

Interoperabilität in Europa – Länge der Stromabnehmerwippen

Franz Kurzweil, Gerhard Hofbauer, Wien

Die Vorgaben für das Zusammenwirken zwischen Oberleitung und Stromabnehmer sind in der TSI Energie enthalten. Danach sind sowohl die 1600mm lange Eurowippe als auch die 1950mm lange Standardwippe vieler Bahnen zulässig. Dies stellt die Frage, ob eine Interoperabilität mit unterschiedlich langen Stromabnehmern möglich ist. Im Zuge der Errichtung von neuen Strecken und des Umbaus bestehender Strecken hat die ÖBB eine Strategie entwickelt, die den Betrieb mit beiden Stromabnehmerarten ermöglicht. Die dabei erforderlichen größeren Investitionen sind im Vergleich zu den gesamten Aufwendungen gering, wie anhand konkreter Projekte gezeigt wird. Im Hinblick auf ein interoperables, grenzüberschreitendes Bahnnetz ist jedoch die Festlegung nur einer Wippenlänge anzustreben.

INTEROPERABILITY IN EUROPE – LENGTH OF PANTOGRAPH HEADS

The TSI Energy stipulates the requirements for the interaction of contact line and pantographs. According to this document the 1600mm long Euro pan head as well as the 1950mm long standard pan head used so far by many railway operators are accepted. Therefore, the question arises whether interoperability will be achievable with differing lengths of pantographs. In view of constructing new lines and modifying existing lines Austrian Railways ÖBB developed a strategy which permits the use of both types of pan heads. Compared with the total efforts the required additional investment is low, as is demonstrated by typical projects. However, just one length of pan heads should be stipulated for an interoperable, cross-border rail network.

INTEROPÉRABILITÉ EN EUROPE – LONGUEUR DES ARCHETS DE PANTOGRAPHE

Les spécifications relatives à l'interaction entre la caténaire et le pantographe sont contenues dans la norme STI énergie. Elles admettent aussi bien l'archet européen de 1600mm que l'archet standard de 1950mm utilisé par de nombreux exploitants ferroviaires. La question se pose alors de savoir si une interopérabilité est possible avec des pantographes de longueur différente. Dans le contexte de la construction de lignes nouvelles et de l'aménagement des lignes existantes, les chemins de fer autrichiens ÖBB ont élaboré une stratégie qui permet une exploitation avec les deux types de pantographes. Les investissements nécessaires qui sont relativement importants sont néanmoins modiques au regard de la somme des efforts déployés, comme démontré à l'exemple de projets concrets. Dans la perspective d'un réseau ferré transfrontalier interopérable, il serait souhaitable de fixer une longueur unique pour les archets de pantographe.

1 Einführung

1.2 Prolog

Busreise von Wien nach Barcelona, einsteigen und der Buschauffeur schließt die Türen. Der Bus setzt sich in Bewegung, die Reiseroute führt von Österreich über Deutschland und Frankreich nach Spanien. Eine Art zu reisen, die für viele heute selbstverständlich ist, keinerlei Gedanken daran, dass die Straße an der Staatsgrenze nach Deutschland zu Ende sein könnte, dass die Treibstoffversorgung in den Nachbarländern eine andere sein könnte, dass Verkehrszeichen für den Buschauffeur nicht anwendbar oder nicht verständlich sind.

Die Infrastruktur *Straße* ermöglicht einen ungehinderten grenzüberschreitenden Straßenverkehr

und eine beliebige Benützung zu jedem Fahrziel innerhalb Europas und darüber hinaus.

1.2 Europas Bahnnetze

Wesentlich anders sind die Infrastrukturen der Bahnen in Europa. Sie erfordern im Vergleich zur Straße deutlich mehr technische Regelungen, sind national und historisch gewachsen und wurden zunächst für dampfbetriebene Züge entwickelt. Dampfbetriebene Züge konnten, da nur die Spurweite wichtig, grenzüberschreitend weite Strecken zurücklegen, so zum Beispiel der legendäre Orientexpress.

Aus wirtschaftlichen und technischen Gründen wurden die Bahnanlagen mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts nach und nach elektrifiziert, wobei

der entsprechende Stand der Technik verwendet wurde, woraus die heute noch vorhandenen unterschiedlichen Stromarten, Zugsicherungsanlagen, Signalisierungen und elektrischen Triebfahrzeuge ihren Ursprung hatten.

Im Vertrag von Maastricht wurde 1992 im Kapitel über die transeuropäischen Netze (TEN) für Verkehr, Energie und Telekommunikation das Ziel der Interoperabilität festgelegt. Dies bedeutet ein vollständig interoperables Eisenbahnnetz für Europa hinsichtlich Infrastruktur und Fahrzeuge.

