

# ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU



## IMPULSGEBER FÜR DAS SYSTEM BAHN

### SCIENCE

Innovative Füge-technologie  
Abwärmenutzung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen  
E-Bikes in Zügen und Brandschutz  
Festigkeitsauslegung  
Vertikaldämpfung eines Fahrwerkrahmens

### NACHHALTIGE SCHIENENWEGE

Herausforderungen hinsichtlich Konstruktion,  
Oberbausystem, Materialverhalten und Einbau

### VEGETATIONSKONTROLLE

Forschungsprojekt zur Entwicklung und Bewertung  
eines chemiefreien Kombinationsverfahrens

Switch to  
**highest track availability  
and efficiency**

**vossloh**  
enabling green mobility



Scan code or open [vossloh-connect.com](https://vossloh-connect.com) to experience a platform which covers all relevant applications that use the power of real-time data and advanced analytics. Ensuring that every service is delivered where it's truly needed – saving time and money.



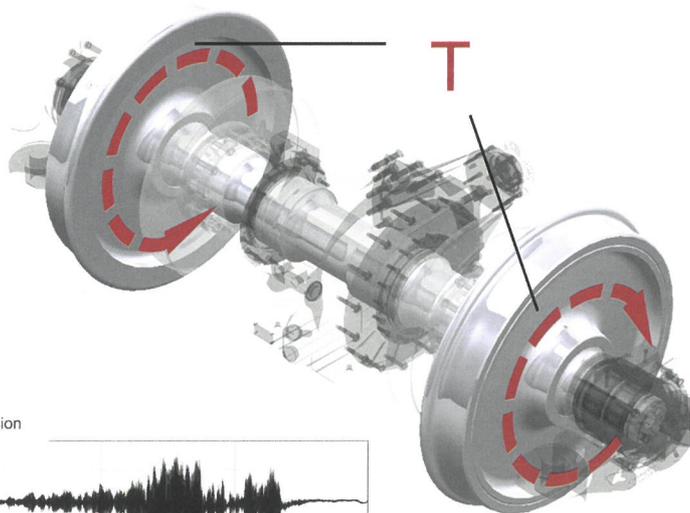
 [vossloh-connect.com](https://vossloh-connect.com)



Lars Schnieder im ETR-Gespräch über Digitalisierung und Automatisierung des Bahnsektors **10**



Bemessung nachhaltiger Schienenwege im Nahverkehr in Kombination mit Asphaltbefestigungen **22**



ETR Science: Beiträge aus der 19. Internationalen Schienenfahrzeugtagung Dresden – Rad-Schiene 2023 **40**

# Inhalt



## Gastkommentar

3

**Verkehrswende ohne Hochgeschwindigkeitsnetz?**

Sabrina Wendling

## Interview

10

**Planung und Zusammenarbeit**

Lars Schnieder

## Verkehr & Betrieb

16

**Einfluss des Deutschlandtickets auf die Wettbewerbsstellung des SPFV**

Andreas Krämer

## Infrastruktur & Bau

22

**Bemessung nachhaltiger Schienenwege in Kombination mit Asphaltbefestigungen**

Jia Liu | David Kempf

26

**Vegetationskontrolle entlang von Schienenwegen – Aktueller Stand zu chemiefreien Alternativverfahren**

Sabrina Michael | Fabia Backendorf

32

**Potenziale und Grenzen alternativer Antriebe im Gleisbau**

Georg Folie

## ETR Science

40

**Innovative Füge­technologie: Radsatzpressverbände mit speziellen metallischen Beschichtungen**

Torben Lehnert | Thomas Gerlach | Sven Jenne

45

**Abwärmenutzung zur Effizienzsteigerung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen**

Max Schott | Oliver Garack

51

**E-Bikes im Zug – mit Batterielösungen soll Mobilität grüner werden – aber zu welchem Preis?**

Roger-A. Dirksmeier | René Schilling | Marleen Kötter-Hönnighausen

56

**Realitätsnahe überlagerte Ermüdungslasten für Schienenfahrzeug-Strukturen**

Andreas Rittenschober | Wolfgang Müller

62

**Vertikaldämpfung eines Fahrwerkrahmens aus Faserverbundwerkstoff – Modellierung im Mehrkörpersystem**

Paul Schönhuber | Jan Chvojan | Christian Schindler

## Fahrzeuge & Komponenten

66

**DB-Instandhaltungswerk Krefeld modernisiert und ausgebaut**

Christoph Müller

## Extra: ETR Austria

69

**Editorial**

70

**Kompakt**

72

**Die europäische Trassierungsnormung von Schmalspurbahnen im Vergleich**

Gregor Clar-Novak | Markus Lagler

76

**Neue Anwendungsfälle der digitalen referenzierten Gleisgeometrievermessung**

Alexander Brennsteiner | Benjamin Stuntner

80

**Das Forschungsprojekt TARO: Produktivität, Kapazität und Qualität des Systems Bahn erhöhen**Markus Hofer | Thomas Zemen | Rene Lorenz | Nikolaus Furian  
Žiga Letonja | Sabine Proll | Barbara Lunzer | Anelia Stefanova

84

**FSV Aktuell**

## Fünf Fragen an

90

**Attraktiv für Bauindustrie: „Die Finanzierung der RTW ist gesichert“**

Horst Amann

## Rubriken

6

**Monitor**

86

**Marktplatz**

88

**Kompakt**

89

**Impressum****Zur Titelanzeige**

„We at Vossloh think that time has come to shift from a reactive and time-based maintenance to predictive and condition-based maintenance. All relevant applications that use the power of real-time data and advanced analytics get combined in Vossloh connect. Ensuring that every service is delivered where it's truly needed - saving time and money.“

