

Bachelorarbeit

Grenzüberschreitender Zugverkehr bei unterschiedlichen Spurweiten

Franziska Fabsits

e1526063@student.tuwien.ac.at

Matr.Nr. 01526063

Datum: 10.06.2022

Betreuer: Dipl.-Ing. Markus Lagler

Kurzfassung

Die Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Interoperabilität im Schienenverkehr in Bezug auf die unterschiedlichen Spurweiten innerhalb Europas. Es werden Lösungsansätze für den Übergang von Schienenfahrzeugen einer Spurweite auf eine andere genannt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Interoperabilität im Schienenverkehr	4
2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	4
2.2	Organisationen.....	5
2.3	Technischen Spezifikationen für Interoperabilität.....	6
3	Spurführungstechnik	7
3.1	Technische Grundlagen.....	7
3.1.1	Spurführung	7
3.1.2	Spurweite	7
3.2	Spurweiten in Europa	8
3.2.1	Geschichtlicher Hintergrund.....	9
4	Wechsel der Spurweiten.....	11
4.1	Umsteigen/Umladen	12
4.2	Tausch der Drehgestelle	13
4.3	Automatische Umspuranlagen	14
4.4	Spurweitenumstellung	18
4.5	Drei- und Vierschienengleise.....	19
4.6	Rollwagen oder -böcke	20
5	Fazit.....	21
	Abbildungsverzeichnis	22
	Literaturverzeichnis	22

1 Einleitung

Historisch bedingt gibt es in Europa unterschiedliche technische Standards, welche einen durchgehend grenzüberschreitenden Schienenverkehr erschweren. Durch die unterschiedlichen Spurweiten ist an Grenzbahnhöfen ein Umsteigen der Fahrgäste bzw. ein Umladen der Güter, ein Lokwechsel oder ein Umspuren des Wagens notwendig, was viel Zeit in Anspruch nimmt.

Durch Interoperabilitätsrichtlinien, welche von der EU erlassen werden, soll der grenzüberschreitende Schienenverkehr sowohl innerhalb der Europäischen Union als auch mit Drittländern, harmonisiert werden. In den „Technischen Spezifikation für Interoperabilität“ findet man Parameter, welche für Neu- und Umbauten von Eisenbahnstrecken einzuhalten sind.

Allein innerhalb der Europäischen Union gibt es im Bereich der Vollbahnen vier verschiedene Spurweiten, fünf verschiedene Stromsysteme, mehrere Lichtraumprofile, 23 nicht kompatible Zugsicherungs- und Zugsteuerungssysteme, sowie unterschiedliche Kommunikationssysteme [Menius & Matthews, 2020, S. 21].

Folgende Forschungsfrage soll in dieser Arbeit beantwortet werden:

„Welche Lösungsansätze für den Übergang von Schienenfahrzeugen zwischen Streckennetzen in Europa mit verschiedenen Spurweiten gibt es?“

Ziel der Arbeit ist es, am Ende einen Überblick darüber zu geben, welche technischen Maßnahmen zur Abwicklung des Spurwechsels an den Staatsgrenzen, als auch in regional begrenzten Bereichen notwendig sind. Diese werden mit Beispielen bestehender Anlagen bzw. verwirklichter Projekte erläutert.

Im Rahmen der Bachelorarbeit werden Erkenntnisse aus verschiedenen Quellen, darunter sowohl Fachliteratur als auch Artikel aus Fachzeitschriften, zusammengeführt.

Als Basis, zur Beantwortung der Forschungsfrage, wird zunächst der Begriff der Interoperabilität definiert. Dazu wird ein grober Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen, Organisationen und die TSI (Technische Spezifikationen für Interoperabilität) gegeben. Es folgt eine kurze Beschreibung der Spurführungstechnik und eine Übersicht über die unterschiedlichen Spurweiten in Europa mit geschichtlichem Hintergrund. Abschließend werden die verschiedenen Lösungsansätze zum Wechsel der Spurweiten erläutert.

2 Interoperabilität im Schienenverkehr

Die in Europa historisch gewachsenen, nationalen Bahnsysteme stellen angesichts des gemeinsamen Europäischen Binnenmarkts sowie der gesamten Wirtschaft ein großes Hindernis dar. Um einen effizienten und durchgehenden Schienengüterverkehr sicherzustellen, ist die Europäische Union bestrebt, länderübergreifend einheitliche, rechtliche, technische, sowie betriebliche Voraussetzungen zu schaffen, um den grenzüberschreitenden Zugverkehr sowohl innerhalb der EU als auch mit Drittländern zu harmonisieren. Unter Interoperabilität versteht man das Angleichen bzw. Harmonisieren der unterschiedlichen Bahnsysteme [Hafner, 2018].

Allein innerhalb der Europäischen Union gibt es im Bereich der Vollbahnen vier verschiedene Spurweiten, fünf verschiedene Stromsysteme, mehrere Lichtraumprofile, 23 nicht kompatible Zugsicherungs- und Zugsteuerungssysteme, sowie unterschiedliche Kommunikationssysteme [Menius & Matthews, 2020, S. 21].

So ist an den Grenzbahnhöfen beispielsweise ein Lokwechsel bei unterschiedlichen Energieversorgungen der Länder bzw. ein Umladen der Güter oder ein Umspuren des kompletten Zuges bei abweichenden Spurweiten notwendig, welcher die Übergabe von Zügen an den Staatsgrenzen um Stunden verzögern kann [Hafner, 2018].

Vor allem der grenzüberschreitende Güterverkehr, bei dem besonders große Marktanteile auf den Verkehrsträger Schiene entfallen, wird durch diese Inkompatibilitäten sehr eingeschränkt. Aber auch die abweichenden Betriebssprachen machen den Übergang an den Staatsgrenzen nicht einfach. Deshalb verfolgt die Europäische Union seit 20 Jahren den Ausbau des transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN), welcher neun Prioritätsachsen umfasst. Diese Korridore sind mit dem European Rail Traffic System (ERTMS) ausgerüstet [Stoll et al., 2017, S. 36ff].

Das European Rail Traffic System besteht aus dem Zugfunksystem GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway) und dem European Train Control System (ETCS), ein Zugsicherungssystem, welches die örtlich zulässige Höchstgeschwindigkeit, die korrekte Fahrstrecke und Fahrrichtung sowie die Eignung des Zuges für die Strecke überwacht. In Zukunft sollen aber auch vermehrt Mehrsystemlokomotiven zum Einsatz kommen, welche auf Strecken mit unterschiedlicher Energieversorgung verkehren können [Hafner, 2018].

2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Um einen sicheren und reibungslosen Übergang der Züge zwischen den nationalen Eisenbahnnetzen zu bewerkstelligen, erließ der Rat der Europäischen Union, auf Vorschlag der Europäischen Kommission, im Jahr 1996 die Richtlinie 96/48/EG über die Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems sowie im Jahr 2001 die Richtlinie 2001/16/EG über die Interoperabilität des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems. Diese Richtlinien enthalten die sogenannten „Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität“ (TSI) [Pernice, 2022].

Beide Richtlinien wurden 2008 in der Richtlinie 2008/57/EG zusammengefasst und aktualisiert und schließlich am 11. Mai 2016 durch die Richtlinie (EU) 2016/797 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union abgelöst.

Um die technischen Hindernisse für die Interoperabilität abzubauen und die wichtigsten Ziele der Zusammenarbeit und Verpflichtungen festzulegen, haben die Vertreter des Eisenbahnsektors und die Kommission in den Jahren 2005, 2008, 2012 und 2016 Absichtserklärungen unterzeichnet [Pernice, 2022].

Mit der Verordnung (EU) Nr. 913/2010 wurden neun EU-Korridore festgelegt, um einen wettbewerbsfähigen Güterverkehr auf dem europäischen Schienennetz zu schaffen und infolgedessen das grenzüberschreitende Schienennetz und seine Interoperabilität zu verbessern [Pernice, 2022].