Seither entstand eine Vielzahl von Richtlinien, technischen Spezifikationen und Normen mit dem Ziel, die Interoperabilität zu erreichen. Die Umsetzung dieser Ziele wird unterschiedlich beurteilt und hat bis heute den Eisenbahnen noch nicht dazu verholfen, dass die Bahnen als umweltfreundliche Verkehrsträger die Schlüsselrolle spielen, die diesen zugeordnet ist.

1.3 Interoperabilität

Der Begriff Interoperabilität ist nur allgemein und nicht detailliert festgelegt. In Bezug auf die Bahnen wird darunter im Kreise der Fachleute und innerhalb der einzelnen Mitgliedsstaaten nicht immer das gleiche verstanden. Dies betrifft vor allem auch das Vorgehen bei der Umsetzung der Richtlinien und der einzelnen technischen Spezifikationen.

- Unter Interoperabilität versteht man im Schienenverkehr, dass Schienenfahrzeuge möglichst durchgängig und zuverlässig in verschiedenen Schienennetzen verkehren können, insbesondere in den Eisenbahnnetzen verschiedener Staaten.
- Vor allem in Europa gibt es viele historisch gewachsene, nationale Bahnen. Deren unterschiedliche technische Standards behindern einen grenzüberschreitenden Bahnverkehr. Aufwändige nationale Zulassungsverfahren erschweren die Verwendung von Mehrsystemfahrzeugen, die in mehreren Bahnnetzen verkehren können. Um dem entgegenzuwirken, fördern die Europäische Union und andere Organisationen die Einführung international normierter Systeme, zum Beispiel ERTMS für die Zugsicherung und Steuerung, die den Bahnbetrieb in Europa vereinheitlichen sollten.
- Durch die weitere technische Harmonisierung sollen die Verkehrsdienste in der EU und mit Drittländern entwickelt werden. Die Interoperabilität im Schienenverkehr soll die Integration des Marktes für Ausrüstungen und Dienstleistungen, für den Bau, die Erneuerung und die Funktionsfähigkeit der Eisenbahnsysteme in technischer Hinsicht gewährleisten und den deregulierten Wettbewerb der Eisenbahnverkehrsunternehmen fördern.

- Die Interoperabilität hat wesentliche Grundsäulen, worauf alle Bemühungen in der Umsetzung liegen sollten: Das sind die technische Infrastruktur und die betrieblichen Voraussetzungen. Die technische Infrastruktur der elektrifizierten Bahnen ist schon durch die unterschiedlichen Spannungen AC 15 kV und AC 25 kV sowie DC 1,5 kV und DC 3 kV charakterisiert.
- Im Hinblick auf die unterschiedlichen Stromarten müssen Triebfahrzeuge mit unterschiedlichen Stromabnehmern ausgerüstet sein. Hinzu kommt die unterschiedliche geometrische Auslegung der Fahrleitungsnetze, die unterschiedliche Längen der Stromabnehmerwippen bedingen. So benötigt das Triebfahrzeug Typ ES64F4 vier Stromabnehmer: Einen für Deutschland und Österreich, einen für Italien, einen für die Schweiz und einen für die Niederlande.

Im Hinblick auf die Interoperabilität ist es wünschenswert, die Bahnsysteme nur mit einem Stromabnehmer befahren zu können, um diese Hürde für einen grenzüberschreitenden Verkehr zu beseitigen. Am Beispiel Österreichs wird aufgezeigt und begründet, welche Aufwendungen notwendig wären, um durchgehend auf interoperablen Strecken mit einer 1600 mm langen Wippe Betrieb machen zu können. Dies betrifft nicht nur die eigentlichen Strecken des transeuropäischen Netzes, sondern auch alle Strecken, die bei Störungen befahren werden.

2 Zusammenwirken Oberleitung und Stromabnehmer – Vorgaben

2.1 Europäische Richtlinien

Die Richtlinie 96/46/EG:1996 [1] legte die Grundlagen und Anforderungen für Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems fest. Darin sind auch die Teilsysteme aufgeführt, wovon eines die Energieversorgung betrifft. Im Jahr 2001 wurde die Richtlinie 2001/16/EG:2001 für das konventionelle transeuropäische Bahnsystem veröffentlicht [2]. Die weiteren Richtlinien 2004/50/EG:2004 [3] und 2008/57/EG:2008 [4] entwickelten die Grundlagen für die Interoperabilität weiter. Für das Zusammenwirken zwischen Oberleitung und Stromabnehmer ist danach die Spezifikation für das Teilsystem Energie mit den Ausgaben 2002/733/EG [5], 2008/284/EG [6] und 2011/274/EG [7] einschlägig.