Quelle: Vossloh AG

**Kontakt****Redaktion:****Ursula Hahn**

T 0 62 03 / 6 61 96 20 |

ursula.hahn@dvvmedia.com

**Vertrieb:****Markus Kukuk**

T 040 / 237 14 - 291

markus.kukuk@dvvmedia.com

**Anzeigenverkauf:****Tim Feindt**

T 040 / 237 14 - 220

tim.feindt@dvvmedia.com

Nähere Informationen

siehe **Seite 89****Eurailpress Fachartikelarchiv**

Alle Beiträge mit diesem Symbol sind unter [www.eurailpress.de/archiv/](http://www.eurailpress.de/archiv/) dauerhaft hinterlegt. Finden Sie weitere Aufsätze der Autoren oder nutzen Sie die

Volltextsuche für Ihren individuellen Informationsbedarf. Abonnenten steht dieses Angebot kostenlos zur Verfügung.

# Die europäische Trassierungsnormung von Schmalspurbahnen im Vergleich

Aktuell unterscheidet sich die Trassierungsnormung für Schmalspurbahnen in Europa von Land zu Land. Der vorliegende Artikel vergleicht die Trassierungsnormung für Schmalspurbahnen in Deutschland, Italien, Österreich, der Schweiz und Spanien. Aus diesem Vergleich folgende Empfehlungen für zukünftige Anpassungen von Grenzwerten werden am Ende des Artikels diskutiert.

## 1. Einleitung

### 1.1. Hintergrund

Mit einem Anteil von rund 65% am weltweiten Schienennetz ist die Normalspur mit einem Nennmaß von 1435 mm die am weitesten verbreitete Spurweite. Daneben entfallen auf schmalspurige Spurweiten, also Spurweiten mit einem Nennmaß von unter 1435 mm weltweit rund 15% des Streckennetzes.<sup>1)</sup> In Europa fanden sich im Jahr 2012 nennenswerte schmalspurige Streckenlängen in Spanien (1880 km), der Schweiz (1600 km), Italien (1200 km) sowie in Frankreich (580 km).<sup>2)</sup> In Österreich beträgt die Streckenlänge der Schmalspurbahnen aktuell rund 460 km, wobei nur mehr ein Teil der Strecken dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) dient. Güterverkehr wird aktuell in Österreich auf drei Bahnen angeboten.<sup>3)</sup>

Historisch lag der Grund für die Wahl kleinerer Spurweiten vor allem in der möglichen Realisierung kleinerer Bogenradien im Vergleich zur Normalspur, womit eine bessere Anpassung an das Gelände möglich war und oftmals auf teure Kunstbauten verzichtet werden konnte.<sup>4)</sup> Durch die schmale Spurweite bei gleichzeitig hohem Schwerpunkt sind die fahrdynamischen

Rahmenbedingungen bei Schmalspurbahnen andere als bei Normalspurbahnen. Der vorliegende Beitrag soll einen Überblick über die Trassierungsrichtlinien von Schmalspurbahnen in Europa geben, diese vergleichen sowie Empfehlungen für zukünftige Überarbeitungen geben.

### 1.2. Richtlinien für die Trassierung von Schmalspurbahnen

Anders als bei normalspurigen Bahnen existiert in Europa bisher keine harmonisierte Norm für die Trassierung von Schmalspurbahnen. So gelten in allen Staaten mit Schmalspurbahnen jeweils eigene Regelwerke. In Österreich kommt auf Schmalspurbahnen der Spurweite 760 mm weiterhin die ÖBB-Dienstvorschrift (DV) B 52 „Oberbau Technische Grundsätze“ von 1980<sup>5)</sup> zum Einsatz, auch wenn die ÖBB selbst keine Schmalspurbahnen mehr betreiben. Neben der DV B52 existiert mit der B51/P „Oberbauvorschrift für Österreichische nicht vom Bunde betriebene Haupt- und Nebenbahnen“ von 1951<sup>6)</sup> eine Vorschrift für Privatbahnen, die neben Vorgaben für die Spurweite von 1435 mm auch solche für Bahnen der Spurweite von 760 mm und 1000 mm enthält.

In der Schweiz werden vom Bundesamt für Verkehr (BAV) „Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung“



**Gregor Clar-Novak**

Technik Spezialist Umsetzungsmanagement  
ÖBB-Infrastruktur AG, Streckenmanagement und Anlagenentwicklung (SAE), Region Süd 2, Villach (vormals TU Wien)  
gregor.clar-novak@oebb.at



**Markus Lagler**

Universitätsassistent  
TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften, Forschungsbereich Spurgebundene Verkehrssysteme (vormals Eisenbahnwesen)  
markus.lagler@tuwien.ac.at

(AB-EBV) herausgegeben.<sup>7)</sup> Die letzte Ausgabe aus dem Jahr 2021 gilt sowohl für Normal-, Meter- und Spezialspur und ist per Verordnung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation rechtlich verbindlich. Als „Spezialspur“ werden Bahnen mit einer Spurweite kleiner als 1000 mm bezeichnet. Ergänzend dazu wird vom Verband öffentlicher Verkehr (VÖV) die Richtlinie RTE 22546 „Geometrische Gestaltung der Fahrbahn – Meterspur“ herausgegeben.<sup>8)</sup> Diese definiert Planungsgrenzwerte, die unter den Grenzwerten der AB-EBV liegen. Diese geringeren Grenzwerte sollen die Erhaltungskosten senken sowie den Fahr-

1) Ihme, J. Schienenfahrzeugtechnik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden 2019.

