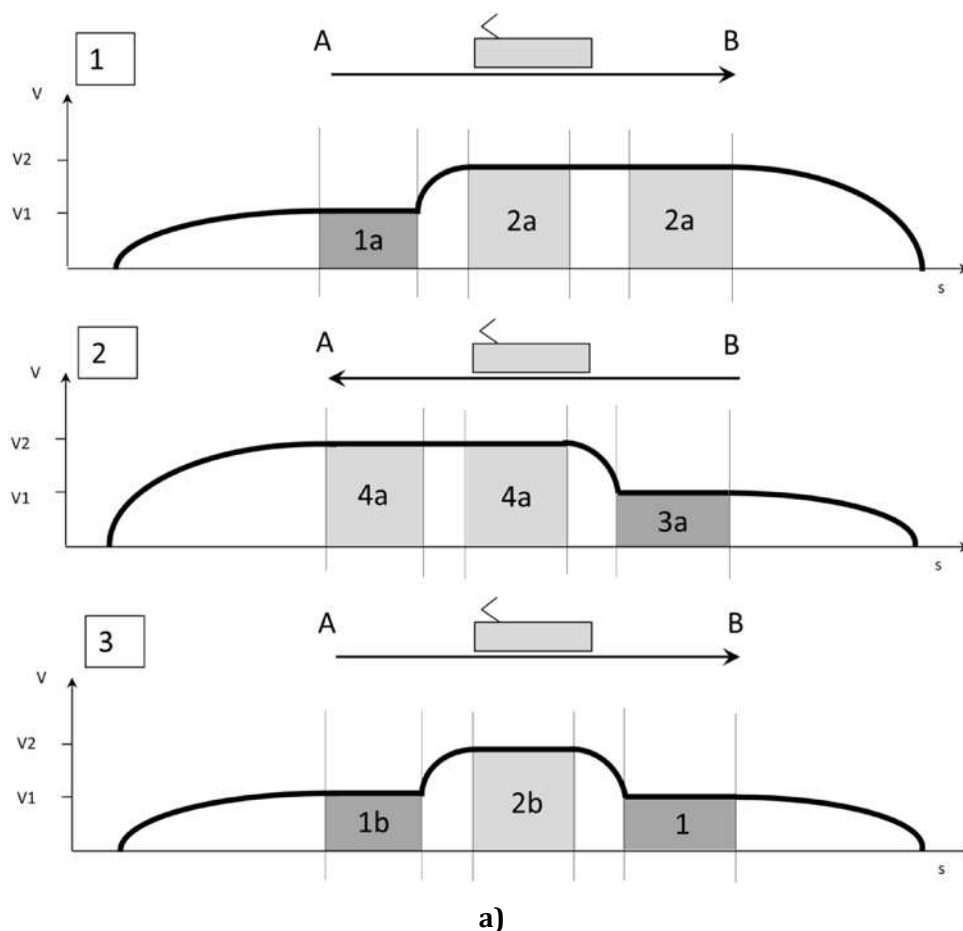
Bedingung Nr.	Geschwindigkeit	Richtung	Fahrzeugrichtung
1a	V1	A- > B	
1b	V1	A- > B	
2a	V2	A- > B	
2b	V2	A- > B	
3a	V1	B- > A	
3b	V1	B- > A	
4a	V2	B- > A	
4b	V2	B- > A	
5a	V1	B- > A	
5b	V1	B- > A	
6a	V2	B- > A	
6b	V2	B- > A	
7a	V1	A- > B	
7b	V1	A- > B	
8a	V2	A- > B	
8b	V2	A- > B	
ANMERKUNG 1 Wenn Vmin nicht mehr als 40 km/h beträgt, können kürzere Prüfabschnitte wie z. B. 1 km verwendet werden. ANMERKUNG 2 Die Messfahrten 5a/b bis 8a/b sind nur erforderlich, wenn das Aufnahmefahrzeug in der Lage ist, in beide Richtungen zu messen.			