In der TSI Energie 2002/733/EG [5] wurde die 1600 mm lange Wippe (Bild 1) als Basis für alle neuen Hochgeschwindigkeitsstrecken festgelegt. Die 1950 mm lange Wippe (Bild 2), die unter anderem in Österreich und Deutschland verwendet wurde, war

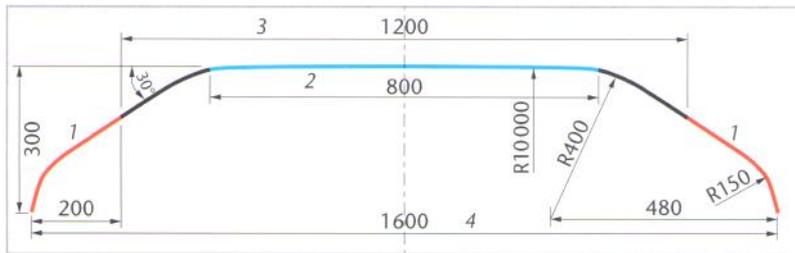


Bild 1:

Profil der Stromabnehmerwippe mit 1 600 mm Länge nach EN 50367 [10].

- 1 Horn aus isolierendem Werkstoff mit 200 mm projizierter Länge
- 2 minimale Länge der Schleifleiste 800 mm
- 3 Arbeitsbereich des Stromabnehmers 1 200 mm
- 4 Länge der Stromabnehmerwippe 1 600 mm.

Anmerkung: Die interoperable 1 600-mm-Stromabnehmerwippe ermöglicht einen Betrieb auf einer für eine 1 450-mm-Stromabnehmerwippe ausgelegten Strecke. Hierfür sind die isolierenden Hörner notwendig. Die erläuterten Werte für die Stromabnehmerwippenüberschreitung und für die Profilabweichungen sind in EN 50367, Abschnitt 5.3, [10] definiert. Der Kontakt zwischen Fahrdrabt und Stromabnehmerwippe kann während einer begrenzten Dauer unter ungünstigen Bedingungen beim zufälligen Zusammentreffen von Fahrzeugwanken und starken Winden außerhalb der Schleifleiste, jedoch innerhalb des Arbeitsbereiches des Stromabnehmers liegen.

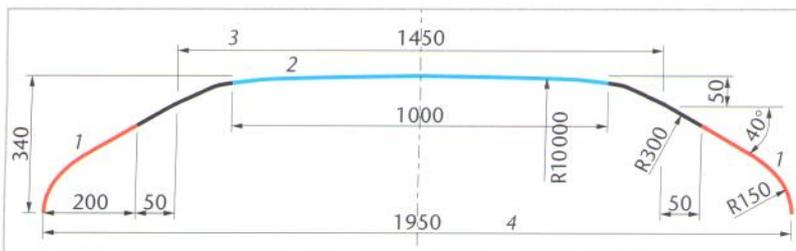


Bild 2:

Profil der Stromabnehmerwippe mit 1 950 mm Länge nach EN 50367 [10].

- 1 Horn aus isolierendem Werkstoff mit 200 mm projizierter Länge
- 2 minimale Länge der Schleifleiste 1 000 mm
- 3 Arbeitsbereich der Stromabnehmerwippe 1 500 bis 1 550 mm
- 4 Länge der Stromabnehmerwippe 1 950 mm

bei bestehenden Strecken und dort zugelassen, wo die 1600 mm lange Wippe zu hohen Mehrkosten geführt hätte. In diesen Spezifikationen sind auch die Grunddaten für das statische und dynamische Zusammenwirken von Oberleitung und Stromabnehmer festgelegt.

Das Dokument [8] enthält die verabschiedete, neue Fassung der TSI Energie, die demnächst veröffentlicht und in Kraft treten wird. In den genannten technischen Spezifikationen für das Teilsystem Energie [5; 6; 7] wurden in der Festlegung der zu verwendenden Stromabnehmerwippe Kompromisse eingegangen, wobei in [6] und [7] sowohl die 1 600 mm lange als auch die 1 950 mm lange Wippe zugelassen wurde. Die nationalen Ausnahmen führten in der Interpretation und Anwendung für den Neu- und Umbau von Oberleitungen zu bleibenden Ausnahmeregelungen, welche das Ziel einer einheitlichen europäischen Stromabnehmerwippe in weite Ferne rückten. Die wesentlichen Strukturelemente Tunnel und vor allem Oberleitungsanlagen hatten damit unterschiedliche Grundlagen für die Planung und Errichtung und den freien ungehinderten Durchgang. Die neu errichten-

den Infrastrukturen erfüllen über ihre gesamte Lebensdauer die Anforderungen im Hinblick auf das Ziel eines interoperablen Verkehrs mit dem Zusammenwirken Stromabnehmer und Oberleitung nicht.

