

FABIAN HANSMANN | WOLFGANG NEMETZ

DER GLEISLAGE AUF DER SPUR

GRUNDLAGEN – FEHLERERMITTLUNG – KORREKTUR – QUALITÄT

Ein vergleichender Überblick über die DACH-Staaten

2. Auflage



EDITION
Eurail
press



eBOOK
INSIDE
↓

FABIAN HANSMANN | WOLFGANG NEMETZ

DER GLEISLAGE AUF DER SPUR

GRUNDLAGEN – FEHLERERMITTLUNG – KORREKTUR – QUALITÄT

Ein vergleichender Überblick über die DACH-Staaten

Redaktion: Werner Schachner

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

Verlag: GRT Global Rail Academy and Media GmbH
Werkstättenstraße 18
D-51379 Leverkusen
Telefon: +49 (0) 40 228679 500
Web: www.tracko-media.com
E-Mail: office@globalrailmedia.com

Geschäftsführung: Detlev K. Suchanek
Lektorat: Alexandra Schöner (verantwort. Leitung)
Vertrieb und Buchservice: Sabine Braun
Anzeigen: Dirk Bogisch

Titelillustration: Peter Hartmann
Umschlaggestaltung: Shujun Wong, Hamburg
Satz: Shujun Wong, Hamburg
Druck: TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2025 GRT Global Rail Academy and Media GmbH
2. Auflage 2025
ISBN 978-3-96245-274-2

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Trotz sorgfältiger Recherche war es leider nicht in allen Fällen möglich, die Urheber der Bilder zu ermitteln. Sollten ohne Absicht Bilder in unerwünschter Weise veröffentlicht worden sein, teilen Sie dies bitte dem Verlag mit.

Eine Publikation von



TrackoMedia ist die Verlagsmarke der
GRT Global Rail Academy and Media GmbH.

Vorwort

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

die vorliegende 2. Ausgabe von „Der Gleislage auf der Spur“ setzt die erfolgreiche Arbeit der Erstauflage fort. Seit ihrer Veröffentlichung sind mehrere Jahre vergangen, in denen das Werk ins Englische und Japanische übersetzt wurde und als internationales Einstiegs- und Nachschlagewerk diente. Inzwischen haben sich maßgebliche Richtlinien und Vorschriften weiterentwickelt; diese Änderungen machen eine aktualisierte und erweiterte Darstellung erforderlich.

Das Konzept und der Aufbau des Buchs bleiben im Kern erhalten. Unser Fokus liegt weiterhin auf dem Verständnis des Fahrwegs als technisches Gesamtsystem und der Instandhaltung seiner Komponenten. Die Gleisgeometrie bildet das Rückgrat des Eisenbahnfahrwegs – sie bestimmt Sicherheit, Fahrkomfort und Wirtschaftlichkeit. Erst durch die Kenntnis der einzelnen Elemente und ihrer Wechselwirkungen können Qualitätsanforderungen präzise erfasst, bewertet und umgesetzt werden. Ein konsequent hoher Qualitätsstandard ist die Voraussetzung für dauerhafte Nachhaltigkeit und den Erfolg des Gesamtsystems.

In sechs Kapiteln vermitteln wir die Grundlagen des Fahrwegs und des Gleisbaus und stellen dabei die spezifischen Anforderungen der DACH-Region gegenüber. Dieser länderübergreifende Vergleich bietet einen praxisnahen Einblick in die Umsetzung technischer Anforderungen und verdeutlicht Gemeinsamkeiten wie Unterschiede. Beginnend mit den rechtlichen Rahmenbedingungen über Grundkenntnisse zu Fahrweg und Vermessung werden alle wesentlichen Aspekte der Gleislagekorrektur im Streckengleis systematisch dargestellt.

Besonderen Wert legen wir auf eine produkt- und technologieneutrale Wissensvermittlung. Deshalb verzichten wir an verschiedenen Stellen bewusst auf herstellerspezifische Details, um die Inhalte breit anwendbar zu halten.

Die Erstellung dieser aktualisierten Auflage war ein intensiver, aber lohnender Prozess des Überarbeitens, Korrigierens und Ergänzens. Es ist uns eine Freude, Ihnen das Ergebnis präsentieren zu können. Unser Dank gilt allen, die uns in dieser Zeit begleitet und unterstützt haben.

Fabian Hansmann – Wolfgang Nemetz – Werner Schachner

Hinweise zur Nutzung:

Neben gesetzlichen Rahmenbedingungen werden technische Grundregeln mithilfe von Ausschnitten von Normen oder bahninternen Regelwerken diskutiert. Angegebene Schwellenwerte gelten als Beispiele und sind den hinterlegten Richtlinien bzw. Normen entnommen. Diese unterliegen einem zeitlichen Wandel, weshalb immer auf das hinterlegte Ausgabedatum der Quelle zu achten ist. Der Erwerb dieses Buches hilft dabei, Zusammenhänge zwischen den einzelnen Themen darzustellen, kann und soll aber das Studium der Richtlinie bzw. Norm nicht ersetzen.

Sofern nicht anders angegeben, liegen die Rechte an den in diesem Werk verwendeten Abbildungen bei den Autoren. Wir danken den Firmen MATISA, Plasser & Theurer, GRT Global Rail Academy and Media, ROBEL und Trimble für die freundliche Bereitstellung der Bilder und weiterführender Unterlagen.

Aus Gründen der Lesbarkeit wird bei Personen- und Funktionsbezeichnungen nur die männliche Form verwendet, auch wenn alle Geschlechter gemeint sind.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Gesetzliche und technische Regelwerke	9
1.1 Fragestellungen	9
1.2 Die Eisenbahn und ihr Regelwerk.....	9
1.3 Von der technischen Einheit bis zur Interoperabilität	10
1.3.1 Technische Einheit	11
1.3.2 Gesetzliche Grundlagen	12
1.3.3 Interoperabilität	15
1.4 Grenzübergreifende Normung.....	18
1.5 Bahninterne Richtlinien	20
2 Grundlagen des Fahrwegs	21
2.1 Fragestellungen	21
2.2 Bahn als System	21
2.3 Fahrzeugbegrenzung und Lichtraumprofil	22
2.4 Auftretende Lasten und ihre Verteilung	26
2.4.1 Vertikalkräfte und Durchbiegung.....	26
2.4.2 Querkräfte	28
2.4.3 Längskräfte.....	29
2.5 Klassifizierung von Strecken	33
2.6 Eisenbahnfahrweg und Komponenten	34
2.6.1 Schiene	35
2.6.2 Schwelle	44
2.6.3 Schienenbefestigung	55
2.6.4 Oberbaubezeichnung	61
2.6.5 Schotter.....	62
2.6.6 Unterbau	69
2.7 Weichen	71
2.7.1 Grundlagen	72
2.7.2 Begriffe	74
2.7.3 Hauptbestandteile	75