Tabelle 3 — Erforderliche Vergleiche

Analyseart	Aufnahmefahrzeug mit 1 Messrichtung	Aufnahmefahrzeug mit 2 Messrichtungen
Wiederholbarkeit	1a und 1b 2a und 2b 3a und 3b 4a und 4b	1a und 1b 2a und 2b 3a und 3b 4a und 4b 5a und 5b 6a und 6b 7a und 7b 8a und 8b
Reproduzierbarkeit	1 und 2 1 und 3 1 und 4 2 und 3 2 und 4 3 und 4	1 und 2 1 und 3 1 und 4 1 und 5 1 und 6 1 und 7 1 und 8 2 und 3 2 und 4 2 und 5 2 und 6 2 und 7 2 und 8 3 und 4 3 und 5 3 und 6 3 und 7 3 und 8 4 und 5 4 und 6 4 und 7 4 und 8 5 und 6 5 und 7 5 und 8 6 und 7 6 und 8 7 und 8
ANMERKUNG 1 Die Messfahrtennummern ohne Buchstabe stehen für entweder Messfahrt „a“ oder Messfahrt „b“. ANMERKUNG 2 Die Messfahrten 5 bis 8 sind nur erforderlich, wenn das Aufnahmefahrzeug in der Lage ist, in beide Richtungen zu messen.		

Bild 2 zeigt ein Beispiel für die praktische Durchführung von Messfahrten mit einem Aufnahmefahrzeug, das in beide Richtungen messen kann. Dieses Verfahren sollte auf verschiedenen Streckenkategorien wiederholt werden, um alle Streckenbedingungen für die Validierung abzudecken (siehe 6.3.3.3).