2.2 Stromabnehmerwippen nach EN 50367

Die europäische Norm EN 50367:2012-5 [9; 10] enthält die Maße für die 1 600 mm lange Europawippe (Bild 1) und Definitionen für die unterschiedlichen, 1 950 mm langen Wippen (Bild 2). Darin sind deren Arbeitsbereiche mit 1 200 mm beziehungsweise 1 450 mm definiert. Die Längen der Schleifleisten sind mit 800 mm beziehungsweise mindestens 1 000 mm angegeben. Die 1 600 mm lange Europawippe wurde in [11] beschrieben.

- Durch diese Festlegung könnte man ableiten, dass der Arbeitsbereich im Normalbetrieb voll ausgenutzt werden dürfte.
- Wenn die weiteren Festlegungen für die Fahrdrablagen beachtet werden, verlässt der Fahrdrabt die Schleifleisten aber nur bei maximalem Wanken und maximaler Auslenkung infolge Windwirkung, wie in [12] und [13] gezeigt wird.
- Im normalen Betriebsfall ohne große Wankbewegungen und ohne Windeinwirkung kontaktiert der Fahrdrabt die Wippen nur im Bereich der Schleifleisten.

2.3 Definitionen für die Schleifleiste nach EN 50206-1

Die Norm EN 50206-1 [14] enthält Definitionen zum Begriff *Schleifleiste*:

- Nach der Definition 3.2.4 dieser Norm ist die Schleifleiste ein *austauschbares Verschleißteil der Stromabnehmerwippe, das mit der Oberleitung in Kontakt steht*.
- Nach der Definition 3.2.10 dieser Norm ist die Schleifleistenlänge *jener Bereich, der als Gesamtlänge des normalen Zusammenwirkens zwischen vorgesehenem Schleifmaterial, quer zum Fahrzeug gemessen, betrachtet wird*.

Aus diesen Definitionen kann nicht geschlossen werden, dass ergänzende Teile der Stromabnehmerwippe und integrierte Übergänge in die Ablaufhörner als Teile der Schleifleisten gelten.

2.4 Konsequenzen

Die unterschiedlichen Definitionen für den Bereich des statischen Zusammenwirkens zwischen Stromabnehmer und Oberleitung in EN 50367 und

EN 50206-1 können zu unterschiedlichen Interpretationen durch die Anwender führen.

Die Oberleitung sollte für das statische Zusammenwirken mit den Stromabnehmern so ausgeführt werden, dass ohne Wanken der Fahrzeuge der Fahrdraht im Bereich der Schleifleiste liegt und den leitfähigen Teil des Arbeitsbereichs außerhalb der Schleifleisten nicht benützt. Außerhalb der Schleifleisten sollte der Fahrdraht die Wippen nur kontaktieren

- bei Wind inklusive der Sonstigen Einflussgrößen, das heißt bei extremem Wind entgegengesetzt zum wankenden Fahrzeug, was selten zu erwarten ist,
- zur Führung einlaufender oder auslaufender Fahrdrähte.

Wie in [13] nachgewiesen ist, trifft das beim Einhalten aller Vorgaben der TSI Energie für die Fahrdrachtlage zu.

3 Derzeitige Stromabnehmer

3.1 Unterschiedliche nationale Stromabnehmermaße

Die Tabelle 1 enthält die wesentlichen in Europa verwendeten Stromarten und Stromabnehmerlängen.

3.2 Erforderliche Maßnahmen im Hinblick auf die Interoperabilität

Als Schlussfolgerung aus den Überlegungen ist festzuhalten:

- Unterschiedliche Stromabnehmerlängen bedingen unterschiedliche Oberleitungsbauarten und entsprechende Infrastrukturen, zum Beispiel Tunnelquerschnitte. Umgekehrt bedingen unterschiedliche Oberleitungsbauarten auch angepasste Stromabnehmerlängen.
- Mechanische und elektrische Begrenzungslinien ergeben den erforderlichen Raum für den ungehinderten Stromabnehmerdurchgang. Unterschiedliche Stromabnehmerlängen fordern auch unterschiedlichen Raum für den Stromabnehmerdurchgang.
- Die Festlegungen der wesentlichen Parameter einer Oberleitungsbauart, die zum Beispiel von der Fahrgeschwindigkeit abhängen können, sind entscheidend für die Wippengeometrie, insbesondere für die Wippenlänge.