3	Trassierung einer Eisenbahnlinie	77
3.1	Fragestellungen	77
3.2	Physikalische Grundlagen	78
3.3	Bestandteile einer Eisenbahntrasse	84
3.4	Grenz- und Regelwerte	85
3.5	Überhöhungsrampen und Übergangsbögen.....	89
3.5.1	Lineare Rampen und Übergangsbögen.....	91
3.5.2	Geschwungene Rampen und Übergangsbögen.....	93
3.5.3	Überhebungsfehlbetrag bzw. Überschuss.....	99
3.6	Mindestlängen	100
3.7	Gleisschere	101
3.8	Überpufferung.....	102
3.9	Gleisverziehung	103
3.10	Neigungswechsel	104
4	Gleislagefehler und Ermittlung der Korrekturwerte	107
4.1	Fragestellungen	107
4.2	Gleislagefehler	107
4.2.1	Definition und Entstehung	107
4.2.2	Unterscheidung der Gleislagefehler	108
4.2.3	Eingriffsschwellen.....	109
4.2.4	Instandhaltungsmethoden zur Behebung von Gleislagefehlern.....	111
4.3	Grundlagen der Gleislagevermessung	112
4.4	Präzisionsverfahren	115
4.4.1	Vermessung der Höhenlage.....	115
4.4.2	Vermessen der Richtungslage.....	130
4.4.3	Systeme für die Messung von Höhen- und Richtungslage.....	136
4.5	Ausgleichsverfahren	146
4.5.1	4-Punkt-Methode: Ausgleichsverfahren ohne bekannte Trassierungsparameter	146
4.5.2	3-Punkt-Methode: Ausgleichsverfahren mit bekannten Trassierungsparametern ...	148
4.5.3	Elektronisches Ausgleichsverfahren.....	149
4.6	Behebung von Einzelfehlern (Spot Tamping)	150

4.7	Überheben der Gleislage als Instandsetzungsreserve	153
5	Die Korrektur der Gleislage.....	155
5.1	Fragestellungen	155
5.2	Grundlagen der Gleislageinstandhaltung	155
5.3	Gleislagekorrektur durch eine Stopfmaschine	157
5.3.1	Unterschiedliche Arten von Stopfmaschinen	157
5.3.2	Arbeitsaggregate einer Stopfmaschine.....	160
5.3.3	Vorarbeiten für eine nachhaltige Stopfung	164
5.3.4	Eingabe der Gleislage	166
5.3.5	Steuerung des Stopfprozesses und seiner Parameter	170
5.4	Dynamische Gleisstabilisatoren und Verdichtmaschinen.....	173
5.5	Schotterverteiler- und -planiermaschinen	175
6	Abnahme und Qualitätskontrollen	177
6.1	Fragestellungen	177
6.2	Abnahme.....	177
6.2.1	Vorläufige Abnahme.....	177
6.2.2	Endgültige Abnahme.....	178
6.2.3	Qualitätsnachweise für geleistete Arbeiten	178
6.2.4	Abnahmegrenzwerte der EN 13231-1	179
6.3	Ablauf der Abnahme.....	179
6.4	Kriterien der Abnahme für Gleisstopfarbeiten bei DB, ÖBB und SBB.....	180
6.5	Maschinenintegrierte Aufzeichnungssysteme	187
	Quellenverzeichnis	195
	Autoren	206
	Abkürzungsverzeichnis	208
	Stichwortverzeichnis	211
	Inserentenverzeichnis	215

1 Gesetzliche und technische Regelwerke

Fabian Hansmann

1.1 Fragestellungen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die gesetzlichen und technischen Regelwerke von Deutschland (DB InfraGO), Österreich (ÖBB-Infrastruktur) und der Schweiz (SBB), auch bekannt als DACH-Staaten. Das Kapitel liefert Antworten auf folgende Fragen:

- Welche gesetzlichen Regelungen sind für die Instandhaltung der Eisenbahninfrastruktur in den DACH-Staaten von Relevanz?
- Welche grenzübergreifenden technischen Regelungen gibt es und wie sind ihre gesetzlichen Verbindlichkeiten?
- Welche Inhalte regelt die TSI Infrastruktur?
- Welcher Unterschied besteht zwischen den ISO- und CEN-Normen?
- Welche Regelwerke gelten auf den Netzen der DB, der ÖBB und der SBB?

1.2 Die Eisenbahn und ihr Regelwerk

Mit den Anfängen der dampfbetriebenen Eisenbahn im frühen 19. Jahrhundert entwickelten sich in den einzelnen Ländern zahlreiche Regelwerke und Gesetze, um den Umgang mit dem „gefährlichen“ neuen Verkehrsmittel zu kontrollieren.

1879 definierte das Deutsche Reichsgericht im Zuge einer Schadenersatzklage ein Eisenbahnunternehmen wie folgt:

„Ein Unternehmen, gerichtet auf wiederholte Fortbewegung von Personen oder Sachen über nicht ganz unbedeutende Raumstrecken auf metallener Grundlage, welche durch ihre Konsistenz, Konstruktion und Glätte den Transport großer Gewichtsmassen, beziehungsweise die Erzielung einer verhältnismäßig bedeutenden Schnelligkeit der Transportbewegung zu ermöglichen bestimmt ist, und durch diese Eigenart in Verbindung mit den außerdem zur Erzeugung der Transportbewegung benutzten Naturkräften (Dampf, Elektrizität, thierischer oder menschlicher Muskelthätigkeit, bei geneigter Ebene der Bahn auch schon der eigenen Schwere der Transportgefäße und deren Ladung, u. s. w.) bei dem Betriebe des Unternehmens auf derselben eine verhältnismäßig gewaltige (je nach den Umständen nur in bezweckter Weise nützliche, oder auch Menschenleben vernichtende und die menschliche Gesundheit verletzende) Wirkung zu erzeugen fähig ist.“ [1]

Eine derart ausführliche Definition eines Eisenbahnunternehmens wirkt vielleicht übertrieben, war damals aber sicherlich der allgemeinen Skepsis gegenüber dem neuen Verkehrsmittel geschuldet.

Was beinhaltet nun aber der Begriff Eisenbahn?

Eine eindeutige Definition des Begriffs Eisenbahn ist im deutschen Sprachgebrauch nicht unerheblich. Seine umgangssprachliche Unschärfe hat wesentliche Auswirkungen auf rechtliche und technische Rahmenbedingungen. Dabei gilt es, zwei Aspekte zu berücksichtigen:

1 Gesetzliche und technische Regelwerke

1. Im Unterschied zu anderen Verkehrsmitteln, wie dem Auto, verband das Eisenbahnwesen in seiner ursprünglichen Form den Betrieb und Bau der Anlage. Erst 2001 sollte die Europäische Union mit der Trennung dieser Einheit [2] den Grundstein für den freien Zugang zur Infrastruktur legen. Damit wird nun klar zwischen Eisenbahninfrastrukturunternehmen und Eisenbahnverkehrsunternehmen unterschieden.
2. Bei der Anwendung einzelner Regelwerke muss darauf geachtet werden, für welches System diese gültig sind. So gelten in einzelnen Ländern unterschiedliche Richtlinien für Vollbahnen, Straßenbahnen, U-Bahnen etc.