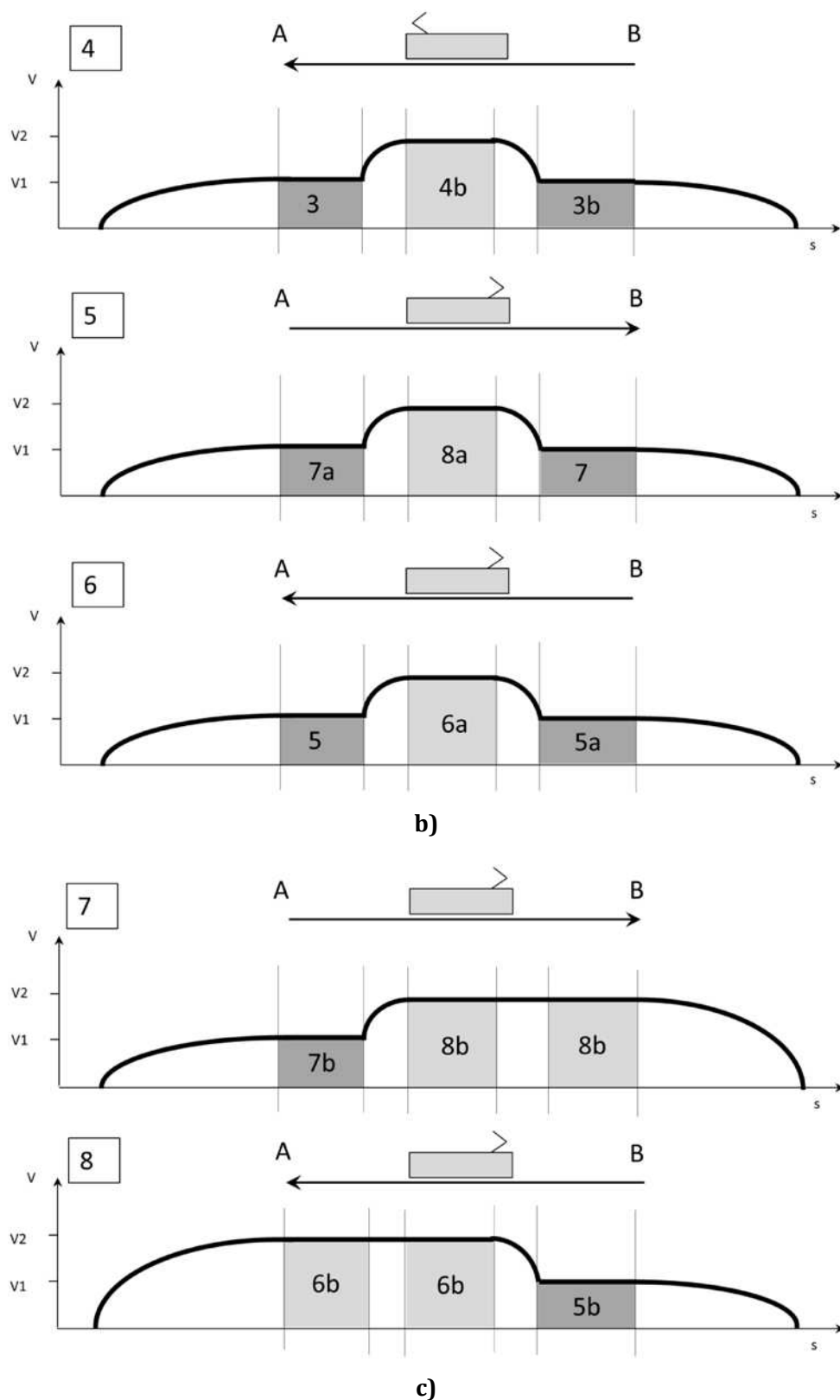


Bild 2 — Beispiel für die praktische Durchführung von Messfahrten

Für die Bestimmung der Messunsicherheit nach Anhang D sind zusätzliche Messfahrten erforderlich.

6.3.4.2.3 Alternatives Verfahren

Wenn ein Referenzverfahren nicht anwendbar ist (z. B. für unbegleitete Messsysteme, die an kommerziellen Zügen montiert sind), kann das folgende Verfahren zur Validierung eines Gleisgeometrieaufnahmesystems angewendet werden. Dieses Verfahren muss aus zwei Schritten bestehen:

- Wiederholbarkeitsprüfung;
- Vergleich mit einem Referenzsystem (validiert nach 6.3.4.2.2).

Die Wiederholbarkeitsprüfung erfolgt durch paarweisen Vergleich der Messfahrten mit einer engen Zeitspanne (um Effekte des Gleisverschleißes zu vermeiden). Die Prüfung muss den gesamten Bereich der Betriebsbedingungen nach der vorgesehenen Nutzung des Gleisgeometrieaufnahmesystems umfassen. Die Streckenabschnitte müssen die in 6.3.3.3 beschriebenen Anforderungen erfüllen. Der Vergleich der Messfahrten muss unter Anwendung der in 6.3.3.4.2 bis 6.3.3.4.4 angegebenen Vergleichsverfahren separat für jedes Konfigurationspaar angestellt werden. Jedes einzelne Ergebnis muss innerhalb der in C.2 für die Wiederholbarkeit angegebenen Grenzwerte liegen.

Um die Reproduzierbarkeitsprüfungen des Referenzverfahrens zu ersetzen, müssen die in der Wiederholbarkeitsprüfung verwendeten Messergebnisse mit den Messergebnissen eines vollständig validierten Referenzmesssystems (Referenzsignale) verglichen werden. Die Vergleiche müssen für alle Streckenabschnitte der Wiederholbarkeitsprüfung durch Berechnung des Mittelwerts der paarweisen Messsignale des geprüften Systems und Vergleich derselben mit den Referenzsignalen nach einem der in 6.3.3.4.2 bis 6.3.3.4.4 beschriebenen Verfahren durchgeführt werden. Jedes einzelne Ergebnis sollte innerhalb der in C.3 für die Reproduzierbarkeit angegebenen Grenzwerte liegen. Um die Zuverlässigkeit des Referenzsignals zu verbessern, kann der Mittelwert mehrerer Messfahrten gebildet werden.

ANMERKUNG Aufgrund mangelnder Erfahrung werden keine Grenzwerte für den Vergleich mit dem Referenzsystem als Anforderung vorgegeben.