2.2 Organisationen

Folgende Organisationen kümmern sich unter anderem um den Informationsaustausch und die Vereinheitlichung von Standards:

- Der Internationale Eisenbahnverband *UIC (Union Internationale des Chemins de fer)*, wurde am 17. Oktober 1922 in Paris gegründet, um eine Vereinheitlichung und Verbesserung der Standards im Eisenbahnbau- und betrieb im internationalen Verkehr zu schaffen. Ursprünglich hatte der Verband 51 Mitglieder aus 29 Ländern. Mittlerweile besteht er aus 207 Mitgliedern.
Das Ziel der UIC ist unter anderem die Förderung der Interoperabilität und die Verbesserung der technischen und ökologischen Leistung des Schienenverkehrs. Weiters soll eine internationale Zusammenarbeit und Austausch zwischen den Mitgliedern gefördert werden [Union Internationale des Chemins de fer (UIC), 2022].
- Die *OSShD* oder auch *OSJD (Organisation for Co-Operation between Railways)* hat ihren Sitz in Warschau und setzt sich für die Entwicklung und Verbesserung des internationalen Eisenbahnverkehrs zwischen Europa und Asien ein. Andere Tätigkeiten der OSShD sind die Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienenverkehrs und die Verbesserung des internationalen Transportrechts. Die OSShD zählt 29 Mitglieder und arbeitet auch mit anderen Organisationen, wie beispielsweise der UIC, zusammen [OSJD Committee, 2022].
- Die Agentur der Europäischen Union *ERA (European Union Agency for Railways)* mit Sitz in Frankreich wurde eingerichtet, um eine Verbesserung der Interoperabilität und die Sicherheit des Eisenbahnsystems der EU zu stärken. Seit 2016 hat die Behörde Befugnis über die Genehmigung von Schienenfahrzeugen, welche im grenzüberschreitenden Verkehr eingesetzt werden und darf Sicherheitsbescheinigungen für Eisenbahnunternehmen ausstellen, die in mehreren Mitgliedsstaaten tätig sind [Pernice, 2022].
- Die *CER (Community of European Railway and Infrastructure Companies)* wurde 1988 in Brüssel gegründet und ist ein Interessensverband für europäische Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) [Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER), 2018].
- *CEN (European Committee for Standardization)* und *CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)* entwickeln Standards für Produkte und Dienstleistungen, um so die europäische Wettbewerbsfähigkeit und die Stärkung des Binnenmarkts zu fördern [CEN-CENELEC, 2022].
UIC, CEN und *CENELEC* haben ein Kooperationsabkommen unterzeichnet [Menius & Matthews, 2020, S.22].

2.3 Technischen Spezifikationen für Interoperabilität

Mit der Richtlinie 2001/16/EG wurde die Einführung der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) beschlossen. Ziel war eine Harmonisierung der technischen und betrieblichen Anforderungen der EU-Staaten und eine Erleichterung der grenzüberschreitenden Nutzung des Schienennetzes. Die TSI wird, wie in **Tab. 1** zu sehen, in Teilsysteme für strukturelle und funktionale Bereiche gegliedert [Arms, 2013, S. 24ff].

Tab. 1: Teilsysteme der TSI [Europäische Union, 2011, S.23]

Strukturelle Bereiche	Funktionelle Bereiche
Infrastruktur	Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung
Energie	Instandhaltung
streckenseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung	Telematikanwendungen für den Personen- und Güterverkehr
fahrzeugseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung	
Fahrzeuge	

Für jedes dieser Teilsysteme wird eine „Technische Spezifikation für Interoperabilität“ erstellt. Gemäß den Interoperabilitätsrichtlinien müssen die Teilsysteme zum Zeitpunkt der Erneuerung, Inbetriebnahme oder Umrüstung mit den geltenden TSI übereinstimmen. Die TSI muss also nicht nachträglich auf bestehende Teilsysteme angewendet werden [Arms, 2013, S.24ff].

Am 01.01.2015 wurden neue TSI erstellt, welche sich auf das gesamte europäische Eisenbahnsystem bezieht. Die TSI konnte dadurch weitgehend reduziert werden, da die Anforderungen für Hochgeschwindigkeitsverkehr und konventionellen Eisenbahnverkehr meistens gleich waren [Wiescholek et al., 2015, S. 46].

3 Spurführungstechnik

3.1 Technische Grundlagen

Durch den Formschluss, der zwischen Rad und Schiene besteht, wird eine sichere Führung des Radsatzes in der Geraden und im Gleisbogen gewährleistet. Der Radsatz ist das Verbindungselement zwischen der Schiene und dem Beförderungsbehälter, welcher die Gewicht-, Vortriebs- und Verzögerungskräfte überträgt [Menius & Matthews, 2020, S. 31].

3.1.1 Spurführung

Das Radprofil hat einen innenliegenden Spurkranz und eine konische Lauffläche, welche auf gerader Strecke zu einem wellenförmigen Lauf des Radsatzes führt. Der Radsatz zentriert sich aber wie in **Abb. 1** zu sehen, immer wieder selbst in Richtung Gleismitte [Janicki, 2011, S. 185].

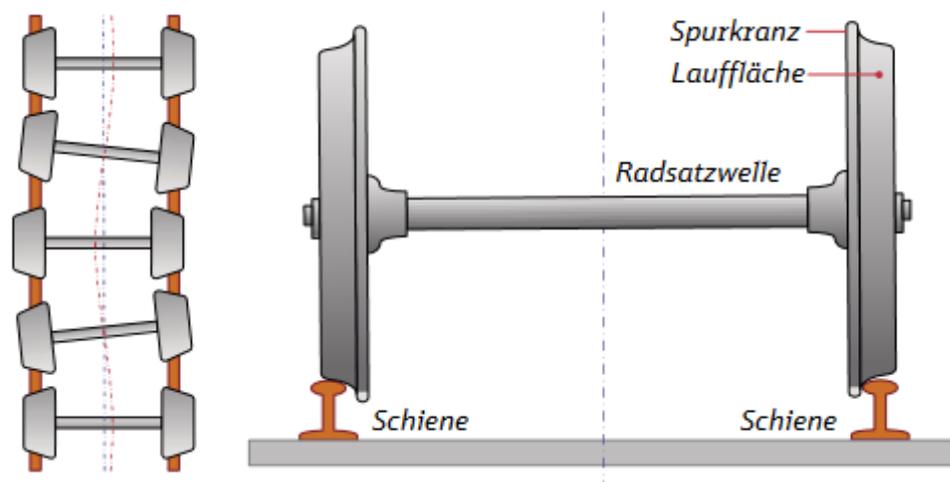


Abb. 1: Radsatz und Sinuslauf [Janicki, 2011, S. 185]

Um eine Betriebsgefährdung auszuschließen, müssen Spurweite und Radsatzabmessungen gut aufeinander abgestimmt sein. In der Eisenbahnbau und -betriebsordnung (EisbBBV) sind Grenzmaße für Normalspur angegeben, welche eingehalten werden müssen. Das Spurspiel ist wie in **Abb. 2** zu sehen, die Differenz zwischen Spurweite und Abstand der Spurkranzflanken [Menius & Matthews, 2020, S. 32ff].

3.1.2 Spurweite

Die Spurweite ist der kleinste Abstand der beiden Schienen zwischen den Innenflächen der Schienenköpfe. Sie wird im Bereich von 0 bis 14 mm unterhalb der Schienenoberkante gemessen (siehe **Abb. 2**). Die Normalspur, auch „Regelspur“ genannt, hat eine Spurweite von 1435 mm und ist die in Europa vorherrschende Spurweite. Spurweiten schmaler als 1435 mm werden als Schmalspur bezeichnet. Spurweiten breiter als 1435 mm werden als Breitspur bezeichnet [Janicki, 2011, S. 186].

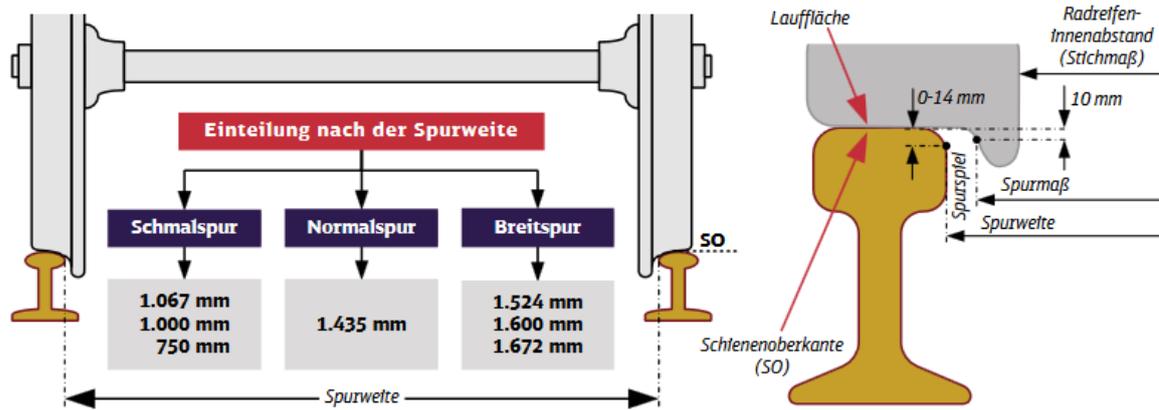


Abb. 2: Radsatz- und Schienenabmessungen [Janicki, 2011, S. 186]

Die Normalspurweite darf das Mindestmaß von 1430 mm nicht unterschreiten und das Größtmaß von 1465 mm bei Hauptgleisen bzw. 1470 mm bei Nebengleisen nicht überschreiten. In Gleisbögen mit Halbmessern unter 175 m wird die Normalspurweite vergrößert, um keine unzulässigen Zwängungen hervorzurufen. So muss die Spurweite bei einem Bogenhalbmesser zwischen 175 bis 150 m mindestens 1435 mm betragen, zwischen 150 bis 125 m mindestens 1440 mm und bei Bogenhalbmessern zwischen 125 bis 100 m bedarf es einer Spurweite von mindestens 1445 mm [Menius & Matthews, 2020, S. 32]. Diese Grenzwerte sind in der Eisenbahnbau- und betriebsordnung (EisbBBV) zu finden.