2) Koch, K.-W. Eisenbahnatlas Europa. München: GeraMond 2012.

3) Clar-Novak, G. Infrastrukturelle und betriebliche Voraussetzungen für den Güterverkehr auf Schmalspurbahnen. Wien: Diplomarbeit TU Wien 2023.

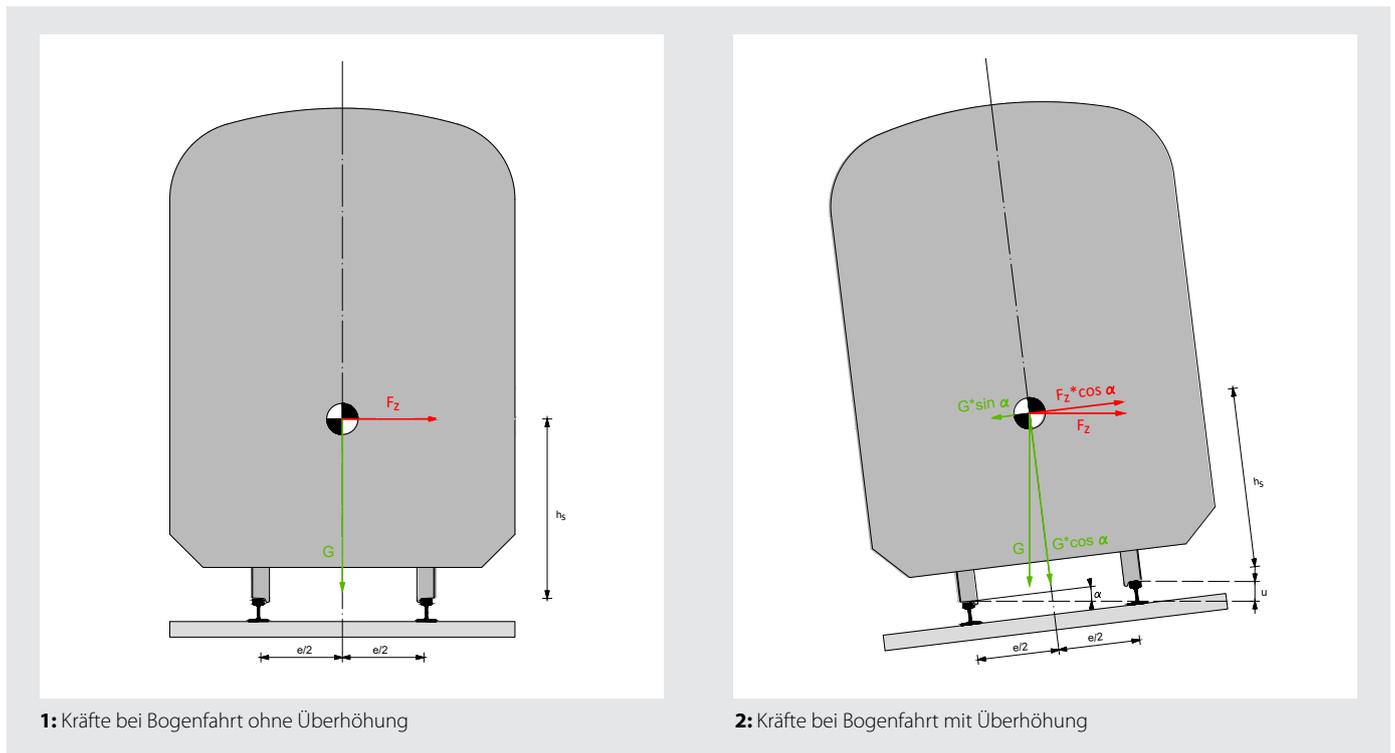
4) Žežula, F. Die Frühzeit der Schmalspurbahn. Wien: Slezak 1983.

5) ÖBB. DV B 52 Oberbau Technische Grundsätze. Wien: Selbstverlag der Österreichischen Bundesbahnen 1980.

6) N. N. B 51/P - Oberbauvorschrift für Österreichische nicht vom Bunde betriebene Haupt- und Nebenbahnen. Wien 1958.

7) Bundesamt für Verkehr. Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung. Bern 2020.

8) Verband öffentlicher Verkehr. R RTE 22546 - Geometrische Gestaltung der Fahrbahn - Meterspur. Bern 2022.



komfort erhöhen und sind bei Neuanlagen einzuhalten bzw. bei der Erneuerung bestehender Anlagen anzustreben.

Für Deutsche Schmalspurbahnen gilt analog zur „Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung“ (EBO) für normalspurige Bahnen die „Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen“ (ESBO), Neufassung vom 25. Februar 1972 (dBGBI. I S. 269), letzte Änderung durch Art. 15 VO vom 31. August 2015 (dBGBI. I S. 1474, 1549) als Verordnung. Die ESBO enthält Vorgaben zur Trassierung von Bahnen der Spurweite 750 mm und 1000 mm. Für Schmalspurbahnen mit abweichenden Spurweiten sind die Vorgaben der ESBO sinngemäß anzuwenden.