Daraus folgt, dass Interoperabilität mit nur einem Stromabnehmer unter Beachtung der ausgeführten Oberleitungsanlagen und -bauarten nur bedingt oder überhaupt nicht möglich ist. In Netzen mit Oberleitungen mit Parametern für eine 1950mm lange Wip-

TABELLE 1		
In Europa gebräuchliche Stromarten und Wippenlängen.		
Land	Stromart	Wippenlänge
Deutschland	AC 15 kV 16,7Hz	1950mm
Österreich		
Schweiz	AC 15 kV 16,7Hz	1450mm
Niederlande	DC 1500V und AC 25 kV 50Hz	1950mm
Belgien	DC 3000V und AC 25 kV 50Hz	1950mm
Luxemburg	DC 3000V und AC 25 kV 50Hz	1950mm, 1450mm
Frankreich	DC 1500V und AC 25 kV 50Hz	1950mm, 1450mm
Italien	DC 3000V und AC 25 kV 50Hz	1450mm
Spanien	DC 3000V und AC 25 kV 50Hz	1950mm
Portugal	AC 25 kV 50Hz	1450mm, 2180mm
Großbritannien	DC 750V und AC 25 kV 50Hz	1600mm
Irland	DC 1500V	keine Angaben
Dänemark	AC 25 kV 50Hz	1800mm
Norwegen	AC 15 kV 16,7Hz	1800mm
Schweden	AC 15 kV 16,7Hz	1800mm
Finnland	AC 25 kV 50Hz	1950mm
Estland	DC 3000V	1950mm
Lettland		
Litauen	AC 25 kV 50Hz	keine Angaben
Polen	DC 3000V	1950mm
Tschechien	DC 3000V und AC 25 kV 50Hz	1950mm
Slowakei	AC 25 kV 50Hz	2060/1950mm
Ungarn	AC 25 kV 50Hz	1450mm
Slowenien	DC 3000V und AC 25 kV 50Hz	keine Angaben

pe (Bild 2) und 550mm möglicher seitlichen Auslenkung des Fahrdrahtes können keine Wippen mit nur 1600mm Länge (Bild 1) betrieben werden. Bei Windwirkung und mit den sonstigen Einflussgrößen in gleicher Richtung befindet sich der Fahrdraht außerhalb der Schleifleiste auf den metallischen Wippenteilen. Auf den rot dargestellten Bereich der Isolierhörner (Bilder 1 und 2) darf sich der Fahrdraht nie befinden.

Ein Unterschied besteht noch in Normenregelungen:

- Hinsichtlich der 1600-mm-Wippe darf die seitliche Ablenkung des Fahrdrahtes von der Gleisachse 400mm betragen. Da die Schleifleistenlänge 800mm beträgt, befindet sich der Fahrdraht ohne Wirken der sonstigen Einflussgrößen immer im Bereich der Schleifleiste.
- Bei der 1950mm langen Wippe überschreitet der Fahrdraht bei 550mm zulässiger maximaler seitlicher Abweichung mit Wind aber ohne die sonstigen Einflussgrößen den Bereich der mindestens 1000mm langen Schleifleiste. Dies tritt jedoch nur selten bei maximalem Seitenwind auf, wie in [13] dargestellt. Im Normalbetrieb bleibt auch hier der Fahrdraht im Bereich der Schleifleisten.

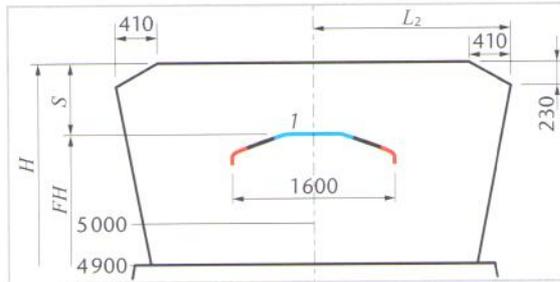


Bild 3:
 Raum für den freien ungehinderten Stromabnehmerdurchgang im Hinblick auf die 1600 mm lange Eurowippe.
 FH Fahrdrathöhe
 S Anhub des Stromabnehmers
 H Summe der Fahrdrathöhe und der Vorgabe für den Anhub
 L_2 von der Fahrdrathöhe und der Gleisüberhöhung abhängige Breite des Raums für den freien ungehinderten Stromabnehmerdurchgang

Die ÖBB haben sich im Zuge für die Umsetzung der TSI Energie [5] entschieden,

- den Raum für den ungehinderten Stromabnehmerdurchgang für die 1950 mm lange Wippe gemäß dem ÖBB-Regelwerk Plan ED61 zu wählen,
- für die seitliche Auslenkung des Fahrdrachts unter Querwindwirkung den Wert 400 mm festzulegen, damit man diese Oberleitungen mit der 1600 mm langen Eurowippe befahren kann.

Diese Strategie wurde auch bei der Anwendung der nachfolgenden Ausgaben der TSI Energie [6] und [7] beibehalten. Bild 3 zeigt hierfür den Raum für den Stromabnehmerdurchgang.