3.2 Spurweiten in Europa

Die vorherrschende Spurweite in Europa ist die sogenannte Normalspur mit 1435 mm. Ausnahmen bestehen einerseits in Spanien und Portugal mit einer Spurweite von 1668 mm, in Irland mit 1600 mm, in Russland, Weißrussland, Ukraine, Estland, Lettland und Litauen mit 1520 mm und in Finnland mit 1524 mm. Eine eher untergeordnete Rolle spielen in Europa die schmalspurigen Eisenbahnen, wie z. B. Privat-, Museums- oder Werksbahnen, welche meist innerhalb einer Region zu finden sind [Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), 2010].

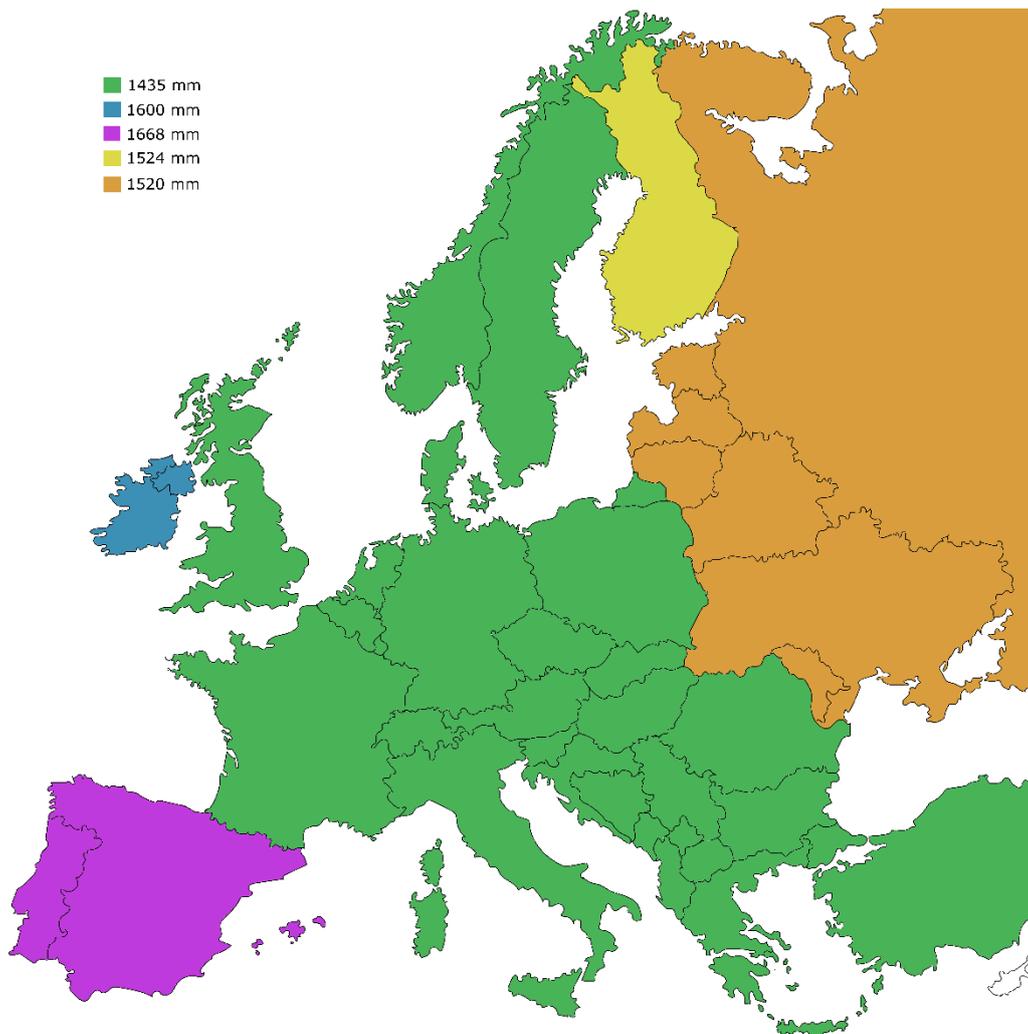


Abb. 3: Hauptspurweiten in Europa [eigene Darstellung basierend auf BMDV, 2010]

3.2.1 Geschichtlicher Hintergrund

Die Unterschiede in den Spurweiten innerhalb Europas sind auf verschiedene Faktoren zurückzuführen. Die Spurweite von 1435 mm wurde schon im 19. Jahrhundert im Nordosten Großbritanniens für die von Pferden gezogenen Waggons verwendet. Im Jahr 1835 baute der Engländer George Stephenson die Eisenbahn Stockton – Darlington für diese Spurweite. Sie wurde dann sowohl in Europa als auch weltweit zur Standardspurweite [Janicki & Reinhard, 2008, S. 33f].

Aber nicht überall wurde die Normalspurweite von 1435 mm ausgeführt, so hatten die ersten Eisenbahnen in Frankreich eine Spurweite von 500 mm, während die Great Western Railway in England eine Spurweite von 2140 mm hatte. Der Vorteil von größeren Spurweiten lag im besseren Fahrkomfort, dafür waren schmalere Spuren kostengünstiger und man konnte sich besser an schwierige Trassen anpassen [Janicki & Reinhard, 2008, S. 33f].

Ein weiterer Grund für die Unterschiede in den Spurweiten waren aber auch militärisch-strategische Überlegungen. Durch die unterschiedlichen Spurweiten in den Nachbarländern konnten im Falle eines Krieges die Nachschubtransporte erschwert werden konnten. [Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), 2010].

In Spanien wählte man die Spurweiten nach einer Empfehlung des Ingenieurs Juan Subercase. Dieser brachte im Jahr 1844 eine Studie heraus, worin er eine Spurweite von sechs katalanischen

Fuß (1674 mm) vorschlug. Die Argumente für diese Spurweite waren einerseits, dass man die in Spanien großen Steigungen nur durch leistungsstarke Dampflokomotiven überwinden kann, wo für breitere Spuren notwendig gewesen wären. Andererseits glaubte man, dass zukünftig breit-spurig gebaut werden würde, wie es beispielsweise bei der Great Western Railway in England oder in Russland der Fall war [Enseleit, 2010, S. 98].

Ein 12 000 km langes Bahnnetz baute man in der Spurweite von 1674 mm, bis das spanische Eisenbahnunternehmen RENFE (Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles) im Jahr 1955 eine Spurweite von 1668 mm für das spanische Hauptnetz festlegte, um das Spurnspiel zu verringern. Da sich Portugal ebenfalls für eine Spurweite von 1674 mm bzw. 1668 mm entschied, wird sie auch als „iberische“ Spurweite bezeichnet [Enseleit, 2010, S. 98].

In Russland baute man nach dem Vorbild Amerikas in einer Spurweite von fünf englischen Fuß bzw. 1524 mm. Diese Spurweite war bis zum Jahr 1970 Standard, bis man sich darauf einigte, das Maß der sogenannten „Russischen Breitspur“ auf 1520 mm zu verringern. Durch die Verkleinerung des Spurnspiels um 4 mm konnte der Verschleiß gemindert werden. Diese Spurweite ist auch noch in den ehemaligen Sowjetrepubliken vorherrschend [Schmidtendorf, 2018a, S. 110].

Als Schweden 1809 große Gebietsteile, welche zum Großfürstentum Finnland geformt wurden, an Russland abgeben musste, wurde in Finnland ebenfalls in „Russischer Breitspur“ gebaut. Bis 1988 war das Bahnhofsgebäude in der Grenzstadt Tornio (Finnland) die Zollstation für den schwedisch-finnische Grenzverkehr, über welchem die Hauptverbindung zwischen England und Russland verlief. Aufgrund der unterschiedlichen Spurweiten musste aber auf schwedischer Seite umgespurt werden [Schmidtendorf, 2018b, S. 74f].

Nachdem Finnland nach Ende des 1. Weltkrieges die Unabhängigkeit von Russland erlangte, wurde aus Kostengründen weiterhin in der Spurweite von 1524 mm gebaut.

Und auch nachdem 1972 die Spurweiten in der damaligen Sowjetunion von 1524 mm auf 1520 mm umgespurt wurden, blieb Finnland der originalen russischen Spurweite von 1524 mm treu [Schmidtendorf, 2018b, S. 75].