In Italien gelten viele Schmalspurbahnen rechtlich als sogenannte „ferrovie isolate“, d. h. isolierte Eisenbahnen, die (neben einigen wenigen normalspurigen Strecken) im Dekret des Infrastrukturministers vom 2.8.2019<sup>9)</sup> aufgezählt werden. Ein großer Teil dieser Schmalspurbahnen weist eine Spurweite von 950 mm auf, jedoch gibt es auch eine meterspurige Strecke. Für diese Bahnen gilt das Dekret der Behörde ANSF n. 1/2019 „Auf vom restlichen Bahnsystem funktional isolierte Netze und auf Betreiber auf solchen Netzen anwendbare techni-

sche Normen und Sicherheitsstandards“ vom 19. April 2019,<sup>10)</sup> wobei die zuständige Behörde ANSF nunmehr ANSFISA heißt. In Anhang 1 dieses Dokuments („Allegato 1“) finden sich die von der Behörde vorgegebenen Grenzwerte.

In Spanien gilt das vom Eisenbahninfrastrukturunternehmen Adif herausgegebene Dokument „Methodik für die Gestaltung der Eisenbahnlinienführung“ (NAP 1-2-1.0) von Jänner 2021<sup>11)</sup>, das Trassierungsvorschriften für alle drei Spurweiten (1668, 1435 und 1000 mm) enthält, jedoch nicht auf der Strecke nach Cotos gilt.

## 2. Trassenführung im Lageplan

### 2.1. Fahrdynamische Rahmenbedingungen

Wie bereits erwähnt war ein wesentlicher Grund für die Errichtung von Schmalspurbahnen die Möglichkeit, im Vergleich zur Normalspur engere Bogenradien anzuordnen. Nach Röhl liegt die untere Grenze des Bogenradius für die in Europa üblichen Schmalspurspurweiten zwischen 53 m (Spurweite 750 mm) und 70 m (Spurweite

1000 mm).<sup>12)</sup> Betrachtet man das Momentengleichgewicht der statischen Kräfte bei Bogenfahrt eines Schienenfahrzeugs (siehe Bilder 1 und 2), so hängt die Sicherheit gegen Kippen des Fahrzeugs sowohl vom Spurkreisabstand als auch von der Höhe des Schwerpunkts des Fahrzeuges ab. Ein geringer Spurkreisabstand und vergleichsweise hohe Schwerpunkte wie bei Schmalspurbahnen führen zu einem erhöhten Risiko des Kippens im Bogen. Dieses Kippen kann sowohl zufolge Fliehkraft bei Bogenfahrt nach bogenaußen als auch zufolge Abtriebskräfte nach bogeninnen bei langsamer Fahrt durch überhöhte Bögen auftreten. Im überhöhten Bogen muss es nicht zu einem Umkippen des Fahrzeuges kommen, es kann bei niedrigen Geschwindigkeiten auch zu einer Entgleisung zufolge Entlastung des bogenäußeren, führenden Rades kommen. Besonders gefährdet sind hierbei aufgrund ihres hohen Schwerpunkts aufgebockte Güterwagen. Leichte Personenzüge sind hingegen bei Seitenwind besonders hinsichtlich Kippens nach bogenaußen gefährdet.<sup>13)</sup>

9) Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti prot. 347, 2. August 2019

10) Decreto ANSF n. 1/2019 Norme tecniche e standard di sicurezza applicabili alle reti funzionalmente isolate dal resto del sistema ferroviario nonché ai gestori del servizio che operano su tali reti, 19. April 2019

11) Adif. Metodología para el diseño del trazado ferroviario (NAP 1-2-1.0). Madrid 2021.

12) Röhl, V. von. Enzyklopädie des Eisenbahnwesens: 8. Personentunnel - Schynige Platte-Bahn. Berlin, Wien: Urban & Schwarzenberg 1917

13) Clar-Novak, G. Infrastrukturelle und betriebliche Voraussetzungen für den Güterverkehr auf Schmalspurbahnen. Wien: Diplomarbeit TU Wien 2023.

**Tabelle 1:** Grenzwerte der Seitenbeschleunigung nach Ländern und Spurweite

Land	Spurweite	$a_{q, max}$	Anmerkung	Grundlage
Österreich	760 mm	0,654 m/s <sup>2</sup>		DV B 52
Österreich	1000 mm	0,654 m/s <sup>2</sup>		Vorschrift B 51/P
Schweiz	1000 mm	0,8 m/s <sup>2</sup>	Normaler Grenzwert	AB-EBV
Schweiz	1000 mm	1,0 m/s <sup>2</sup>	Ausnahmegrenzwert	AB-EBV
Deutschland	750 mm	0,8 m/s <sup>2</sup>		ESBO
Deutschland	1000 mm	0,8 m/s <sup>2</sup>		ESBO
Italien	950 mm, 1000 mm	0,6 m/s <sup>2</sup>	Rang A	ANSF n. 1/2019
Italien	950 mm, 1000 mm	0,8 m/s <sup>2</sup>	Rang B	ANSF n. 1/2019
Italien	950 mm, 1000 mm	1,0 m/s <sup>2</sup>	Rang C	ANSF n. 1/2019
Spanien	1000 mm	0,85 m/s <sup>2</sup>	Normaler Grenzwert	Adif NAP 1-2-1.0
Spanien	1000 mm	1,0 m/s <sup>2</sup>	Ausnahmegrenzwert	Adif NAP 1-2-1.0

**Tabelle 2:** Höchste zulässige Überhöhungen

Land	Spurweite	$u_{max}$	$u_{max, RF}$	Anmerkung	Grundlage
Österreich	760 mm	60 mm	35 mm		DV B 52
Österreich	1000 mm	100 mm	50 mm		Vorschrift B 51/P
Schweiz	1000 mm	105 mm	90 mm		AB-EBV
Schweiz	1000 mm	35 mm		Zahnradstrecken	AB-EBV
Deutschland	750 mm	50 mm	40 mm		ESBO
Deutschland	1000 mm	100 mm	80 mm		ESBO
Italien	950 mm, 1000 mm	110 mm			ANSF n. 1/2019
Italien	950 mm, 1000 mm	35 mm		Zahnradstrecken	ANSF n. 1/2019
Spanien	1000 mm	110 mm			Adif NAP 1-2-1.0