Die zahlreichen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Arbeitsanweisungen aller Art machen es schwer, den Überblick zu behalten. Das nachfolgende Kapitel zielt darauf ab, die grundlegenden Zusammenhänge zwischen den gesetzlichen und technischen Regelwerken in den DACH-Staaten darzustellen (Abb. 1-1) und konzentriert sich dabei auf die Belange des Eisenbahnfahrwegs.

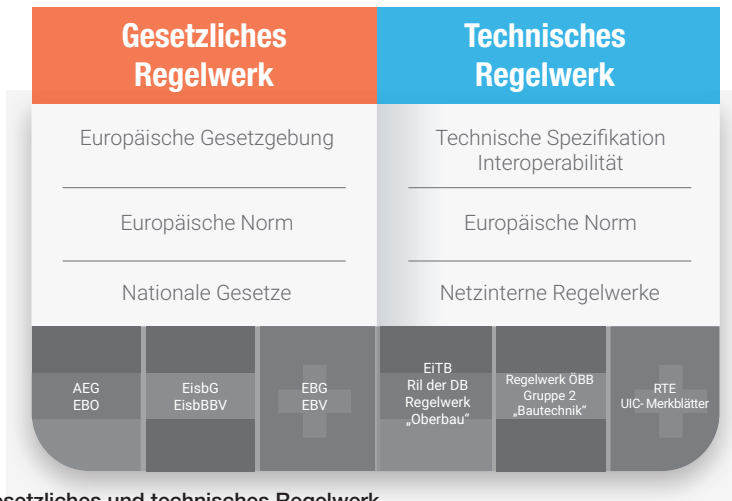


Abb. 1-1: Gesetzliches und technisches Regelwerk

1.3 Von der technischen Einheit bis zur Interoperabilität

Die ersten Eisenbahnnetze bildeten sich als in sich geschlossene Netze, deren Regelwerke sehr stark von Werksnormen dominiert wurden. [3, S. 20]

Eine Norm ist ein „Dokument, das mit Konsens erstellt und von einer anerkannten Institution angenommen wurde und das für die allgemeine und wiederkehrende Anwendung Regeln, Leitlinien oder Merkmale für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse festlegt, wobei ein optimaler Ordnungsgrad in einem gegebenen Zusammenhang angestrebt wird“. [4, S. 25]

Mit der Schienenverbindung zwischen Aachen und Lüttich wurde 1843 die erste grenzüberschreitende Bahnstrecke eröffnet. Unabhängig davon, ob unter staatlicher oder privatwirtschaftlicher Führung der Eisenbahnunternehmen, zeigte sich schon damals die Notwendigkeit einer Harmonisierung der technischen Rahmenbedingungen. Die geringe Flexibilität des spur-

gebundenen Systems erschwerte das wirtschaftlich notwendige grenzübergreifende Befahren von Netzen, die sich hinsichtlich ihrer Gestaltung allzu sehr unterschieden. Im Gegensatz dazu hatte das Militär ein strategisches Interesse daran, den grenzüberschreitenden Verkehr so gut es ging einzuschränken und zu kontrollieren. Deutlich zeigt sich das nach wie vor in der unterschiedlichen Wahl der Spurweiten in Europa (Abb. 1-2).

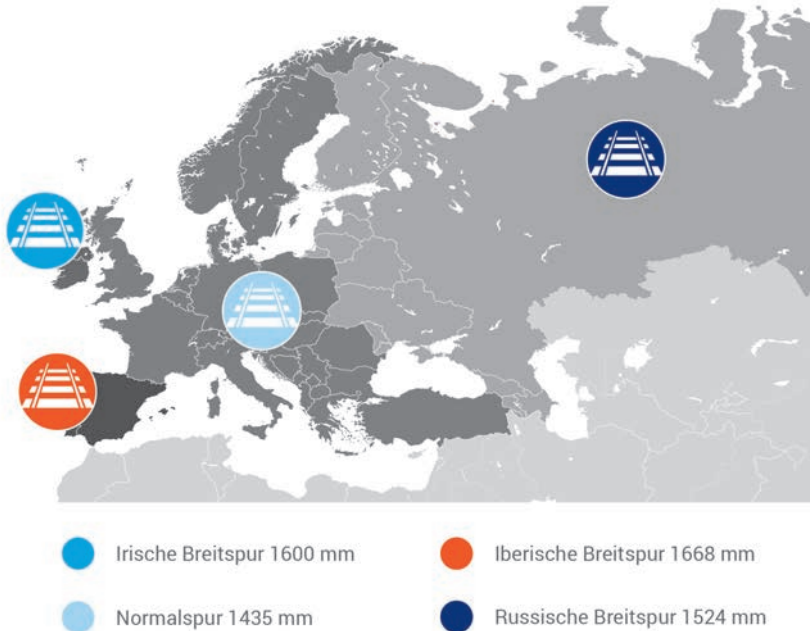


Abb. 1-2: Unterschiedliche Spurweiten als Beispiel für die strategische Rolle der Eisenbahn

1.3.1 Technische Einheit

Trotz militärischer Bedenken legten Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, Ungarn und die Schweiz zwischen 1882 und 1886 den Grundstein für die **Technische Einheit im Eisenbahnwesen** (Conférence internationale pour l'unité technique des chemins de fer). Dabei handelte es sich um einen Staatsvertrag, in dem zum ersten Mal in der Geschichte wesentliche Parameter wie Spurweite, Radstand, Kupplungen etc. für den grenzüberschreitenden Verkehr definiert wurden. Erstaunlich ist, dass die Vereinbarung 1938 nahezu europaweite Gültigkeit erhielt, lange bevor die Europäische Union gegründet wurde und der Begriff Interoperabilität in aller Munde war. Erst Ende des 20. Jahrhunderts wurde der Vertrag außer Kraft gesetzt. Einzelne Passagen finden sich nach wie vor im bestehenden europäischen Regelwerk.