Um mögliche Verschiebungen aufgrund unterschiedlicher Messbedingungen zu vermeiden, muss eine zusätzliche Analyse durchgeführt werden. Hierzu müssen die Verteilungen der Differenzen zwischen den mittleren Messsignalen und den Referenzsignalen nach 6.3.3.4.3 berechnet werden. Die Verteilungen müssen separat für verschiedenen Messfahrtbedingungen (z. B. langsame und hohe Geschwindigkeit, vorwärts und rückwärts) verglichen werden, um mögliche Verschiebungen zu bestimmen.

Durch dieses alternative Verfahren validierte Messsysteme dürfen nicht als Referenzsystem für die Validierung anderer Gleisgeometrieaufnahmesysteme verwendet werden.

6.3.4.3 Vereinfachte Validierung

Eine vereinfachte Validierung muss unter den folgenden Umständen in Übereinstimmung mit der Instandhaltungsanleitung des Herstellers durchgeführt werden:

- nach Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten, die das Messsystem betreffen können, z. B. ein Sensoraustausch;
- mindestens einmal pro Jahr.

Die vereinfachte Validierung besteht aus einem Vergleich der Messfahrten desselben Fahrzeugs.

Falls möglich wird ein Vergleich mit einem validierten Referenzmesssystem empfohlen.

Für die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit müssen die Mindestkombinationen aus Messfahrten und Analysen in Tabelle 4 und Tabelle 5 durchgeführt werden. Der Vergleich der in Tabelle 7 angegebenen Messfahrten muss nach 6.3.3.4 erfolgen.

Darüber hinaus müssen statische Prüfungen ausgeführt werden, um beispielsweise sicherzustellen, dass keine Verschiebungen der Messung der gegenseitigen Höhenlage und der Spurweite bestehen.

Wenn die maximale Messgeschwindigkeit ≤ 160 km/h beträgt, sind die Geschwindigkeiten V1 und V2 festgelegt als:

— V1 = Vmin und V2 = Vmax.

Wenn das Geometrieaufnahme-System in der Lage ist, bei Geschwindigkeiten über 160 km/h zu messen, sind Tabelle 4 und Tabelle 5 zweimal anzuwenden:

- Fall 1: auf einer Strecke mit einer Geschwindigkeit $V \leq 160$ km/h: V1 = Vmin und V2 = Vline;
- Fall 2: zweitens auf einer Strecke, die die maximale Messgeschwindigkeit erlaubt: V1 = V2 (Fall 1) und V2 = Vmax.

Tabelle 4 — Erforderliche Prüfbedingungen

Bedingung Nr.	Geschwindigkeit	Richtung	Ausrichtung
1a	V1	A- > B	
1b	V1	A- > B	
2a	V2	A- > B	
2b	V2	A- > B	
3	V1	B- > A	
4	V2	B- > A	
5	V1	B- > A	
6	V2	B- > A	
ANMERKUNG 1 Wenn Vmin nicht mehr als 40 km/h beträgt, können kürzere Prüfabschnitte wie z. B. 1 km verwendet werden.			
ANMERKUNG 2 Die Messfahrten 5 und 6 sind nur erforderlich, wenn das Aufnahme-fahrzeug in der Lage ist, in beide Richtungen zu messen.			

Tabelle 5 — Erforderliche Vergleiche

Analyseart	Aufnahmefahrzeug mit 1 Messrichtung	Aufnahmefahrzeug mit 2 Messrichtungen
Wiederholbarkeit	1a und 1b 2a und 2b	1a und 1b 2a und 2b
Reproduzierbarkeit	1a und 4, 2a und 4, 2a und 3, 1b und 4, 2b und 4, 2b und 3	1a und 4, 2a und 4, 2a und 3, 1b und 4, 2b und 4, 2b und 3, 1b und 6, 2b und 6, 2b und 5, 2a und 5
ANMERKUNG Die Messfahrten 5 und 6 sind nur erforderlich, wenn das Aufnahmefahrzeug in der Lage ist, in beide Richtungen zu messen.		

Wenn ein validiertes Referenzmesssystem verwendet wird, kann jede in Tabelle 6 angegebene Messfahrt für Vergleiche genutzt werden.

6.3.5 Verifizierung von Messfahrten (während des Betriebs)

6.3.5.1 Einleitung

Regelmäßige Prüfungen müssen von den Bedienern in Übereinstimmung mit den durch den Hersteller in der Bedienungsanleitung angegebenen Verfahren durchgeführt werden.