**Tabelle 3:** Grenzwerte für Verwindungen

Land	Spurweite	$\theta_{max}$	$\theta_{max, Ausnahme}$	dD/dt	Grundlage
Österreich	760 mm	2,5 ‰	3,33 ‰ bis 30 km/h	17,4 mm/s	DV B 52
Österreich	1000 mm	2,5 ‰	3,33 ‰ bis 30 km/h	21,4 mm/s	Vorschrift B 51/P
Schweiz	1000 mm	2,5 ‰	3 ‰	40,0 mm/s	AB-EBV
Deutschland	750 mm	3,33 ‰		-	ESBO
Deutschland	1000 mm	3,33 ‰		-	ESBO
Italien	950 mm, 1000 mm	3 ‰		40,0 mm/s	ANSF n. 1/2019
Spanien	1000 mm	2 ‰	2,5 ‰	35,0 mm/s	Adif NAP 1-2-1.0

Verschärft wird die Gefahr einer Entgleisung zufolge Entlastung des führenden bogenäußeren Rades im Bereich von Verwindungen. Diese treten planmäßig bei Überhöhungsrampen auf. Im Bereich der abfallenden Überhöhungsrampe wird das bogenäußere Rad entlastet, gleichzeitig steigt die Horizontalkraft durch die erhöhte Reibung am inneren Rad an und es wirkt zusätzlich das durch die Überhöhung verursachte Kippmoment nach bogenin-

nen.<sup>14)</sup> Ist die Überhöhungsrampe zu steil, können die erwähnten Faktoren, vor allem bei langsamer Fahrt, zur Entgleisung des Zuges führen. Auch im Übergangsbereich zwischen Überhöhungsrampe und konservativer Überhöhung im Bogen kommt es

14) Rießberger, K., „Das Zusammenwirken von Rad und Schiene“. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg. von L. Fendrich und W. Fengler. Berlin, Heidelberg: Springer. 3. Aufl. 2019.

zu einer Entlastung der Räder, die zu einer Entgleisung führen kann.<sup>15)</sup>

## 2.2. Bogenradien und unausgeglichene Seitenbeschleunigung

Als Mindestradius für die auf österreichischen Schmalspurbahnen vorherrschende „Bosnische Spurweite“ (760 mm) legt die DV B 52 einen Grenzwert von 60 m fest, für die in der Schweiz vorherrschende Meterspur legt die AB-EBV einen Mindestradius von 80 m fest. In der Praxis empfiehlt allerdings die Schweizer RTE 22546, Radien unter 200 m zu vermeiden. In Deutschland sind nach den Vorgaben der ESBO unabhängig von der Spurweite Radien bis 50 m möglich. In Italien legt das Decreto ANSF n. 1/2019 in Anhang 1 einen Mindestradius von 80 m für die Spurweiten 950 und 1000 mm fest.

Für die Seitenbeschleunigung liegen die Grenzwerte in den betrachteten Staaten zwischen 0,654 m/s<sup>2</sup> und 1,0 m/s<sup>2</sup>, wobei die Grenzwerte in Österreich am niedrigsten sind. In Italien werden Fahrzeuge aufgrund ihrer dynamischen Charakteristika in einen von drei sogenannten „Rängen“ A, B und C eingeordnet. Für diese Ränge gelten Grenzwerte von 0,6, 0,8 bzw. 1,0 m/s<sup>2</sup> (siehe Tab. 1).

## 2.3. Überhöhung

In Österreich, der Schweiz und Deutschland wird hinsichtlich maximaler Überhöhung auf Schmalspurbahnen unterschieden, ob auf der Strecke Rollfahrzeugbetrieb (RF) stattfindet oder nicht. Bei Rollfahrzeugbetrieb werden normalspurige Güterwagen auf Rollböcke oder Rollwagen verladen und so über Schmalspurbahnen transportiert. Durch den dadurch höher liegenden Schwerpunkt der Fahrzeuge ist auch der Betrag der Überhöhung beschränkt. Ein Vergleich der Grenzwerte (siehe Tab. 2) zeigt, dass in Österreich aktuell konservativere Grenzwerte angewendet werden als in anderen Ländern.

## 2.4. Überhöhungsrampe

Aufgrund der bereits erwähnten Entgleisungsgefahr im Bereich von Überhöhungsrampen ist die Rampenneigung nach oben

15) Jochim, H. E. und F. Lademann. Planung von Bahnanlagen: Grundlagen - Planung - Berechnung : mit zahlreichen Bildern, Tabellen und Beispielen. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2018.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für ÖBB-Infrastruktur AG und TU Wien /  
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten  
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

beschränkt. In den betrachteten Ländern gelten, mit Ausnahme Deutschlands, für die Rampenneigung  $\theta$  sowohl geschwindigkeitsabhängige als auch -unabhängige Grenzwerte (siehe Tab. 3). In Italien und der Schweiz gelten außerdem bei Rollfahrzeugbetrieb niedrigere Grenzwerte.

Zusätzlich dazu sind in Italien, Österreich und der Schweiz auch Grenzwerte für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit definiert. Geschwindigkeitsabhängig zeigt sich, dass im Regelfall bereits bei geringen Geschwindigkeiten flachere Rampenneigungen als bei Anwendung des statischen Grenzwerts notwendig sind.