In der Folge wurde am 17. Oktober 1922 in Paris der **Internationale Eisenbahnverband UIC** (Union Internationale des Chemins de fer) gegründet. 51 Gründungsmitglieder aus 29 Staaten weltweit setzten sich die Standardisierung und Verbesserung des Baus und Betriebs von Eisenbahnanlagen zum Ziel. Aktuell besteht die Organisation längst nicht mehr ausschließlich aus Eisenbahnunternehmen: Unter den 200 Mitgliedern finden sich auch Unternehmen aus aller Welt. Die UIC genießt weltweit einen hervorragenden Ruf als angesehenen Fachverband des Bahnsektors. Obwohl ihre Bedeutung durch die einzelnen europäischen Eisenbahnpakete und

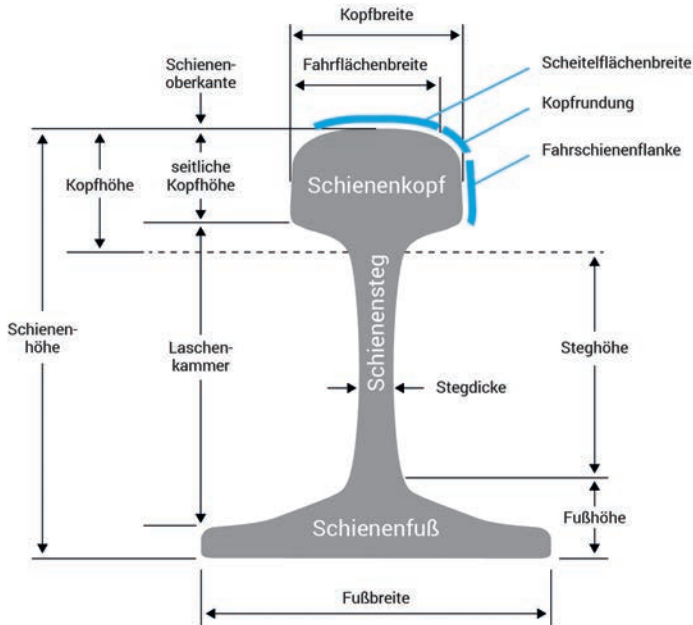


Abb. 2-13: Bezeichnungen des Schienenquerschnitts, i. A. a. [23, S. 19]

Prinzipiell übernimmt die Schiene drei Grundaufgaben:

– **Schiene als Fahrbahn**

Die aufeinander abgestimmte Rad-Schiene-Interaktion erlaubt es Eisenbahnfahrzeugen nicht nur, mit wenig Energieaufwand Massen zu transportieren, sondern realisiert durch die abgestimmte Formgebung auch die einfache Fahrt durch den Bogen. Dazu dienen nicht nur die Spurkränze, die bei engen Bögen den Radsatz in der Spur halten, sondern auch die konische Formgebung, die den Radsatz dazu zwingt, sich selbst zu zentrieren. Man spricht vom sogenannten Sinuslauf, der es Eisenbahnfahrzeugen erlaubt, in Bögen „einzulenken“.

– **Schiene als Träger**

Die Schiene übernimmt wesentliche Trägerfunktionen. Sie muss die Kräfte nicht nur aufnehmen, sondern durch Biegung auch entsprechend an das System weitergeben. So kommt es sowohl zu Pressung im Schienenkopf als auch aufgrund der Biegung zu Biegespannungen im Schienenfuß. Dadurch erklärt sich die besondere Form der Schiene, die hinsichtlich Tragfähigkeit und Auflagefläche kontinuierlich entwickelt wurde.

Die spezielle Form der Schiene begünstigt ihre Durchbiegung. Aus ihr ergibt sich das durch die geometrische Form definierte Flächenträgheitsmoment, welches wesentlich die Verformungscharakteristik und Spannungsbildung in der Schiene beeinflusst.

– **Schiene als elektrischer Leiter**

Bei Eisenbahnen, die mit Strom angetrieben werden, wird die Schiene als Stromrückleiter genutzt. Sie kann darüber hinaus auch für die Leit- und Sicherungstechnik von Zügen herangezogen werden.

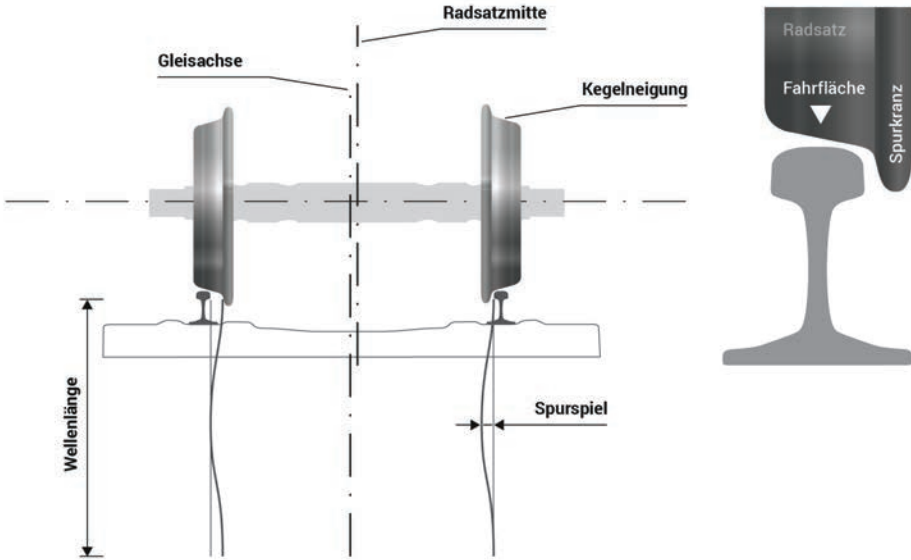


Abb. 2-14: Interaktion zwischen Rad und Schiene als Grundlage für den Sinuslauf, i. A. a. [24, S. 4]

Die spezielle Form der Schiene ist ihren besonderen Anforderungen geschuldet und auch wenn die generelle Ausgestaltung ähnlich ist, unterscheiden sich die Schienenprofile im Detail. In Europa setzte sich die einheitliche Bezeichnung für Vignolschienen ab 46 kg/m laut EN 13674-1 aus dem Laufmetergewicht und der spezifischen Bezeichnung für das Schienenprofil zusammen. [25] Unterschiedliche Schienenprofile mit dem gleichen Laufmetergewicht werden mit dem Buchstaben E und einer fortlaufenden Nummerierung eindeutig gekennzeichnet. Vor allem die Höhe des Schienensteigs und die Breite des Schienenfußes kann zwischen ihnen deutlich variieren. In den DACH-Staaten werden aktuell für Neubau- und Erhaltungsmaßnahmen mehrheitlich nur folgende Schienenprofile eingesetzt:

DB	ÖBB	SBB
60E2	60E1	60E1
54E4	54E2	54E2
49E5	49E1	54E1
		46E1

Abb. 2-15: Standardschienenprofile für Neubauten und Erhaltungsmaßnahmen [13] – [17]

Im Bestandsnetz und in Verschubbahnhöfen werden darüber hinaus weitere Schienenprofile eingesetzt. Diese können aufgrund des Umfangs an dieser Stelle jedoch nicht einzeln angeführt werden. Unbedingt zu beachten ist bei unterschiedlichen Schienenprofilen, dass sich ihre Höhe wesentlich auf die Gesamthöhe des Oberbaus auswirkt. In Europa sind Schienen mit einem Laufmetergewicht von 60 kg Standard. Auf Schwerlastbahnen im Umfeld von Kohle- und