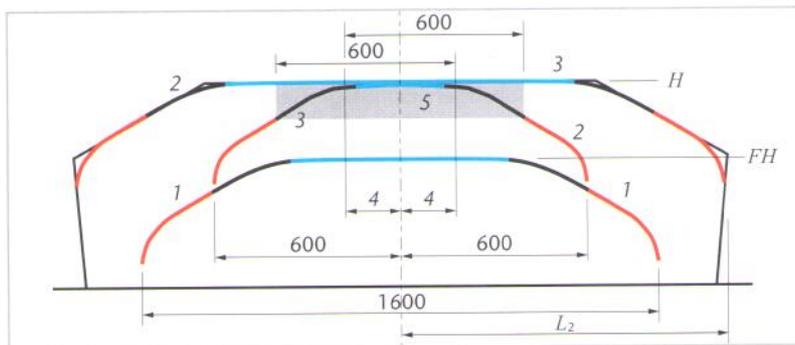


Bild 4:
 Lichttraumprofil für den Stromabnehmerdurchgang für die 1600-mm-Wippe, zulässige Seitenlage des Fahrdrachts 400 mm.
 rot Isolierhorn
 blau Schleifleistenbereich
 blau + schwarz Arbeitsbereich
 1 Ruhelage des Stromabnehmers
 2 Lage des Stromabnehmers bei Wanken nach links
 3 Lage des Stromabnehmers bei Wanken nach rechts
 4 Vorsorge für sonstige Einflussgrößen
 5 Bereich für die zulässige Fahrdrachtlage
 FH Fahrdrathöhe
 H Summe der Fahrdrathöhe und der Vorgabe für den Anhub
 L_2 von der Fahrdrathöhe und der Gleisüberhöhung abhängige Breite des Raums für den freien ungehinderten Stromabnehmerdurchgang

4 Planungsparameter für die Umstellung des Betriebes von der 1950-mm-Wippe auf die 1600-mm-Wippe

Aktuell sind bei den ÖBB nur Triebfahrzeuge mit Stromabnehmern mit 1950 mm langen Wippen im betrieblichen Einsatz. Da die Infrastruktur zukünftig auch für den Einsatz der 1600 mm langen Eurowippe geeignet sein soll, sind Maßnahmen zu treffen, die den parallelen betrieblichen Einsatz der beiden unterschiedlich langen Wippen ermöglichen.

In den Bildern 4 und 5 sind die wesentlichen geometrischen Parameter von Eurowippe und 1950-mm-Wippe aus den aktuellen ÖBB Regelwerksvorgaben unter Beachtung der beschriebenen TSI Umsetzungsstrategie der ÖBB für die TSI Energie aus Sicht des Anwenders in der Projektierung dargestellt.

Bei diesen Darstellungen und im folgenden Text wird die Differenz zwischen L_2 gemäß TSI Energie und EN 15273-3 [15] und der halben Wippenbreite des Stromabnehmers als *Sonstige Einflussgrößen* bezeichnet. Diese Sonstigen Einflussgrößen beinhalten im Wesentlichen

- Gleiseigenschaften,
- Fahrzeugwank,
- Gleisagetoleranzen,
- Gleisradius,
- Fahrdrathöhe,
- seitliche Stromabnehmerbewegung,

und definieren jenen Wert, um den die Achse des Stromabnehmers von der Senkrechten auf die Gleisachse, genauer auf die Mitte der Schienenkopfberührenden, abweichen darf. Daraus ergibt sich mit der jeweils äußeren Umgrenzung der mechanische Raum für den Stromabnehmerdurchgang. Im Inneren ist der Bereich für die Lage des Fahrdrachtes ersichtlich. Dabei ist bereits zugelassen, dass sich der Fahrdraht durch das Einwirken des Windes und den Sonstigen Einflussgrößen nicht nur auf der Schleifleiste, sondern auch auf den metallischen Teilen innerhalb des Arbeitsbereiches der jeweiligen Wippe befinden darf. Auf den rot dargestellten Bereich der Isolierhörner darf sich der Fahrdraht nie befinden.

5 Umsetzung der ÖBB-Strategie bei Projekten

5.1 Grundlagen

Da oftmals die Investitionen gegenüber den gesamtlichen Lebenszykluskosten vorrangig bewertet werden und unterschiedliche Beträge bei Auslegung für die jeweiligen Stromabnehmerwippen genannt werden, wurden gemeinsam mit der ÖBB bei konkreten Projekten die Aufwendungen mit Einsatz der Software [16] ermittelt. Bild 6 zeigt dabei den Raum für den Durchgang für den Übergang von der heute verwendeten 1960-mm-Wippe auf die Eurowippe.