### 3. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Zur Realisierung von attraktiven Verkehrsangeboten im Personenverkehr auf Schmalspurbahnen werden im Allgemeinen kurze Fahrzeiten angestrebt. Die Fahrzeit wird direkt durch die Fahrgeschwindigkeit der Züge bestimmt. Dabei hat die Trassierung einer Strecke einen direkten Einfluss auf die fahrbare Höchstgeschwindigkeit. Neben dem Bogenradius wird die Höchstgeschwindigkeit im Bogen durch die maximale unausgeglichene Seitenbeschleunigung sowie durch den Betrag der Überhöhung bestimmt. Wie beschrieben, sind Schmalspurfahrzeuge im Bogen durch den hohen Schwerpunkt im Vergleich zum geringen Spurkreisabstand besonders hinsichtlich Entgleisung gefährdet.

Betrachtet man die zulässigen unausgeglichenen Seitenbeschleunigungen in den in diesem Artikel betrachteten Ländern, so zeigt sich, dass diese zwischen  $0,654 \text{ m/s}^2$  und  $1 \text{ m/s}^2$  liegt. Da ein Fahrzeug je nach Bauart unterschiedliche Schwerpunkthöhen aufweist, ist eine Rangeinteilung wie in Italien zielführend. Damit sind beispielsweise für Personenzüge höhere Geschwindigkeiten im Bogen als für Güterzüge möglich. Zu beachten ist allerdings, dass die Fähigkeit des Oberbaus, die aus der Bogenfahrt resultierenden Kräfte schadlos abzuführen, mit kleinerer Spurweite tendenziell sinkt.<sup>16)</sup> Für besonders kleine Spurweiten (750 mm, 760 mm) sind folglich geringere unausgeglichene Seitenbeschleunigungen als im Bereich der Meterspur möglich.

Überhöhungsrampen stellen als planmäßige Verwindungen des Gleiskörpers besonders kritische Trassierungselemen-

te dar. Im Bereich häufiger Bogenwechsel kann eine beschränkte Neigung der Überhöhungsrampe dazu führen, dass im folgenden Bogen die für eine bestimmte Geschwindigkeit notwendige Überhöhung nicht realisiert werden kann. Der Ländervergleich zeigt, dass auch für Schmalspurbahnen im Vergleich zur Normalspur relativ steile Überhöhungsrampen zulässig sind. Gleichzeitig variiert allerdings im Ländervergleich der Betrag der Überhöhungsgeschwindigkeit. Die Beispiele Schweiz und Italien zeigen, dass für Meterspurbahnen Grenzwerte bis zu  $40 \text{ mm/s}$  möglich sind. Da dieser Grenzwert einen direkten Einfluss auf die Fahrgeschwindigkeit der Züge hat, könnten auch hier für Züge mit höherem Schwerpunkt andere Grenzwerte zum Einsatz kommen als für solche mit niedrigem.

Der in diesem Artikel durchgeführte Ländervergleich zeigt, dass sich die Grenzwerte in den Trassierungsrichtlinien teilweise stark unterscheiden. Eine Anwendung von bereits in anderen Ländern bewährten höheren Grenzwerten könnte das Personenverkehrs-

angebot auf Schmalspurbahnen attraktiver machen. Unterschiedliche Grenzwerte für Personen- und Güterzüge ermöglichen darüber hinaus Güterverkehr auf Schmalspurbahnen, ohne dass die Fahrzeiten des Personenverkehrs durch geringere Grenzwerte negativ beeinflusst werden. •

#### Summary

#### European alignment standard of narrow-gauge railroads in comparison

Currently, the alignment standard of narrow-gauge railroads in Europe is different from country to country. The present article compares the alignment standard of narrow-gauge railroads in Germany, Italy, Austria, Switzerland and Spain. The recommendations for future adjustment of limit values resulting from this comparison (for example different limits for passenger- or cargo trains or trains depending on the height of the center of gravity) are discussed at the end of the article.

HIER PASSIERT NICHTS.  
AUSSER DER ZUG.

SIGNALSYSTEME  
VON ZELISKO.

TARO  
PROJEKT-  
PARTNER

 ZELISKO

LÄSSIG, WEIL ZUVERLÄSSIG.  
Mehr auf [zelisko.com](https://zelisko.com)

<sup>16)</sup> Clar-Novak, G. Infrastrukturelle und betriebliche Voraussetzungen für den Güterverkehr auf Schmalspurbahnen. Wien: Diplomarbeit TU Wien 2023.

# ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU

ETR – Eisenbahntechnische Rundschau erscheint in 2023 im 72. Jahrgang, ISSN 0013 – 2845 | Internet: www.eurailpress.de/etr

## HERAUSGEBER

**Rolf Härdi**, Chief Technology Innovation Officer, Deutsche Bahn AG, Berlin

**Gerald Hörster**, Präsident des Eisenbahn-Bundesamtes, Bonn

**Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Steffen Knappe**, Stellvertreter der Vorstandsvorsitzenden Bundesfachabteilung Eisenbahnoberbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Berlin

**Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen**, Institutsleiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)

**Prof. Dr.-Ing. Corinna Salander**, Abteilungsleiterin Eisenbahnen, Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Berlin

**Dipl.-Ing. Martin Schmitz**, Geschäftsführer für den Bereich Technik im Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