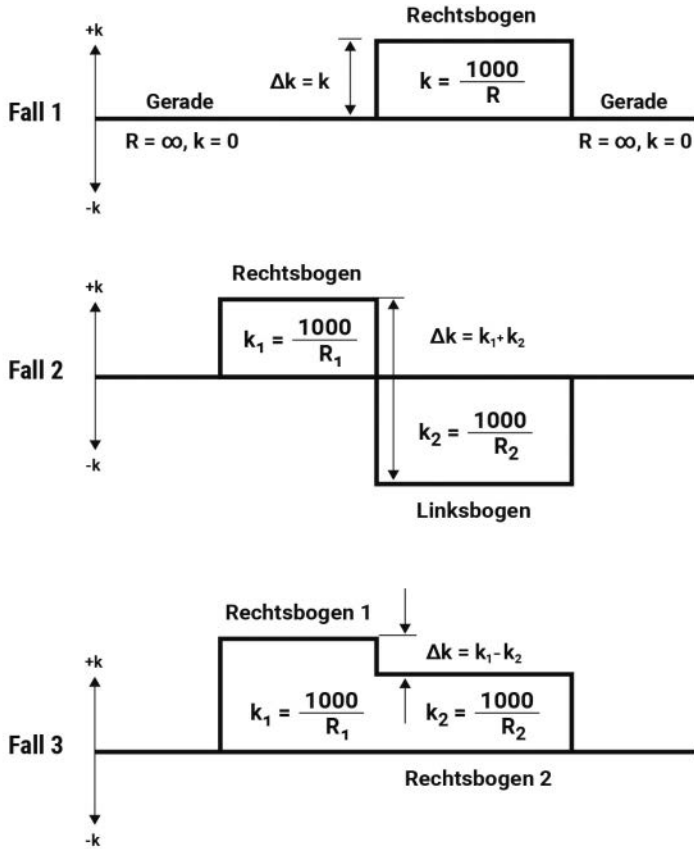


Abb. 3-9: Krümmungsbild Fall 1: einfacher Bogen, Fall 2: Gegenbogen, Fall 3: Korbbogen

3.5 Überhöhungsrampen und Übergangsbögen

Um den entstehenden Ruck zu minimieren, nutzt man Übergangsbögen und Überhöhungsrampen (Rampen). Ihre Aufgabe ist es, den ruckartigen Übergang zwischen den Trassierungselementen Gerade und Bogen horizontal (Übergangsbogen) und vertikal (Überhöhungsrampe) zu reduzieren. Während der Übergangsbogen die Krümmung von null (Wert der Gerade) an den Wert des Bogens anpasst, ist es die Aufgabe der Rampe, die gewünschte Überhöhung kontinuierlich aufzubauen.

Üblicherweise nutzt man für Übergangsbögen Kurven, deren Krümmungen linear mit der Länge zunehmen. [11, S. 25] So weisen diese zu Beginn eine Krümmung gleich null auf und nehmen an ihrem Ende die Krümmung des gewünschten Radius an. Dadurch passen sich die Übergangsbögen auf der einen Seite bestmöglich an die Gerade und auf der anderen Seite an den Bogen an. Genauso ist auch ein Übergang zwischen zwei Bögen einfach möglich. Es gibt unterschiedliche Kurven, die diese Bedingung erfüllen. Im Eisenbahnwesen wird jedoch mehrheitlich die auch im Straßenwesen bekannte Klothoide verwendet.

Klothoiden haben die besondere Eigenschaft, dass ihre Krümmung mit der Länge proportional zunimmt. Die Klothoide nimmt die in Abb. 3-10 dargestellte charakteristische Form an. In der

Natur kennt man diese von einem Schneckenhaus. Während sich das eine Ende stark der Geraden annähert, erlaubt das andere die variable Anpassung an die gewünschten Radien.



Abb. 3-10: Klothoiden in der Natur [4]

Die Absteckmaße einer Klothoide können über mathematische Reihenentwicklungen genau bestimmt werden. Als Absteckmaße bezeichnet man jene Parameter bzw. Punkte der Kurve, die notwendig sind, um eine Kurve von der Planung in das Gelände zu übertragen. Diese Bestimmung war bei Klothoiden ohne Computer schwierig, weshalb man sich mit einer hinreichend genauen Annäherung zu helfen versuchte. Eine Parabel dritter Ordnung wird bis heute sehr oft dafür verwendet:

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot l \cdot R} \quad (3-19)$$

l in [m]: Länge der Parabel

R in [m]: Radius des angrenzenden Kreisbogens

Diese Form des Übergangsbogens wird in den DACH-Staaten als Standardlösung verwendet. Abb. 3-11 zeigt die Anordnung einer Klothoide als Übergangsbogen. Deutlich ist zu erkennen, dass die Gerade bei der Verwendung eines Übergangsbogens – im Gegensatz zum direkten Übergang zwischen Gerade und Bogen – nicht die Tangente an den Kreis bildet. Der Bogen ist um das Abrückmaß f und den Abstand a von der Geraden entfernt. Es kann über die Parabel wie folgt abgeschätzt werden:

$$f = \frac{l^2}{24 \cdot R} \quad (3-20)$$

$$a = \frac{l}{2} \quad (3-21)$$

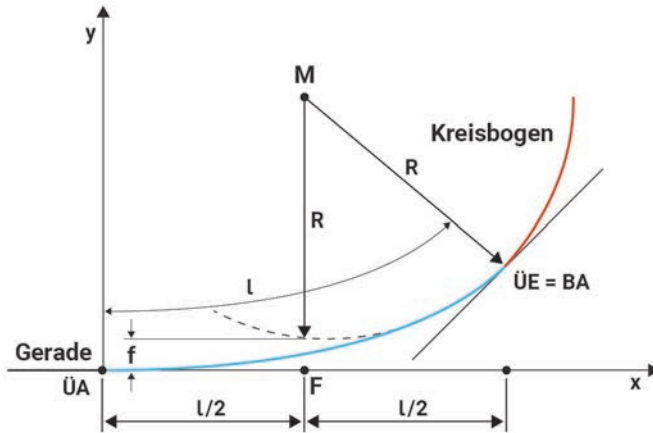


Abb. 3-11: Darstellung einer Klothoide als Übergangsbogen im Grundriss

Jeder Übergangsbogen wird über den Übergangsbogenanfang (ÜA) und das Übergangsbogende (ÜE) eindeutig definiert. Die Länge des Übergangsbogens (l) ergibt sich je nach Form. Entsprechend dem Bogen wird die ansteigende Krümmung des Übergangsbogens im Krümmungsbild abhängig richtungsspezifisch (links = negativ/unten; rechts = positiv/oben) aufgetragen (siehe Abb. 3-12).

3.5.1 Lineare Rampen und Übergangsbögen

Ebenso wie die Krümmung des Übergangsbogens steigt auch die Überhöhung mehrheitlich linear zum gewünschten Wert an. Man spricht in diesem Fall von einer linearen Überhöhungsrampe. Generell ist darauf zu achten, dass die Überhöhungsrampe und der Übergangsbogen die gleiche Länge aufweisen. Ausnahmen sind in den einzelnen Regelwerken der Bahnen vermerkt. Der Beginn der Überhöhungsrampe wird als Rampenanfang (RA) und das Ende als Rampenende (RE) bezeichnet (siehe Abb. 3-12).