Dabei wurden Projekte der ÖBB mit den Oberleitungsbauarten 1.2, 1.3 und 2.1 auf vier unterschiedlichen Strecken auf der Basis der ÖBB-Regelwerke und damit der Kriterien der TSI Energie geplant und bewertet. Die fünf Varianten der Auslegung sind:

- tatsächlich geplante und errichtete Anlage
- Auslegung für die 1950-mm-Wippe mit der Aufteilung der Nachspannabschnitte wie bei der tatsächlich errichteten Anlage
- Auslegung für die Eurowippe mit der Aufteilung der Nachspannabschnitte wie bei der tatsächlich errichteten Anlage
- Auslegung für die 1950-mm-Wippe mit optimierten Nachspannabschnitten
- Auslegung für die Eurowippe mit optimierten Nachspannabschnitten

Bei allen Varianten wurden die übrigen Parameter wie Leiterquerschnitte, Abspannkräfte von Fahrdrabt und Längstragseil und Systemhöhen nicht verändert, was bei der wirtschaftlichen Auswertung wichtig ist. Damit wird eine reale wirtschaftliche Bewertung der Auswirkung der unterschiedlichen Stromabnehmerwippen auf die Investitionen erreicht.

5.2 Bewertete Streckenabschnitte

Die mit den in Abschnitt 5.1 angegebenen Vorgaben geplanten und bewerteten Strecken sind:



Bild 7: Oberleitungsbauart 1.2 auf dem eingleisigen Streckenabschnitt Schladming – Haus.

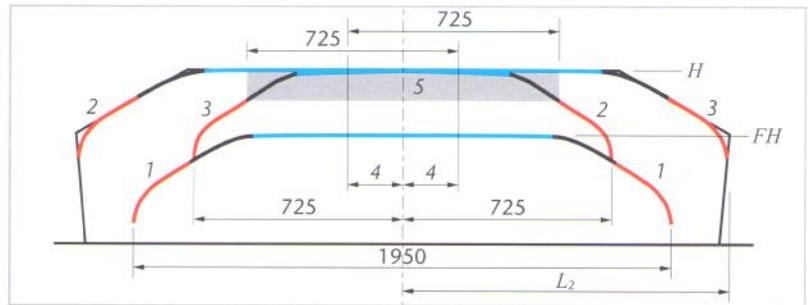


Bild 5:

Lichtraumprofil für den Stromabnehmerdurchgang für die 1950-mm-Wippe, zulässige Seitenlage des Fahrdrabts 550 mm.

rot Isolierhorn
blau Schleifleistenbereich
blau + schwarz Arbeitsbereich

- 1 Ruhelage des Stromabnehmers
 - 2 Lage des Stromabnehmers bei Wanken nach links
 - 3 Lage des Stromabnehmers bei Wanken nach rechts
 - 4 Vorsorge für sonstige Einflussgrößen
 - 5 Bereich für die zulässige Fahrdrablage
- FH Fahrdrabhöhe
H Summe der Fahrdrabhöhe und der Vorgabe für den Anhub
 L_2 von der Fahrdrabhöhe und der Gleisüberhöhung abhängige Breite des Raums für den ungehinderten Stromabnehmerdurchgang

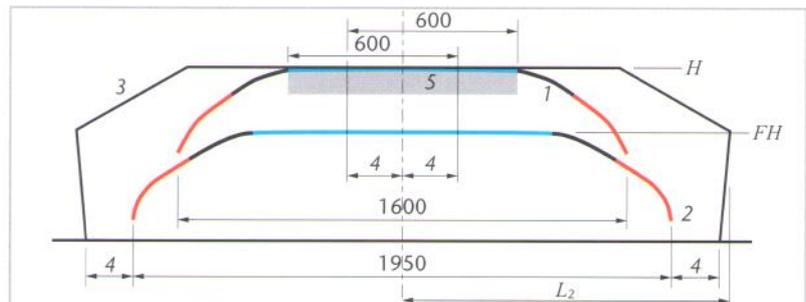


Bild 6:

Raum für den Stromabnehmerdurchgang und Bereich für die Lage des Fahrdrabtes bei Betrieb mit der 1600 mm und der 1950 mm langen Wippe entsprechend den Vorgaben der ÖBB.