In Irland hielt man sich beim Bau der ersten Eisenbahn zwischen Westland Row in Dublin und Kingston an die Normalspurweite von 1435 mm. Allerdings gab es damals in Irland keine einheitliche Spurweite, so hatte beispielsweise die Ulster Railway eine Spurweite von 1880 mm. Die heute als „Irische Breitspur“ bezeichnete Spurweite von 1600 mm wurde erst durch einen Kompromiss in einem Gesetz im Jahr 1846 festgelegt [Schmidtendorf, 2019, S. 76f].

4 Wechsel der Spurweiten

Um den Spurweitenwechsel sowohl an den Staatsgrenzen als auch innerhalb der Länder zu bewerkstelligen, sind bestimmte technische Maßnahmen notwendig. Dazu gehören

- das Umsteigen bzw. Umladen,
- der Tausch der Drehgestelle,
- automatische Umspuranlagen,
- die Spurweitenumstellung,
- der Bau von Drei- oder Vierschienengleisen,
- und Rollwagen oder -böcke (nur in regional begrenzten Bereichen) [Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), 2010].

Die wichtigsten Umschlagplätze zum Umladen von Gütern, zum Tausch der Drehgestelle oder zum automatischen Spurwechsel sind in **Abb. 4** abgebildet.

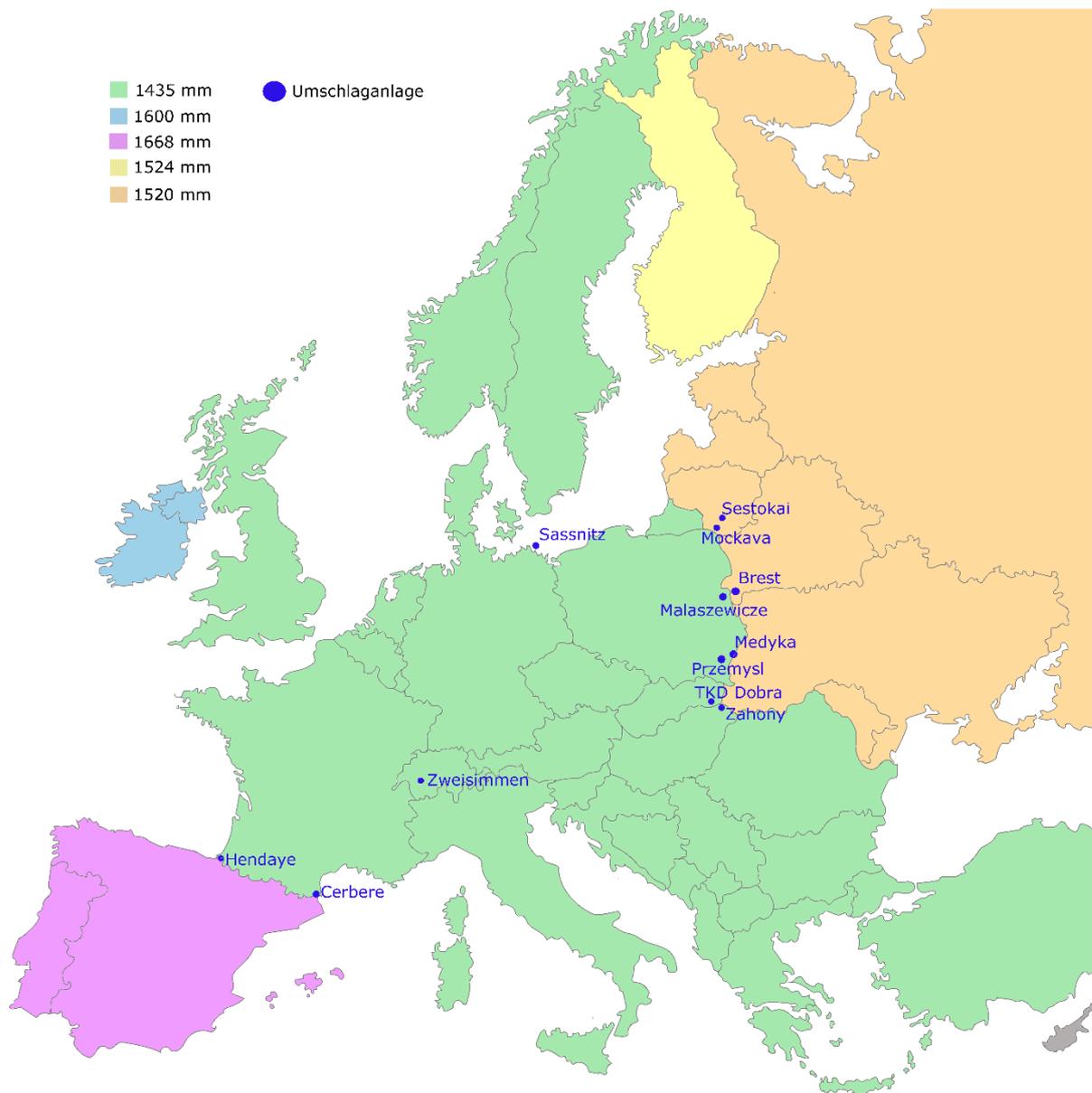


Abb. 4: Wichtigste Umschlaganlagen in Europa [eigene Darstellung]

4.1 Umsteigen/Umladen

In Mukran (Sassnitz), auf der Insel Rügen, befindet sich Europas größter Eisenbahnhafen. Die Güterwagen, welche über Fährverbindung vom russischen Tiefseehafen Ust Luga kommen, werden dort von Breitspurgleise auf Normalspurgleise umgeladen. Von Mukran gibt es auch weitere Verbindungen in den Osten nach Litauen und Lettland [Rossberg, 2012, S. 34ff].

Für den Güterumschlag in Mukran stehen fünf Umladehallen und drei Freikrananlagen zur Verfügung. Die Anordnung der Gleise ist in den Hallen und bei den Freikrananlagen ähnlich aufgebaut. Es gibt jeweils drei Gleise, innen ein Breitspurgleis und außen je ein Normalspurgleis, welche an beiden Seiten durch eine Rampe getrennt sind. Die Umschlagzeiten können stark variieren, je nachdem welches Gut umgeladen wird und wie viele Personen gleichzeitig daran arbeiten. Der Zeitbedarf liegt bei drei bis fünf Stunden pro Waggon [Hoffman & Schramm, 2002, S.19ff].



Abb. 5: Fährhafen Sassnitz [Fährhafen Sassnitz GmbH., o.D.]

Die Umschlaganlage in Šeštokai (Litauen), besteht aus einer 600 m langen und 6 m breiten Ladenrampe, an der die verschiedenen Umschlageneinrichtungen der Reihe nach angeordnet sind. Auf einer Seite befindet sich das Normalspurgleis, auf der anderen Seite das Breitspurgleis. Hier werden die Güter mittels Gabelstapler oder einem über beide Gleise überspannten Portalkran von einem Waggon in den anderen umgeladen bzw. die Container umgesetzt [Hoffman & Schramm, 2002, S. 13f].

Polen stellt durch die geographische Lage mit Grenzen zu Russland, Litauen, Weißrussland und der Ukraine eine große Bedeutung für den grenzüberschreitenden Güterverkehr dar. Die Umschlaganlage in Malaszewicze besteht aus acht Umschlagbereichen. Dazu gehören unter anderem Stückgut (Straßenfahrzeuge, Holz, ...), Schüttgut (Eisenerz, Steinkohle, Schotter, ...) und Containerumschlag. Der Zeitbedarf für das Umladen ist auch hier von Ladungsart und Anzahl der

gleichzeitig arbeitenden Personen abhängig, liegt aber bei rund eins bis sieben Stunden pro Waggon [Hoffman & Schramm, 2002, S. 22ff].

Eine weitere wichtige Umlademöglichkeit von 1520 mm auf 1435 mm Spurweite befindet sich im Terminal TKD Dobra im Dreiländereck Slowakei, Ungarn und Ukraine [DB Cargo – Marketing, 2020, S. 20]. Bei Güterzügen, die von Österreich nach Russland fahren, wird die Ware meist in Ungarn am Grenzbahnhof Záhony auf Breitspurwagen umgeladen. [Rossberg, 2012, S. 36].