**Sarah Stark**, Hauptgeschäftsführerin des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland e.V. (VDB), Berlin

**Prof. Dr. techn. Norbert Ostermann**, Univ.-Prof. i.R., Wissenschaftlicher Leiter der ÖVG, Herausgeber ETR Austria

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Sauter-Servaes**, Mobilitätsforscher & Studiengangleiter „Verkehrssysteme“ ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, School of Engineering, CH-Winterthur, Herausgeber ETR Swiss

## FACHBEIRAT

**Dr. Thomas Anton**, Vice President Center of Competence Brake Control, Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH, München

**Prof. Dr. Michael Beiteltschmidt**, Professor für Dynamik und Mechanismen, Technische Universität Dresden

**Jens Bergmann**, Vorstand Finanzen / Controlling, DB Netz AG, Frankfurt a. M.

**Dr. Michael Bernhardt**, Vorsitzender der Geschäftsführung der Rail Power Systems GmbH, Berlin

**Prof. Dr.-Ing. Martin Cichon**, Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

**Dipl.-Ing. Nils Dube**, Leiter Engineering (Head of Engineering), DB Systemtechnik GmbH, München

**Johann Dumser**, Director of Marketing and Communications, Plasser & Theurer, AT-Wien

**Dr.-Ing. Gunther Ellwanger**, Vorsitzender der Gesellschaft für Rationale Verkehrspolitik, Hinterzarten

**Johannes Emmelhainz**, Siemens Mobility GmbH, SMO CS, Erlangen

**Dipl.-Ing. Judith Engel**, MBA, MSc, MSc, Vorständin, ÖBB-Infrastruktur AG, AT-Wien

**Carsten Fischer**, Site Engineering Director, Alstom Transport Deutschland GmbH, Salzgitter

**Dr. Heiko Fischer**, Aufsichtsratsvorsitzender der Northrail AG und Präsident der International Union of Wagon Keepers (UIP)

**Dr.-Ing. Julian Franzen**, Westfälische Lokomotiv Fabrik, Reuschling GmbH & Co. KG, Hattingen

**Dr. Gert Fregien**, TENSOR, Mannheim

**Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein**, Lehrstuhl Verkehrswegebau, Technische Universität München

**Nicole Friedrich**, Vorsitzende der Geschäftsführung der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH, Frankfurt a. M.

**Jan Furnivall**, Chief Operating Officer, Vossloh AG, Werdohl

**Dr.-Ing. Karsten P. Gruber**, Geschäftsführer Obermeyer Infrastruktur GmbH & Co. KG, Düsseldorf

**Dr.-Ing. Stefan Gutschling**, Geschäftsführer Fachverband Elektrobahnen und -fahrzeuge, ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt a. M.

**Dipl.-Ing. Roland Heinisch**, ehem. Mitglied des Vorstandes der Deutschen Bahn AG, Idstein

**Dr. Michael Holzapfel**, Senior Vice President Business Unit Rail – Industrial Europe, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Schweinfurt

**Dr. Bärbel Jäger**, Abteilungsleiterin im Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.), Braunschweig

**Dr. Sven Jenne**, Director Engineering & Development Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, Oberhausen

**Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kleemann**, München

**Dr.-Ing. Dieter Klumpp**, Mannheim

**Dr.-Ing. Günter Köhler**, Bochumer Verein Verkehrstechnik GmbH, Bochum

**Dipl.-Ing. Markus Köppel**, Abteilungspräsident Infrastruktur, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

**Harald Kreft**, Geschäftsleitung Hamburg Port Authority, Hamburg

**Jens-Günter Lang**, Vorstand Ressort Technik, Hamburger Hochbahn AG

**Dr. Martin Lange**, SEGULA Technologies, München

**Maria Leenen**, Geschäftsführende Gesellschafterin, SCI Verkehr, Hamburg, Köln und Berlin

**Dr. Manfred Lerch**, Hagemüller Lerch GmbH, Heidenheim

**Prof. Dr.-Ing. Jia Liu**, Leiterin Institut für Verkehrswegebau/Transportation Infrastructure Engineering, Technische Universität Darmstadt

**Prof. Dr.-Ing. Günter Löffler**, Professor Technik spurgeführter Fahrzeuge, TU Dresden, Fak. Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Dresden

**Stefan von Mach**, Chief Engineer TALENT 3 Battery EMU Region Central/Eastern Europe and CIS – Mainline, Metros and Systems, Alstom, Hennigsdorf

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ullrich Martin**, Institut für Eisenbahn- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart

**Prof. Dr. Birgit Millius**, Leitung Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur, TU Berlin

**Prof. Dr.-Ing. Peter Mních**, TU Berlin

**Dipl. El.-Ing. HTL/MSc Michele Molinari**, CEO, Molinari Rail AG, CH-Winterthur

**Dr. Sigrid Nikutta**, Vorstand Güterverkehr der Deutschen Bahn AG und Vorstandsvorsitzende der DB Cargo AG

**Prof. Dr.-Ing. Andreas Oetting**, Leiter Fachgebiet Bahnsysteme/ Bahntechnik, Technische Universität Darmstadt

**Dr. techn. Markus Ossberger**, Leiter der Abteilung Bau- und Anlagenmanagement, Prokurist, Wiener Linien, AT-Wien

**Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht**, Institut für Eisenbahnen und Verkehrssicherung, Technische Universität Braunschweig

**Prof. Dr. Raphael Pfaff**, FH Aachen

**Prof. Dr. Ronald Pörner**, Ordentlicher Professor für Betriebswirtschaftslehre an der HTW Berlin

**Univ.-Prof. Dr. techn. Ferdinand Pospischil, M.Sc.**, Institutsleiter, Technische Universität Graz, AT-Graz

**Prof. Knut Ringat**, Geschäftsführer Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH, Hofheim am Taunus

**DI Dr. techn. Bernhard Rüger, EURAIL-ING**, Technische Universität Wien, Institut für Verkehrswesen, Forschungsbereich für Eisenbahnen