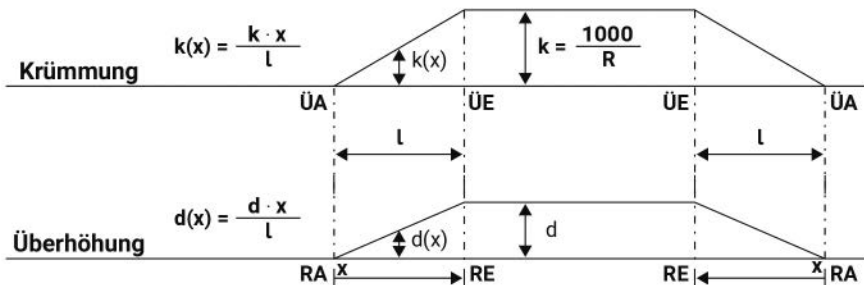


Abb. 3-12: Entwicklung der Überhöhung und Krümmung bei einem Bogen mit linearer Überhöhungsrampe in Österreich und Deutschland

Kurzbezeichnung der Überhöhung:

Deutschland: u in [mm]

Österreich: d in [mm]

Schweiz: ü in [mm]

Bei der Ausgestaltung der Überhöhung d gibt es jedoch zwischen den DACH-Staaten einen signifikanten Unterschied: In Deutschland und Österreich wird Überhöhung hergestellt, indem der Außenstrang um den gewünschten Betrag angehoben wird (Abb. 3-13, links). Mit dem Beginn der Überhöhungsrampe wird im Fall einer linearen Rampe z. B. bei einem Linksbogen die rechte Schiene kontinuierlich zum gewünschten Überhöhungswert angehoben. Die linke Schiene verbleibt hingegen in ihrer ursprünglichen Position und kann somit grundsätzlich als eine Weiterführung der Längsneigung des Gleises betrachtet werden. Bei einem Rechtsbogen verhält es sich umgekehrt. Eine alleinige Absenkung des Innenstrangs eines Bogens zur Herstellung der Überhebung ist nicht üblich.

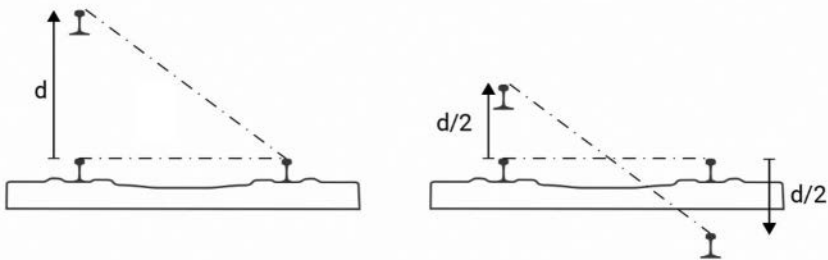


Abb. 3-13: Herstellung der Überhöhung durch Hebung des Außenstrangs (links) oder gegenseitige Verschiebung (rechts)

In der Schweiz werden unabhängig von der Richtung des Bogens beide Schienen um den Schnittpunkt zwischen Gleisachse und Lafebene gedreht. Dies erfolgt, indem die Außenschiene um die Hälfte des gewünschten Betrags gehoben, während hingegen der Innenstrang in gleichem Maße abgesenkt wird (Abb. 3-13, rechts). Die gegenseitige Änderung der Höhenlage der Schiene bildet sich entsprechend in der Überhöhungsdarstellung ab (siehe Abb. 3-14).

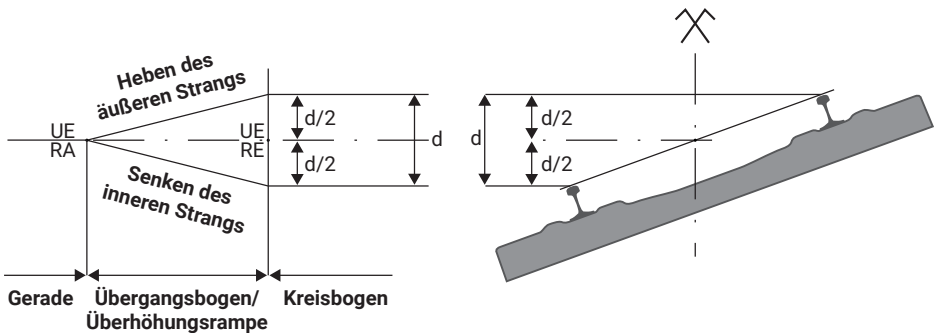


Abb. 3-14: Herstellung der Überhöhung durch die Anpassung beider Schienenstränge in der Schweiz [12]



Abb. 4-44: Laserscanner des PALAS-Systems

4.4.3.5 Handgeführte Messsysteme

Handgeführte Messsysteme bestehen grundsätzlich aus einem oder zwei handgeführten Messeinheiten (Messwagen). Prinzipiell können diese Systeme in drei unterschiedliche Verfahren eingeteilt werden:

- Vormessen mit Zwei-Wagen-System im tachymetrischen Langsehenmessverfahren
- geodätische Vormessung mit Tachymeter und einem Messwagen
- Inertialmesssystem auf einem handgeführten Messwagen

Beim **Vormessen mit Zwei-Wagen-System im tachymetrischen Langsehenmessverfahren** wird ein Tachymeter auf einem Gleismesswagen montiert und ein Vermessungsprisma auf einem zweiten Gleismesswagen. Der Tachymeter misst die Normalabstände zweier benachbarter Mastbolzen zum Gleis, um sich zu positionieren.

Im ersten Schritt wird der Tachymeterwagen senkrecht zum ersten Referenzpunkt im Gleis platziert. Der Gleisvermarkungspunkt wird mit einem Prisma signalisiert oder reflektorlos angemessen, um den Ist-Abstand zur Gleisachse und den Gradienten zu ermitteln. Da üblicherweise die Soll-Werte bereits bekannt und hinterlegt sind, wird vor Ort direkt die Abweichung in Lage, Höhe und Überhöhung angezeigt. Anschließend wird der Tachymeterwagen weiter zum nächsten Festpunkt geschoben, der als Endpunkt der Sehnendefinition genutzt werden soll. Auch hier wird der Wagen senkrecht zur Vermarkung positioniert und eine Soll-Ist-Vergleichsmessung durchgeführt. An beiden Sehnendepunkten ist somit die notwendige Verschiebung und Hebung gegenüber der Soll-Lage bekannt.