Diese können aus Chrosschecks, Einstellungsarbeiten und/oder dem Vergleich mit historischen Daten bestehen.

6.3.5.2 Vergleich verschiedener Messsysteme an demselben Fahrzeug

Einige Parameter korrelieren z. B. die Richtung jeder Schiene und die Spurweite oder die Längshöhe jeder Schiene und die gegenseitige Höhenlage. Wenn zwei verknüpfte Parameter durch einen separaten Satz von Messgeräten erkannt werden, können Geräte mit Funktionsstörungen durch Vergleich der beiden Signale ermittelt werden.

6.3.5.3 Einstellung

Die Einstellung kann nach dynamischen oder statischen Validierungsprüfungen an einigen Parametern vorgenommen werden. Um die Konsistenz der Messungen aufrechtzuerhalten, sollten diese vor einer Messfahrt vorgenommen werden. Die Einstellung kann beispielsweise aus einer neuen Verschiebung für eine Spurweite vor einer Messfahrt bestehen, wenn eine kürzliche statische Prüfung eine solche Notwendigkeit ergeben hat.

In bestimmten Fällen (z. B. wenn eine merkliche Abweichung eines Parameters oder Sensors besteht) können Einstellungen während einer Messfahrt vorgenommen werden. In einem solchen Fall muss die entsprechende Änderung in dem Messfahrtprotokoll erwähnt werden, um die vor und nach der Einstellung gemessenen Daten leicht voneinander unterscheiden zu können.

6.3.5.4 Vergleich mit historischen Daten

Historische Daten können zur Identifizierung von Messfehlern wie etwa Verschiebungen verwendet werden. Für diesen Vergleich sollte ein Gleis, das sich wahrscheinlich im Verlauf der Zeit nicht verändert, z. B. eine feste Fahrbahn, verwendet werden. Es sollte auf Gleisarbeiten, die die Gleisgeometrie beeinflussen, geachtet werden.

Anhang A (informativ)

Frequenzanalyse

A.1 Allgemeine Beschreibung

A.1.1 Übertragungsfunktion

Ein Gleismessfahrzeug liefert eine Auswahl von Gleisparametern, die von Filtern und Filtereffekten des Gleisgeometriemesssystems beeinflusst werden. Diese Einflüsse hängen von den Wellenlängen des entsprechenden Parameters ab.

Die Übertragungsfunktion $H(v)$ beschreibt im Frequenzbereich die Verzerrungen zwischen dem Eingangssignal x und dem Ausgangssignal y des Systems. Sie wird durch die folgende Formel beschrieben:

$$Y(v) = H(v) \cdot X(v)$$

oder

$$H(v) = Y(v)/X(v)$$

Dabei ist

v die räumliche Frequenz ($v = 1/\lambda$);

λ die Wellenlänge;

X die Fouriertransformierte des Eingangssignals x ;

Y die Fouriertransformierte des Ausgangssignals y .

ANMERKUNG 1 Nachfolgend geben klein geschriebene Buchstaben das als Funktion der Distanz ℓ ausgedrückte Signal wieder, zum Beispiel: $x(\ell)$, $y(\ell)$ und Großbuchstaben geben die Fouriertransformierte ausgedrückt als räumlicher Frequenzbereich in Abhängigkeit von v an, zum Beispiel: $X(v)$, $Y(v)$.

ANMERKUNG 2 Zur Vereinfachung der Formeln wird die Variable ℓ oder v weggelassen.

Die Übertragungsfunktion kann auch folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$H = \frac{X \cdot \bar{Y}}{X \cdot \bar{X}} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

Dabei ist/sind

$\bar{X}$ und $\bar{Y}$ die komplexen Konjugierten;

S_{xy} die Fouriertransformierte der Kreuzkorrelation zwischen den Signalen x und y : $S_{xy} = X \cdot \bar{Y}$;

S_{xx} die spektrale Dichte von x : $S_{xx} = X \cdot \bar{X} = |X|^2$.