Abb. 6: Containerumschlag in Malaszewicze [PKP Cargo, 2015]

4.2 Tausch der Drehgestelle

Bei einem Drehgestellwechsel werden die Drehgestelle mit den Achsen und Rädern vom Wagenkasten getrennt und durch Drehgestelle der anderen Spurweite ersetzt. Dazu ist neben dem Equipment für den Drehgestellwechsel auch ein Vorrat an passenden Drehgestellen notwendig. Im Fährkomplex Mukran in Sassnitz gibt es neben den Umschlaganlagen auch eine Drehgestellwechselanlage. Die in der Halle vorhandenen Gemischtspurgleise erlauben es, sowohl Breitspur-, als auch Normalspurdrehgestelle darauf zu bewegen. Für den Tausch des Drehgestells werden zunächst die Leitungsverbindungen des Bremssystems gelöst. Danach wird der Wagenkasten mit einem Hubbock angehoben und das Drehgestell unter dem Wagenkasten herausgerollt. Das Drehgestell mit passender Spurweite wird dann mit einem Kran auf dem Gleis neben dem Wagenkasten abgesetzt und von einem Arbeiter unter den Wagenkasten gerollt. Abschließend wird der Wagenkasten abgesetzt und die gelösten Kabel werden wieder miteinander verbunden. Bei der Durchführung eines Drehgestellwechsels arbeiten ca. drei Personen gleichzeitig und brauchen ungefähr 40 min pro Waggon [Hoffman & Schramm, 2002, S. 15ff].

In Przemysl (Polen), gibt es eine zwischen den Normalspurgleisen und Breitspurgleisen angeordnete Drehgestellwechselanlage für den Personenverkehr. Es dauert ca. zwei Stunden bis an sechs Reisezugwagen die Drehgestelle getauscht werden können [Hoffman & Schramm, 2002, S. 27f].

Eine weitere Anlage zum Wechsel der Drehgestelle befindet sich in Medyka (Ukraine), welche, wie die Anlage in Mukran, über ein Gemischtspurgleis mit 1435 mm und 1520 mm verfügt. Über eine Länge von 400 m sind 14 Stände für das gleichzeitige Wechseln von Drehgestellen angeordnet. Zum Anheben und Übersetzen der Drehgestelle dienen Torkräne [Hoffman & Schramm, 2002, S. 30].



Abb. 7: Unterflurhebeanlage der Firma WINDHOFF [WINDHOFF, 2019]

In Cerbère und Hendaye, an der französisch- spanischen Grenze, werden die Wagen von Normalspurweite auf die iberische Spurweite durch Tausch der Drehgestelle umgerüstet. Jährlich überqueren hier 1 300 Züge und 40 000 Wagen die Grenze [DB Cargo – Marketing, 2020, S. 38ff].

Die Firma WINDHOFF entwickelte im Jahr 2017 und 2018 in der Schweiz die komplexeste und technische anspruchsvollste Unterflur-Hebeanlage der Welt. Auf dieser Anlage könne neue Trieb- und Gliederzüge des Regionalverkehr mit unterschiedlichen Längen und Ausführungen angehoben und gewartet werden. Das Anheben von kürzere Zügeinheiten kann sogar gleichzeitig erfolgen. So sollen möglichst schnell die Wagen angehoben werden, die Drehstelle getauscht und der Zug wieder auf die Strecke gebracht werden [WINDHOFF, 2019].

4.3 Automatische Umspuranlagen

In Spanien wurde erstmals im Jahr 1969 die erste automatische Umspuranlage in Betrieb genommen. Diese wurde von der Firma Talgo entwickelt. Zunächst waren die Umspuranlagen aber nur für die Reisezugwagen der Firma Talgo geeignet. Die Triebfahrzeuge mussten vor der Umspurungsanlage vom Wagenzug getrennt werden. Dann wurde der Wagenzug durch eine

Rangierlokomotive durch die Umspurungsanlage geschoben und am Ende des Spurwechsels an eine Lokomotive mit der neuen Spurweite gekuppelt. Dieses System nahm noch sehr viel Zeit in Anspruch, ermöglichte jedoch erstmals den Übergang vom spanischen zum französischen Eisenbahnnetz [Enseleit, 2010, S. 99f].

Als die Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Madrid und Sevilla mit einer Spurweite von 1435 mm gebaut wurde, brauchte man auch Umspurungsanlagen innerhalb Spaniens, um auch in Städte zu gelangen, welche am herkömmlichen spanischen Eisenbahnnetz mit einer Spurweite von 1668 mm lagen. Neben Talgo entwickelte nun auch die spanische Firma CAF ein eigenes Umspurungssystem. Außerdem setzte man das erste Mal Triebfahrzeuge mit Umspurradsätzen ein. Nun war es möglich, dass auch die Lokomotive beim Umspurungsprozess mitläuft und nicht vom Wagenzug getrennt werden musste. Auch die Dauer der Umspurung verringerte sich auf weniger als fünf Minuten. Zunächst bauten die konkurrierenden Unternehmen Talgo und CAF jeweils eigene Umspurungsanlagen für ihre Züge. Jedoch stellte es sich als wirtschaftlicher heraus, eine gemeinsame Umspurungsanlage für Züge beider Firmen zu bauen. Je nachdem, welcher Zug hindurchfährt, wird die eine oder die andere Plattform in das Gleisbett gelegt. Die Umspurung selbst verläuft aber gleich, nämlich durch ein erstes Entlasten der Räder, dann durch eine Entriegelung und Verschiebung und schlussendlich durch die Verriegelung und Wiederbelastung der Räder [Enseleit, 2010, S. 99f].



Abb. 8: Umspuranlage Talgo/CAF [Enseleit, 2010, S. 99]

Im Jahr 1993 wurde, im Zuge einer Projektstudie von DB Cargo und DB Systemtechnik, ein automatischer Spurwechselradsatz sowie eine Spurwechselanlage mit Diagnoseeinrichtung entwickelt. Der Spurwechselradsatz wurde zusammen mit der Radsatzfabrik Ilsenburg GmbH (Rafil) entwickelt, weshalb dieser den Namen Rafil/DB AG Typ V trägt [Gasarov & Hoffmann, 2007, S. 318f].

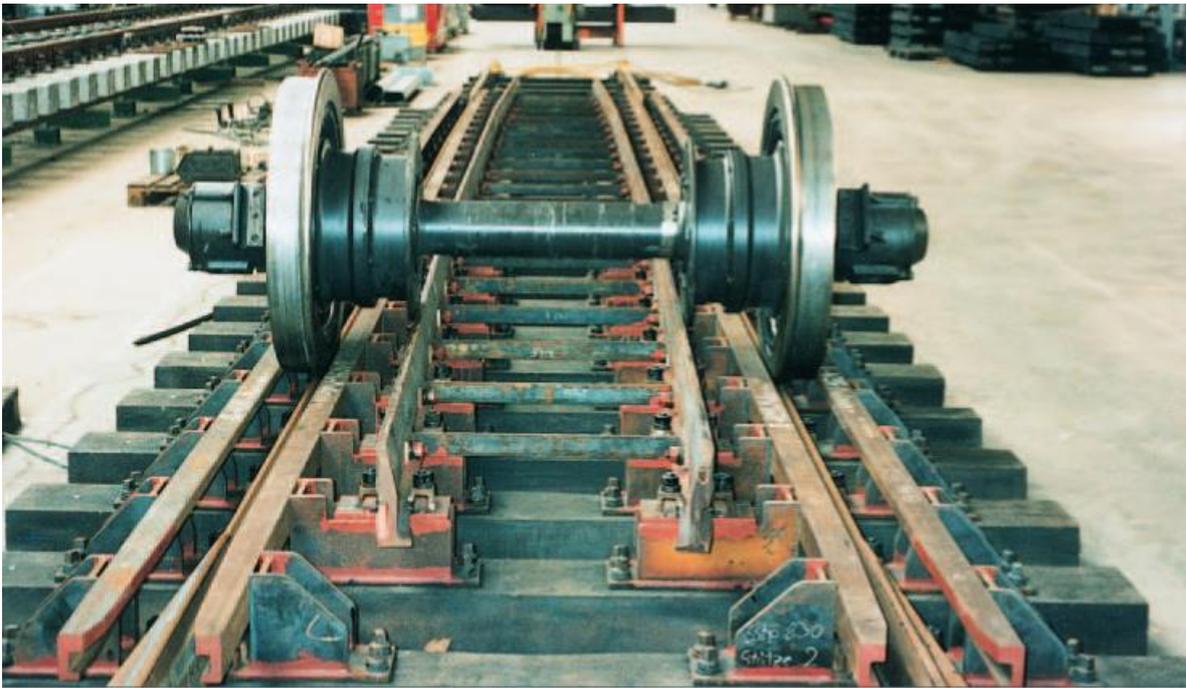


Abb. 9: Spurwechselanlage mit Spurwechselradsatz Rafil/DB AG Typ V [Gasanov & Hoffmann, 2007]

Die zwei axial verschiebbaren Räder sind durch ein Verriegelungssystem mit der Radsatzwelle verbunden. Durch ein Befahren der Spurwechselanlage wird zunächst, durch das Überfahren der Entriegelungsschienen, die Verriegelung der Räder gelöst. Dann werden die Räder axial durch die Spuränderung der Rillenschiene von Normalspur auf Breitspur oder umgekehrt verschoben und schlussendlich durch Zusammendrücken der Entriegelungsschienen wieder verriegelt. Mit diesem Spurwechselradsatz ist ein Wechsel der Spurweite von 1435 mm auf 1520 mm oder von 1435 mm auf 1668 mm, bzw. umgekehrt, möglich. Um den Verriegelungszustand zu kontrollieren, ist entweder eine Diagnoseeinrichtung am Anfang und Ende der Spurwechselanlage, oder ein geschultes Personal mit Hilfe einer Prüflöhre, nötig [Gasanov & Hoffmann, 2007, S.319ff].