Abb. 4-45: Beispiel für ein handgeführtes Zwei-Wagen-Messsystem

An der Stelle der ersten Fixpunktmessung (senkrecht zum ersten Referenzpunkt) wird nun der Prismenwagen ins Gleis gestellt und der Tachymeter, der nach wie vor auf dem Wagen am anderen Sehnendepunkt positioniert ist, wird zum Prismenwagen gedreht. Die anschließende Messung der Horizontalrichtung, des Vertikalwinkels und der Schrägstrecke definiert die Sehne zwischen den beiden Referenzpunkten. Nach der Definition der Sehne kann durch Bewegungen des Prismenwagens an jeder Position zwischen den Sehnendepunkten der tachymetrische Messwert mit der Sehnendefinition verglichen und die Pfeilhöhe berechnet werden. Der Vergleich der gemessenen Pfeilhöhe mit der Soll-Pfeilhöhe aus der Trassierung ergibt wiederum die Verschiebung und Hebung für die Linienpunkte innerhalb der Sehne.

Für die kontinuierliche Erfassung der Gleislage wird daher der Prismenwagen einfach von einem Sehnendepunkt bis zum Tachymeterwagen geschoben. Durch die automatische Zielverfolgung und kontinuierliche Messung werden stets die aktuelle Station und die Korrekturwerte gegenüber der Soll-Lage angezeigt. Die Speicherung der Abweichungen erfolgt automatisch im benutzerdefinierten Raster. Zusätzlich wird auf Gleishauptpunkte hingewiesen, um diese für die Synchronisation der Stopfmaschine im Gleis zu markieren. Erreicht der Prismenwagen die Position des Tachymeterwagens, wird dieser weiter zum nächsten Festpunkt geschoben, sodass der Prismenwagen die bisherige Position des Tachymeterwagens einnimmt. Nach der Messung des nächsten Soll-Ist-Vergleichs wird wiederum die Sehne definiert und der Prismenwagen zur Messung innerhalb der Sehne dem Gleis entlang bis zum Tachymeter geschoben.

Durch die tachymetrische Messung an den Festpunkten wird die Sehnemessung in das absolute Referenzsystem eingebunden. So lassen sich auch für jeden einzelnen Messpunkt in der Sehne absolute dreidimensionale Koordinaten für die Lage und Höhe der linken sowie rechten Schiene und der Gleisachse ausgeben. Dieses Verfahren entspricht im weitesten Sinne dem herkömmlichen Langsehnverfahren, wobei Höhen-, Richtungs- und Überhöhmungsmessungen in einem Arbeitsgang erfolgen.

Bei den SBB sind maximal zulässige Abweichungen zum Versicherungspunkt (z. B. Messdorn oder Messbolzen am Fahrleitungsmast) angegeben. Durch die Anwendung von Toporail und der freien Stationierung (= koordinative Messung) kann die absolute Soll- und Ist-Gleislage an jedem beliebigen Punkt definiert und gemessen werden. Die jeweils zulässigen Toleranzwerte sind in Tab. 6-8 dargestellt.



	Vertikale Lage [mm]	Horizontale Lage [mm]	Bemerkungen			
	± 15	± 10	Abnahmetoleranz für die Abweichung von der Soll-Gleislage			
DB	$-25 \leq TG \leq +15$	$-15 \leq TG \leq +15$	Geodätische Abnahmetoleranz (TG) = Ausführungstoleranz (TA) + Vermessungstoleranz (TM)			
ÖBB	± 10/- 20		Instandsetzung			
	± 10/- 20		Erneuerung und Neubau. Modifizierte Soll-Höhe von - 10 mm. Toleranzen zur Abnahme beziehen sich auf diese modifizierte Soll-Höhe.			
		± 10	Weichen und Gleise bis R ≥ 300 m			
		± 15	Gleise R ≥ 300 m			
	Parameter	v ≤ 80 km/h	80 km/h < v ≤ 120 km/h	120 km/h < v ≤ 160 km/h	160 km/h < v ≤ 200 km/h	Bemerkungen
	absolute Richtung [mm]	± 5	± 5	± 4	± 4	Gilt bei 3. Stopfung und Nachstopfung
	absolute Längshöhe [mm]	± 6	± 6	± 4	± 4	Gilt bei Unterhaltsstopfung
		± 10				3. Stopfung: Modifizierte Soll-Lage = -10 mm; Nachstopfen: Soll-Länge = 0 mm

Abb. 6-8: Abnahmegrenzwerte für die absolute Gleislage

Der Auftraggeber hat gemäß EN 13231-1 die Gleise in Klassen von AP 1 bis AP 4 zu kategorisieren. [3] Diese Klassifizierung bestimmt die Anforderung an die Lagegenauigkeit der absoluten Gleislage.

6.5 Maschinenintegrierte Aufzeichnungssysteme

Nach den Vorgaben der EN 13231-1 [3] müssen Gleis- und Weichenstopfmaschinen mit Messsystemen gemäß EN 13848-3 [5] zur Messung der inneren Gleisgeometrie ausgestattet sein. In die Stopfmaschine integrierte Messsysteme dokumentieren während des Arbeitsprozesses die Endlage des Gleises.

Das Nachmesssystem ist ein eigenständiges, von der Steuerung der Maschine unabhängiges Messverfahren. Der Gleisbereich ist dabei nicht mehr vom Arbeitsverfahren der Maschine beeinflusst. Die Messanlage greift mechanisch die gestopfte und ggf. stabilisierte Gleislage ab, die Messwerte werden in elektrische Signale umgewandelt und an den Aufzeichnungsgeräten ausgegeben.

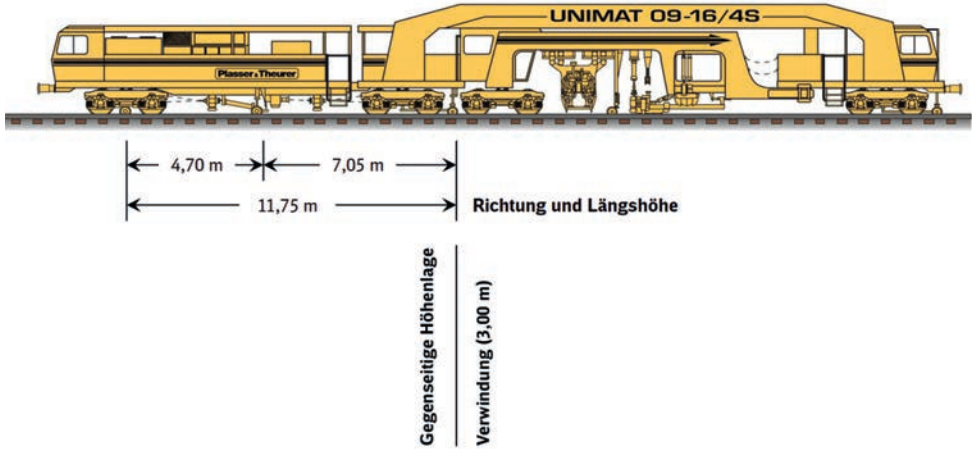


Abb. 6-9: Beispiel eines Nachmesssystems

Um die unterschiedlichen Baulängen der Maschinen und die damit verbundenen unterschiedlichen Sehnenlängen auszugleichen, müssen die Signale auf eine normierte Messbasis von 10 m im außermittigen Teilungsverhältnis von 4 : 6 umgerechnet werden.