**Dipl.-Ing. Volker Rupprecht**, Abteilungspräsident Fahrzeuge und Betrieb, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn

**Dipl.-Ing. Veit Salzmann**, Geschäftsführer Hessische Landesbahn GmbH, Frankfurt a. M.

**Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder**, Geschäftsführer der ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH, Braunschweig; Privatdozent am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen und Honorarprofessor an der TU Braunschweig

**Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler**, Lehrstuhl und Institut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme, RWTH Aachen

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefert**, Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb, Technische Universität Braunschweig

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Siegmund**, Wennigsen

**Dipl.-Ing. Volker Sparmann**, Vorsitzender des Vorstandes HOLM e.V., Frankfurt a. M.

**Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan**, Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Elektrische Bahnen

**Dr.-Ing. Karsten Steinhoff**, Geschäftsführer der NBE Nordbahn Eisenbahngesellschaft mbH & Co. KG, Kaltenkirchen

**Prof. Sebastian Stichel**, KTH Royal Institute of Technology, School of Engineering Sciences, Stockholm, Schweden

**Detlev K. Suchanek**, Geschäftsführer GRT Global Rail Academy and Media GmbH/Publisher PMC Media

**Dipl.-Ing. (BA) Dominik Veit**, Thales Deutschland GmbH, Transportation Systems, Ditzingen

**Niko Warbanoff**, Vorsitzender der Geschäftsführung, DB Engineering & Consulting GmbH, Berlin

**Dipl.-Ing. Henri Werdel**, Directeur Gestion Infrastructure, Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL), L-Luxembourg

**Franziska Zbinden**, Leitung Kompetenz-Center Wechselwirkung Fahrzeug-Fahrweg, SBB AG, CH-Bern

## KOOPERATIONSPARTNER

**VDI** VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. – Fachbereich Bahntechnik

## VERLAG

DVV Media Group GmbH  
Postfach 10 16 09, D-20010 Hamburg  
Heidenkampsweg 73-79, D-20097 Hamburg  
Tel. +49 40 23714-100  
Internet: www.dvmedia.com · www.eurailpress.com

### Geschäftsführer

Martin Weber

### Verlagsleitung

Manuel Bosch

### Chefredakteur Eurailpress | Gesamtdirektionsleitung

Georg Kern

### Redaktion ETR

#### Chefredaktion

Dipl.-Volksw. Ursula Hahn (verantwort.)  
+49 6203 6619620 | ursula.hahn@dvmedia.com

#### Redaktionsteam

Barbara Feldmann

Dipl.-Ing. Wolfgang Feldwisch

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Jänsch

Dipl.-Ing. agr. Dagmar Rees

#### Anzeigen

#### Anzeigenleitung Eurailpress

Silke Härtel (verantwort.)

+49 40 23714-227 | silke.haertel@dvmedia.com

#### Anzeigenverkauf

Tim Feindt

+49 40 23714-220 | tim.feindt@dvmedia.com

#### Anzeigentechnik

Frank Schnakenbeck

+49 40 23714-332 | frank.schnakenbeck@dvmedia.com

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 59 vom 1. Januar 2023.

## Vertrieb

### Leiter Marketing & Vertrieb

Markus Kukuk

+49 40 23714-291 | markus.kukuk@dvmedia.com

### Unternehmenslizenzen Digital/Print

lizenzen@dvmedia.com

### Leser- und Abonnentenservice

Tel. +49 40 23714-260 | Fax +49 40 23714-243  
kundenservice@dvmedia.com

## Erscheinungsweise

Monatlich, zwei Doppelhefte im Jan./Feb. und Juli/Aug., viermal jährlich inklusive Supplement ETR Austria, zweimal jährlich inklusive Supplement ETR Swiss

## Bezugsbedingungen

Die Bestellung des Abonnements gilt zunächst für die Dauer des vereinbarten Zeitraumes (Vertragsdauer). Eine Kündigung des Abonnementvertrages ist zum Ende des Berechnungszeitraumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht rechtzeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden. Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeitskampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch. Zustellmängel sind dem Verlag unverzüglich zu melden. Es ist ausdrücklich untersagt, die Inhalte digital zu vervielfältigen oder an Dritte (auch Mitarbeiter, sofern ohne personenbezogene Nutzerlizenzierung) weiterzugeben.

## Zusätzliche digitale Abonnements

Bezug auf Anfrage, gültig ist die Vertriebspreisliste vom 01.01.2023.

## Bezugsgebühren

Abonnement: Inland jährlich 340 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt., Ausland mit VAT-Nr. jährlich 378 EUR inkl. Porto, ohne VAT-Nr. inkl. Porto zzgl. MwSt.

Das Abonnement-Paket enthält die jeweiligen Ausgaben als Print, Digital und E-Paper sowie den Zugang zum Gesamtarchiv der Zeitschrift.

**Einzelheft:** 37,25 EUR inkl. MwSt.

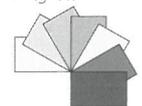
**Layout:** DVV Media Group / Matias Becker

**Druck:** Silber Druck oHG, Lohfelden

**Copyright:** Vervielfältigungen durch Druck und Schrift sowie auf elektronischem Wege, auch auszugsweise, sind verboten und bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung des Verlages. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

ISSN 0013-2845

Mitglied/Member



Deutsche Fachpresse

Eine Publikation der DVV Media Group