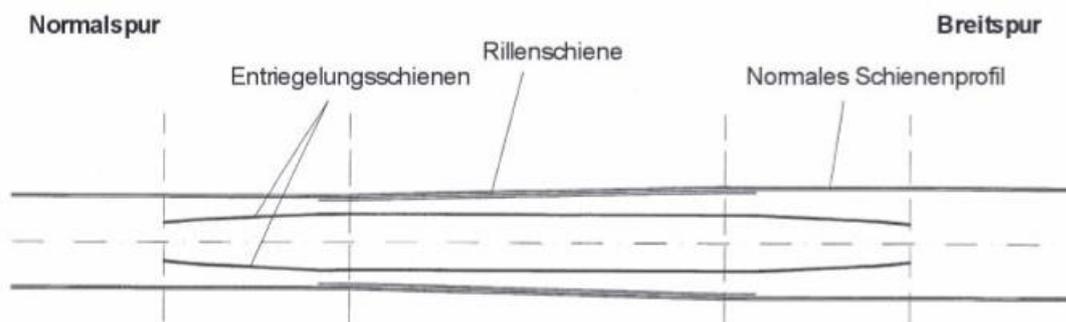


Abb. 10: Schema Spurwechselprozess [Gasanov & Hoffmann, 2007]

Es wurde auch an einer vereinheitlichten Spurwechselanlage gearbeitet, welche nicht nur vom Spurwechselradsatz Rafil/DB AG Typ V befahren werden kann. Als gelungenes Beispiel kann die Spurwechselanlage auf dem litauischen Grenzbahnhof Mockava, welche seit dem Jahr 2000 in Betrieb war (der Betrieb der Spurwechselanlage wurde mittlerweile eingestellt) und von den Systemen Rafil/DB AG Typ V und PKP/SUW 2000 befahren werden konnte, genannt werden [Gasanov & Hoffmann, 2007, S. 326].

Die Systeme Rafil/DB AG Typ V und PKP/SUW 2000 sind sehr ähnlich. Bei beiden erfolgt die Verschiebung der Räder unter Last. Im Gegensatz dazu findet die Verschiebung der Räder des spanischen Systems Talgo nicht unter Last statt, weshalb dieses nicht auf derselben Umspuranlage, wie die beiden anderen Systeme, umgespurt werden kann.

Die Umspuranlage in Mockava (Litauen) war 14 km von der polnischen Grenze entfernt und hatte eine Gesamtlänge von 27 m. Sie bestand aus zwei als Rillengleisen ausgeführten Fahrgleisen, an einem Ende im Abstand von 1435 mm, am anderen Ende im Abstand von 1520 mm, aus zwei Entriegelungsschienen und zwei Führungsschienen rechts und links parallel zu jedem Fahrgleis. Beim Spurwechselvorgang wurde zunächst die Lok vom Waggonverband abgekoppelt und fuhr über Weichen hinter den Waggonverband, um diesen in die Umspuranlage einzufahren. Ein Waggonverband mit ca. 25 Waggons brauchte mindestens zwei Stunden und 30 Minuten bei manueller Kontrolle zur Durchführung der Umspurung. Bei einer automatischen Kontrolle verkürzte sich der Vorgang um rund 100 Minuten [Hoffman & Schramm, 2002, S. 2ff].

Der verschiebbare Radsatz SUW 2000 wurde von Dr.-Ing. Ryszard Suwalski entworfen. Die polnische Erfindung erlaubt ein selbstständiges Verstellen der Spurweite der Achsen. Dadurch ist das System für den Betrieb auf den Gleisen von verschiedenen Spurweiten geeignet. Dies verkürzt die Zeit des Übergangs von einer Spurweite auf die andere erheblich. Gerade die geographische Lage Polens spielt eine zentrale Rolle im Transportwesen zwischen der EU und dem Osten [Kampczyk, 2013, S. 54].

Die Umspuranlagen in Zweisimmen in der Schweiz ermöglicht die Umstellung der Spurweite von Meter- auf Normalspur. Dadurch wurden umsteigefreie Fahrten zwischen Montreux und Interlaken ermöglicht. Die Umspurung erfolgt hierbei in drei Schritten. Zunächst wird beim Befahren der Umspuranlage die Quertraverse des Spurwechseldrehgestells EV09 der Firma PROSE angehoben und dabei die beiden Halbrahmen entriegelt. Die Halbrahmen sind infolgedessen in Querrichtung verschiebbar. Diese, nun in Querrichtung verschiebbaren Halbrahmen, werden im zweiten Schritt durch entsprechende Führungsmechaniken auf die vorgesehene Spurweite verschoben. Zuletzt werden die beiden Halbrahmen durch das Absenken der Quertraverse wieder verriegelt [Heinrich, 2020, S. 27ff].

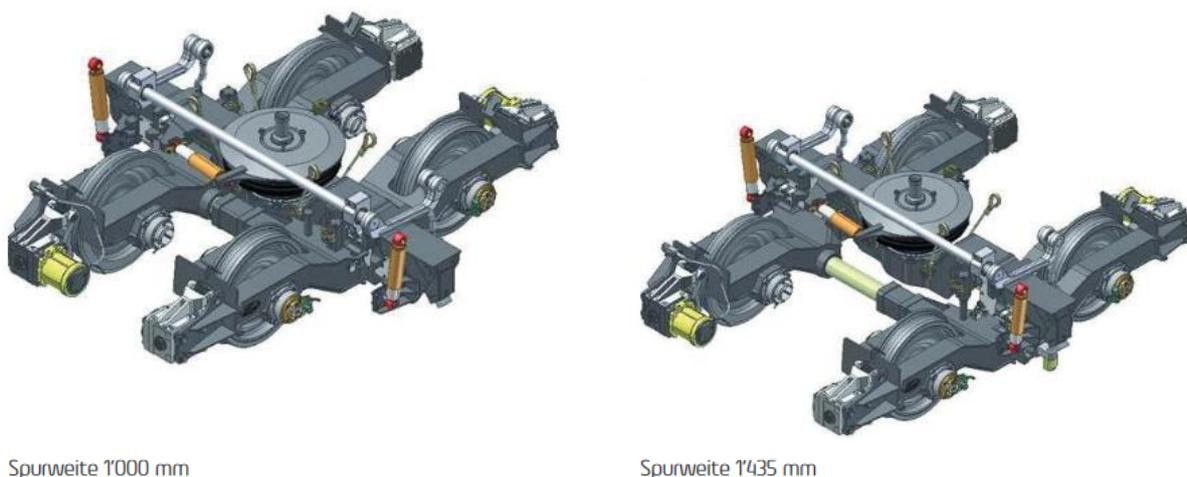


Abb. 11: Spurwechseldrehgestell EV09 der Firma PROSE [PROSE AG, o.D.]

4.4 Spurweitemstellung

Im Jahr 2010 wurde in Spanien die Hochgeschwindigkeitsstrecke Madrid-Valencia mit einer Normalspurweite von 1435 mm in Betrieb genommen. Da aber das restliche Schienennetz Spaniens eine Spurweite von 1668 mm aufweist, hat sich der spanische Netzbetreiber ADIF (Administrator de Infraestructuras Ferroviarias) eine Strategie ausgedacht, um beide Spurweiten zu berücksichtigen. Eine davon ist der Bau eines Drei-Schienen-Systems (siehe 4.5) und die andere eine polyvalente Schienenbefestigung. Diese soll dort zum Einsatz kommen, wo Neubaustrecken zunächst in „iberischer“ Spurweite und später auf Normalspurweite umgerüstet werden sollen. Ein Beispiel, wo das „System 300 polyvalent“ der Firma Vossloh zum Einsatz kam, befindet sich im Nordwesten Spaniens. Die Strecke Santiago de Compostela nach Vigo wurde mit einer Spurweite von 1668 mm gebaut, soll aber später auf Normalspurweite umgespurt werden. Der größte Teil der Fahrbahn besteht aus einem Schotteroberbau. Bei längeren Tunnelabschnitten wurde eine feste Fahrbahn eingebaut, wofür auch das „System 300 polyvalent“ entwickelt wurde. Durch ein Zusammenrücken der beiden Schienen um je $(1668 - 1435) / 2 = 116,5$ mm, kann das Gleis von 1668 mm auf 1435 mm umgespurt werden. Die Spurausgleichsplatte in **Abb. 12** sitzt entweder innen für die iberische Spurweite oder außen für die Normalspurweite [Strumillo, 2012, S. 32ff].