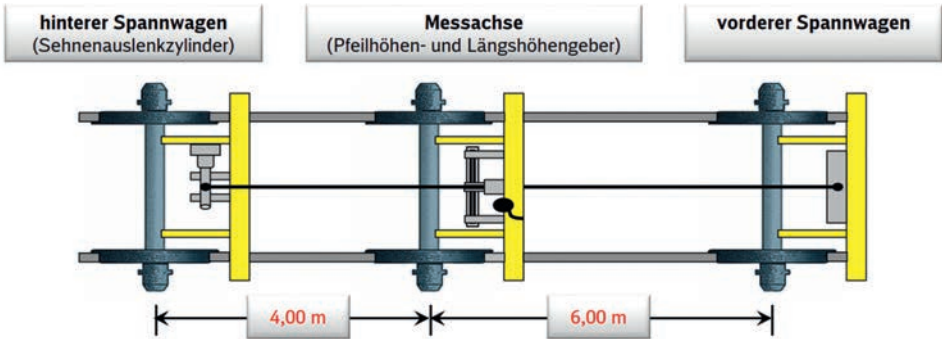


Abb. 6-10: Messachsen des Nachmesssystems

Da es sich primär um mechanische Gebersysteme handelt, ist die regelmäßige Wartung der Messanlage für die Zuverlässigkeit des Systems ausschlaggebend. Die Nachmesssysteme müssen vor dem ersten Einsatz zugelassen und danach in regelmäßigen Abständen vom Auftraggeber geprüft und freigegeben werden. Zusätzlich ist bei jedem Einsatz eine Selbstprüfung des Systems durch die Auslösung eines Prüfausschlags durchzuführen. Dies ist zu dokumentieren (vor bzw. vor und nach der Messung).

Autoren



Dipl.-Ing. Dr. Fabian Hansmann

Fabian Hansmann erwarb 2011 an der Technischen Universität Graz den Titel als Diplomingenieur im Bauingenieurwesen mit Schwerpunkt Umwelt und Verkehr. Von 2011 bis 2016 war er als Universitätsprojektassistent am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft tätig. Während dieser Zeit arbeitete er in Forschung und Lehre sowie an Kooperationsprojekten und befasste sich gemeinsam mit Infrastrukturbetreibern und Industriepartnern mit Fragestellungen zu Lebenszykluskosten, Erhaltungsstrategien und digitalem Anlagemanagement. Seine Dissertation schrieb er zum Thema „Asset Management im System Fahrweg“. 2015 wechselte er zu Plasser & Theurer in den

Bereich Marketing und Kommunikation. 2019 übernahm er bei Plasser American in den USA die Position des Scientific Advisor for Railroad Engineering and Applied Technologies. Nach seiner Rückkehr nach Europa verantwortete er ab 2021 das Marketing bei Plasser & Theurer und ist dort als Head of Marketing tätig.



Wolfgang Nemetz

Wolfgang Nemetz absolvierte seine Ausbildung an der Höheren Technischen Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt Wiener Neustadt in der Fachrichtung Elektrotechnik. Von 1985 bis 1991 war er in der Gleis- und Weichenvermessung der ÖBB tätig. Anschließend fungierte er als ÖBB-Einsatzleiter von Gleis-/Weichenstopfmaschinen und Schienenschleifzügen und leitete von 1998 bis 2003 die bundesweite Steuerung von Stopfmaschinen und Vermessung. Von 2003 bis 2007 war er für die technische und operative Umsetzung des gesamten maschinellen Gleisbaus bei den ÖBB zuständig und übernahm 2007 die Leitung der Abteilung Leistungsmanagement für Bau- und Instandhaltung des Bereichs Anlagen-Service

der ÖBB-Infrastruktur BAU AG. Von 2010 bis zu seinem Wechsel in die Privatwirtschaft leitete er zuletzt den Fachbereich Maschinentechnik bei der ÖBB-Infrastruktur AG. Seit 2017 ist Wolfgang Nemetz bei diversen Unternehmen im Bereich des Eisenbahnbaus, Ausbildung und Fahrzeugzulassungen international tätig.

**Eurail-Ing. Werner Schachner BA MA**

Werner Schachner trat nach Absolvierung seiner Ausbildung zum Mess- und Regelmechaniker 1981 in die ÖBB ein. Sein Werdegang führte über verschiedene Abteilungen und Tätigkeitsbereiche im Oberbau, unter anderem mehrere Jahre in der Gleis- und Weichenvermessung. Ab 1991 betreute er Tiefbau-Großprojekte, wechselte aber nach deren Fertigstellung wieder in den Oberbau, wo er bis 2001 die Leitung eines Bauhofs übernahm. Von 2001 bis 2008 umfasste sein Tätigkeitsbereich die Koordination und Betreuung von Großmaschinen allgemein sowie der Oberbau-Baustellenkoordination in Süd- und Westösterreich. Gleichzeitig war er bei den ÖBB österreichweit als Trainer für Softskills tätig. Gemeinsam mit dem IHS-Institut erstellte er einen ersten Entwurf für den Lehrberuf des Gleisbauers. 2008 verließ er die ÖBB, absolvierte erfolgreich das Studium der Philosophie an der Universität Klagenfurt und arbeitet seither als selbstständiger Unternehmensberater im nationalen und internationalen Eisenbahnbausektor. Der Fokus liegt dabei primär auf den Bereichen Oberbauerhaltung, Verkehrswegebau allgemein und Vermessung.

Diese überarbeitete 2. Auflage des Fachbuchs „Der Gleislage auf der Spur“ ermöglicht einen umfassenden Einblick in die Welt der Gleislagekorrektur im deutschsprachigen Raum. Basierend auf den aktuellen Regelwerken in Deutschland, Österreich und der Schweiz führt das Buch in die Grundlagen des Fahrwegs als technisches Gesamtsystem ein, erläutert die Wechselwirkungen der Gleiskomponenten und zeigt, wie eine hochwertige Gleisgeometrie Sicherheit, Fahrkomfort und Wirtschaftlichkeit bestimmt.

Aufbauend auf der Trassierung des Oberbaus spannt das Werk den Bogen von rechtlichen Rahmenbedingungen über die Vermessung und Berichtigung von Gleislagefehlern bis hin zur Qualitätskontrolle. Der gesamte Stopfprozess – einschließlich aller notwendigen Begleitarbeiten – wird klar strukturiert und herstellerunabhängig beschrieben. Ein länderübergreifender Vergleich der DACH-Staaten ermöglicht praxisnahe Einblicke in Gemeinsamkeiten und Unterschiede der nationalen Anforderungen.

Alle Interessierten aus dem Eisenbahnwesen finden in diesem Buch fundierte Leitlinien für Planung, Durchführung und Abnahme von Stopfarbeiten.

Extra: Dank des kostenlosen enthaltenen E-Books stehen Nutzern eines Endgeräts mit PDF-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion zur Verfügung.

ISBN 978-3-96245-274-2



9

783962

452742