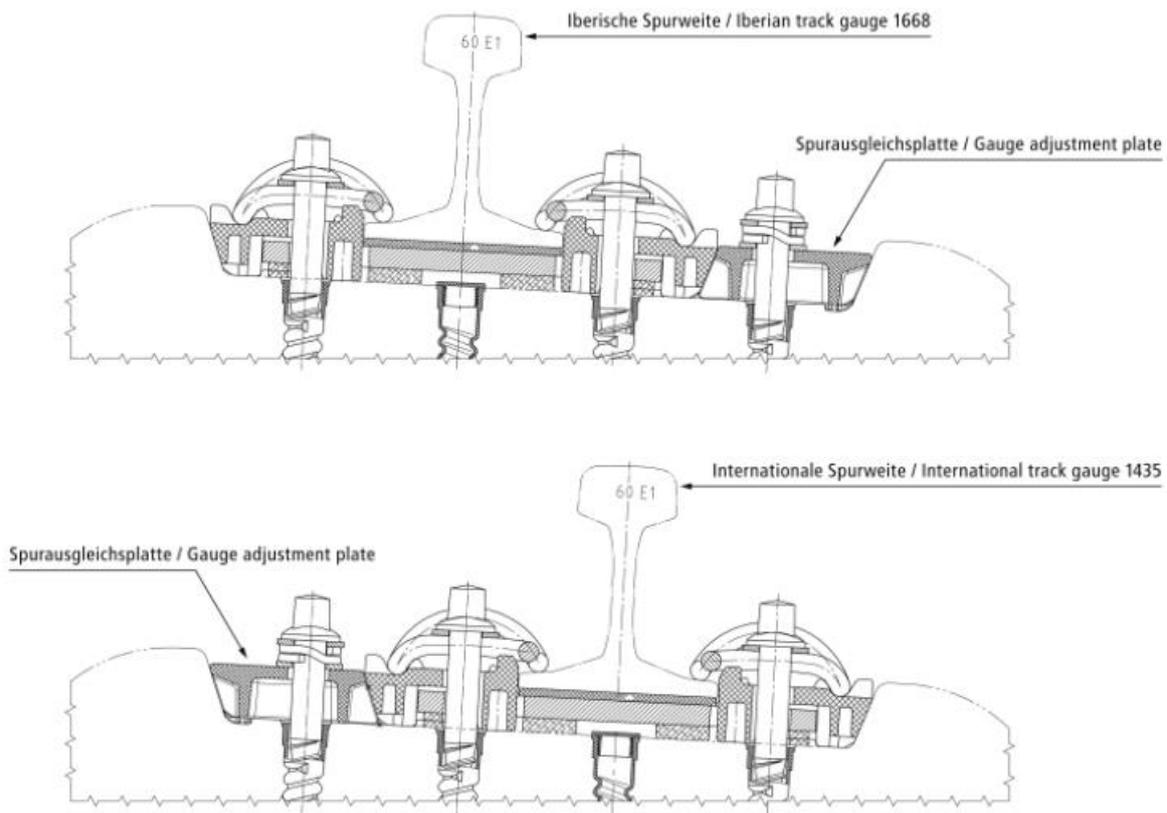


Abb. 12: System 300 polyvalent der Firma Vossloh [Strumillo, 2012]

Der Umbau der 11 km langen Strecke zwischen Bulle und der Broc-Fabrique (Schokoladenfabrik Nestlé) in der Schweiz hat 2019 begonnen. Hier wird von der aktuellen Schmalspurweite von 1000 mm auf eine Normalspurweite von 1435 mm umgespurt. Auch die Bogenradien müssen von 90 m auf einen für Normalspurweite erforderlichen Kurvenradius von 150 m angepasst werden. Dadurch können in Zukunft die Personen- und Güterzüge direkt zur Schokoladenfabrik fahren. Bisher wurden die Güterzüge am Bahnhof in Bulle auf Rollblöcke verladen und so zur Schokoladenfabrik transportiert [Spirgi, 2017, S. 78ff].

4.5 Drei- und Vierschienengleise

Das Drei-Schienen-System von Vossloh erlaubt, im Gegensatz zum „System 300 polyvalent“, einen gleichzeitigen Betrieb von „iberischer“ Spurweite und Normalspurweite. Es wird dort eingesetzt, wo man aus Platz- und Kostengründen nur eine Strecke für Güter-, Regional-, und Hochgeschwindigkeitszüge bauen kann [Strumillo, 2012, S. 34].

Die 3,6 km lange Strecke zwischen Cornellá de Llobregat und Mercabarna wurde sogar in drei Spurweiten ausgeführt. Die gleichzeitige Ausführung in Meterspur, Normalspur und iberischer Breitspur sichert den Zugang von Transporten zum südlichen Hafen Barcelona [Unbekannt, 2017, S. 7].

Auch zwischen den litauischen Grenzbahnhöfen Šeštokai und Mockava wurde im Zuge der Modernisierung des Rail Baltica Korridors ein Streckenabschnitt mit russischer Spurweite und Normalspurweite ausgeführt. Das Vierschienengleis erlaubt einen gleichzeitigen Betrieb der Spurweite von 1520 mm und 1435mm [Murach & Roß, 2012, S. 420]



Abb. 13: Vierschienengleis mit russischer Breitspur und Normalspur [Murach & Roß, 2012, S. 420]

4.6 Rollwagen oder -böcke

Rollwagen oder Rollböcke sind nur mehr selten in Einsatz und meist in regional begrenzten Bereichen zu finden.

Eines, seit 2015 zum Einsatz kommendes Rollbocksystem, ist die sogenannten „Loco Buggy“, welche auf unterschiedliche Spurweiten von Schmal- bis Breitspur einsetzbar ist. Das System wurde einerseits für an die finnische Staatsbahn zu liefernden Breitspurlokomotiven verwendet, andererseits zur Auslieferung einer 1000 mm Schmalspurlokomotive für die Bayrische Zugspitzbahn. Die „Loco Buggy“ kann darüber hinaus bei normalspurigen Unfalllokomotiven eingesetzt werden, welche nicht mehr auf den eigenen Rädern transportiert werden können [Unbekannt, 2016, S. 6].



Abb. 14: Loco Buggy beim Transport eines verunfallten Triebwagens [RailAdventure GmbH, o.D.]

5 Fazit

Es gibt diverse Möglichkeiten, um einen durchgehenden grenzüberschreitenden Schienenverkehr zu bewerkstelligen. Die Europäische Union ist bestrebt, die meist historisch bedingten Inkompatibilitäten durch Richtlinien und Vorschriften zu beseitigen, um so die Wettbewerbsfähigkeit auf der Schiene zu verbessern.

Welches System zum Spurwechsel zum Einsatz kommt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Ein Umladen von Gütern an einem Umschlagbahnhof dauert meist mehrere Tage und ist mit viel Logistik verbunden. Auch mit einem Verlust oder einer Beschädigung der Ware während des Umladens muss gerechnet werden. Ein Drehgestellwechsel nimmt hier schon weniger Zeit in Anspruch. Der schnellste Spurwechsel erfolgt mit einer automatischen Umspuranlage. Zwar sind die Investitionskosten sehr hoch, jedoch werden Kosten durch die verkürzten Transportzeiten durch den Wegfall des Umschlags oder des Drehgestellwechsels eingespart [Hoffman & Schramm, 2002, S. 3].

Eine Spurumstellung, wie sie zum Beispiel in den letzten Jahren in Teilen Spaniens vorstatten- ging, ist zwar sehr zeit- und kostenintensiv, jedoch ist infolgedessen keine Umspurung der Drehgestelle oder ein Umladen der Güter an den Grenzbahnhöfen mehr notwendig.

Ein Bau von Drei- oder Vierschienengleisen sollte aus Kosten- und Zeitgründen hingegen nur an kurzen Strecken oder Bahnhöfen erfolgen, wo Eisenbahnen verschiedener Spurweiten zusammentreffen.

Rollwagen- oder Böcke kommen zwar nur in regional begrenzten Bereichen zur Anwendung, sind aber insofern notwendig, als dass damit Schienenfahrzeuge mit anderer Spurweite transportiert werden können oder Unfalllokomotiven, welche selbst nicht mehr auf der Schiene fahren können.

Die Arbeit zeigt, dass es innerhalb Europas viele unterschiedliche Möglichkeiten für Schienenfahrzeuge zum Übergang einer Spurweite auf eine andere gibt.

Es wäre interessant, die einzelnen erwähnten Beispiele noch genauer zu untersuchen. Die Untersuchung würde über eine literarische Textanalyse hinausgehen und detailliertere Ergebnisse liefern. Weiters kann die Arbeit um einen größeren Umfang erweitert werden, indem man beispielsweise auch Verbindungen über Russland weiter nach China miteinbezieht, welche vor allem für den Güterverkehr relevant sind.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Radsatz und Sinuslauf.....	7
Abb. 2: Radsatz- und Schienenabmessungen	8
Abb. 3: Hauptspurweiten in Europa.....	9
Abb. 4: Wichtigste Umschlaganlagen in Europa.....	11
Abb. 5: Fährhafen Sassnitz	12
Abb. 6: Containerumschlag in Malaszewicze.....	13
Abb. 7: Unterflurhebenanlage der Firma WINDHOFF	14
Abb. 8: Umspuranlage Talgo/CAF.....	15
Abb. 9: Spurwechselanlage mit Spurwechselradsatz Rafil/DB AG Typ V.....	16
Abb. 10: Schema Spurwechselprozess	16
Abb. 11: Spurwechseldrehgestell EV09 der Firma PROSE	17
Abb. 12: System 300 polyvalent der Firma Vossloh.....	18
Abb. 13: Vierschienengleis mit russischer Breitspur und Normalspur.....	19
Abb. 14: Loco Buggy beim Transport eines verunfallten Triebwagens	20

Literaturverzeichnis

- Arms, J.-C. (2013). *Interoperabilität der Infrastruktur im Bahnsystem der Europäischen Union*. Eisenbahntechnische Rundschau, Nr. 07-08/2013, 24-29. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=17972&fid=5810> abgerufen am 17.04.2022.
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). (7. Juli 2010). *Unterschiedliche Spurweiten im europäischen Eisenbahnsystem*. Von Forschungs-Informationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS): <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/325077/> abgerufen am 17.04.2022.
- CEN-CENELEC. (2022). *European Standardization*. Von CEN-CENELEC: <https://www.cencenelec.eu/european-standardization/cen-and-cenelec/> abgerufen am 16.04.2022.
- Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER). (2018). *who we are*. Von CER: <https://www.cer.be/who-we-are> abgerufen am 16.04.2022.
- DB Cargo - Marketing. (2020). *Für Europa*. railways, 02/2020. Von DB cargo: <https://www.dbcargo.com/resource/blob/5417462/bbc70b45fbf33e800b295cf2d4dd9958/Railways-02-2020-DE-data.pdf> abgerufen am 20.05.2022.
- Enseleit, C. G. (2010). *Automatische Umspuranlagen in Spanien*. Eisenbahntechnische Rundschau, Nr. 03, 98-101. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=17488&fid=5326> abgerufen am 20.04.2022.
- Europäische Union. (2011). Richtlinie 2011/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 1. März 2011 zur Änderung der Anhänge II, V und VI der Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft, Amtsblatt Nr. L 57 vom 02.03.2011, S. 21-28.
- Fährhafen Sassnitz GmbH. (o.D.). Von Mukran Port: <https://www.mukran-port.de/de/sea-port.html> abgerufen am 9.05.2022.

- Gasanov, I., & Hoffmann, H.-K. (2007). *Automatische Spurwechseltechnik für Güterwagen*. Eisenbahntechnische Rundschau, 06/2007, 318-326. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=17117&fid=4955> abgerufen am 3.05.2022.
- Hafner, B. (18. April 2018). *Eisenbahn einfach erklärt. Interoperabilität*. Von Rail Cargo Group Blog: <https://blog.railcargo.com/de/artikel/eisenbahn-einfach-erklart-interoperabilitaet> abgerufen am 14.04.2022.
- Heinrich, U. (2020). *Entwicklung und Bau der Umspurdrehgestelle für die MOB*. Der Eisenbahningenieur, 09/2020, 27-31. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=1867384&fid=123994> abgerufen am 4.05.2022.
- Hoffman, K., & Schramm, J. (2002). *Wirtschaftlichkeitsuntersuchung über den Einsatz von Systemen zum automatischen Spurwechsel von Eisenbahngütern im „Ost-West-Verkehr“ am Beispiel des PAN Korridors*. Dresden.
- Janicki, J. (2011). *DB Fachbuch: Systemwissen Eisenbahn*. (1. Aufl.). Berlin: Bahn Fachverlag GmbH.
- Janicki, J., & Reinhard, H. (2008). *DB Fachbuch: Schienenfahrzeugtechnik*. (2. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Bahn Fachverlag Heidelberg.
- Murach, J. & Roß, J. (2012). *Rail Baltica Growth Corridor- zwischen Vision und wirtschaftlicher Realität*. Informationen zur Raumentwicklung, 7/8.2012, 415-426. Von Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2012/7_8/Inhalt/DL_MurachRoss.pdf?_blob=publicationFile&v=1 abgerufen am 2.06.2022.
- Kampczyk, A. (2013). *Globalisierung im Aspekt des europäischen Bahntransportes*. Der Eisenbahningenieur, 01/2013, 53-56. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=21628&fid=9466> abgerufen am 2.05.2022.
- Menius, R., & Matthews, V. (2020). *Bahnbau und Bahninfrastruktur. Ein Leitfaden zu bahnbezogenen Infrastrukturthemen*. (10.Aufl.). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- OSJD Committee. (2022). *About OSJD*. Von OSJD: <https://en.osjd.org/en/9174> abgerufen am 17.05.2022.
- Pernice, D. (März 2022). *Schienenverkehr*. Von Europäisches Parlament: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/130/schienenverkehr> abgerufen am 14.04.2022.
- PKP Cargo. (2015). Von PKP Cargo: <https://www.pkpcargo.com/pl/co-robimy/terminale> abgerufen am 9.05.2022.
- PROSE AG. (o.D.). *Spurwechseldrehgestell - EV09*. Von PROSE: https://www.prose.one/Desktop-Modules/PRO_CaseHistory/files_ch/24-3_001.pdf abgerufen am 10.05.2022.
- RailAdventure GmbH. (o.D.). *Das System Loco Buggy*. Von railadventure: <https://www.railadventure.de/equipment/#LocoBuggy> abgerufen am 10.05.2022.
- Rossberg, R. R. (2012). *Eisenbahn-Güterverkehr zwischen Europa und Asien*. Güterbahnen, 04/2010, 33-37. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=18460&fid=6298> abgerufen am 1.05.2022.

- Schmidtendorf, H. (2018a). *Bahnland mit Ambitionen- Mütterchen Russland*. *bahn manager*, 05/2018, 110-113. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=2609434&fid=142021> abgerufen am 20.04.2022.
- Schmidtendorf, H. (2018b). *Schnee, Freiheitsdrang und Russische Spurweite- Der Bahnmarkt Finnland*. *bahn manager*, 06/2018, 74-76. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=2609237&fid=141958> abgerufen am 21.04.2022.
- Schmidtendorf, H. (2019). *Irische Eisenbahn verordnet sich Runderneuerung*. *bahn manager*, 06/2019, 76-77. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=2589607&fid=141156> abgerufen am 21.04.2022.
- Spirgi, H.-J. (2017). *Erster Umbau von Schmalspur auf Normalspur der Schweiz- eine einzigartige Herausforderung*. *Eisenbahntechnische Rundschau*, 04/2017, 78-80. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=23073&fid=10911> abgerufen am 5.05.2022.
- Stoll, F., Schüttert, A., & Nießen, N. (2017). *Interoperabler Schienenverkehr in Europa*. *Internationales Verkehrswesen*, 69(3), 36-39. https://www.via.rwth-aachen.de/downloads/36-39_m_stoll_IV201703.pdf abgerufen am 14.04.2022.
- Strumillo, P. (2012). *Schienenbefestigung für zwei Spurweiten*. *Eisenbahntechnische Rundschau*, 06/2012, 32-35. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=17804&fid=5642> abgerufen am 4.05.2022.
- Unbekannt. (2016). *Rollbock für verschiedene Spurweiten*. *RailBusiness*, 45/2016, 6. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=78459&fid=16278> abgerufen am 6.05.2022.
- Unbekannt. (2017). *Südliche Hafenanbindung wird dreispurig*. *RailBusiness*, 10/2017, 7. In Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=77978&fid=15316> abgerufen am 5.05.2022.
- Union Internationale des Chemins de fer (UIC). (2022). *About UIC*. Von UIC: <https://uic.org/about/about-uic/> abgerufen am 16.04.2022.
- Wiescholek et al. (2015). *Die neuen Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität*. *Eisenbahntechnische Rundschau*, 06/2015, 45-51. Von Eurailpress Archiv: <https://eurailpress-archiv.de/GetFile.aspx?cid=18152&fid=5990> abgerufen am 17.05.2022.
- WINDHOFF Bahn- und Anlagentechnik GmbH (2019). *Das WINDHOFF Pitstop Konzept*. Von WINDHOFF: <https://www.windhoff.de/index.php/das-windhoff-pitstop-konzept/> abgerufen am 2.06.2022.