- 1 1600-mm-Wippe
- 2 1950-mm-Wippe
- 3 Raum für den Stromabnehmerdurchgang
- 4 Vorsorge für sonstige Einflussgrößen
- 5 Bereich für die zulässige Fahrdrablage

- Oberleitungsbauart 1.2; eingleisige Strecke Bischofshofen – Selzthal im Bereich Schladming – Haus (Bild 7); Abschnitt km 42,115 – km 51,420; Streckenlänge 9,305 km
- Oberleitungsbauart 1.3; zweigleisige Strecke Wels – Passau, Übergabebahnhof Schärding 3 – Staatsgrenze; bogenreiche Strecke, Gleis 1; Abschnitt km 74,796 – km 79,629; Streckenlänge 4,833 km. Bild 8 zeigt die in diesem Abschnitt verwendete Oberleitungsbauart 1.3.
- Viergleisige Strecke Ybbs – Amstetten im Bereich Abzweig Karlsbach – Amstetten; gerade Strecke, Gleis 1; Abschnitt km 110,188 – km 113,389; Streckenlänge 3,201 km
- Oberleitungsbauart 2.1; viergl. Strecke Ybbs – Amstetten im Bereich Abzweig Karlsbach – Amstetten; gerade Strecke, Gleis 3; Abschn. km 110,331 – km 113,383;



Bild 8: Oberleitungsbauart 1.3 auf dem zweigleisigen Streckenabschnitt Schärding 3 – Staatsgrenze.



Bild 9: Oberleitungsbauart 2.1 auf dem zweigleisigen Streckenabschnitt St. Pölten – Linz.

TABELLE 2

Anteile an den Investitionen in Prozent bei der 1600 mm und der 1950 mm langen Wippe bei Oberleitungsbauarten der ÖBB.

Bezeichnung	Bauart 1.2		Bauart 1.3 kurvig		Bauart 1.3 gerade		Bauart 2.1	
	Wippenlänge 1950	Wippenlänge 1600	Wippenlänge 1950	Wippenlänge 1600	Wippenlänge 1950	Wippenlänge 1600	Wippenlänge 1950	Wippenlänge 1600
Fundamente	19,2	19,9	22,0	23,0	17,9	18,6	16,8	16,8
Masten	11,8	12,2	7,0	7,3	10,5	11,0	11,4	11,4
Montage	33,5	33,8	46,2	45,9	34,4	34,7	36,2	36,3
Material	11,9	11,6	8,7	8,6	13,1	12,9	13,9	13,9
Isolatoren	4,1	4,3	2,5	2,6	3,8	3,9	3,9	3,9
Fahrdraht	8,2	7,6	5,7	5,3	8,6	7,9	7,4	7,4
Tragseil	4,7	4,4	3,3	3,0	4,9	4,5	4,3	4,2
Leitungen	5,7	5,4	3,8	3,5	5,6	5,3	5,0	5,0
Sonstige Seile und Drähte	0,9	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,1	1,1

Streckenlänge 3,052 km. Bild 9 zeigt die in diesem Bereich verwendete Oberleitungsbauart 2.1.

Die Oberleitungsbauarten der ÖBB sind gekennzeichnet durch:

- Oberleitungsbauart 1.2: Befahrgeschwindigkeiten über 80 km/h bis 120 km/h
- Oberleitungsbauart 1.3: Befahrgeschwindigkeiten über 120 km/h bis 160 km/h
- Oberleitungsbauart 2.1: Befahrgeschwindigkeiten über 160 km/h bis 250 km/h

Diese ÖBB-Oberleitungsbauarten wurden durch eine Benannte Stelle durch Komponentenbewertung zertifiziert und im Teilsystem Energie im Zuge der Projektausführung nach der TSI Energie bewertet. Voraussetzung waren die Abnahmeprüfungen ED 21 durch den Auftraggeber.

5.3 Aufteilung der Investitionen bei den betrachteten Oberleitungsbauarten

In der Tabelle 2 ist die Aufteilung der Investitionen für die Oberleitungen bei den untersuchten Streckenabschnitten für die beiden untersuchten Wippenlängen und bei der Aufteilung der Abspannabschnitte wie bei der ausgeführten Anlage dargestellt. Die Montage der Oberleitung hat unabhängig von der Wippenlänge bei kurvigen Strecken einen wesentlich höheren Anteil als bei den anderen Streckenarten.

5.4 Unterschiede der Investitionen

In der Tabelle 3 sind die Unterschiede der Investitionen für die untersuchten Strecken und Oberleitungsbauarten dargestellt. Es handelt sich um die Unterschiede gegenüber der vorhandenen Anlage. Bei einer Auslegung mit der Software [16] ergibt sich nahezu unabhängig von der Oberleitungsbauart mit der 1950-mm-Wippe eine Ermäßigung der Investitionen um durchschnittlich 9%. Bei Auslegung für auf die Eurowippe beträgt die Ersparnis 5,0% gegenüber der vorhandenen Anlage. Sie erfordert also um 4% höhere Investitionen als für die 1950-mm-Wippe. Bei einer optimierten Gestaltung der untersuchten Oberleitungen betragen die Ersparnisse bei der 1950 mm langen Wippe zwischen 9,9 bis 13,8% und bei der Eurowippe zwischen 5,6 und 10,1%. Bei der Oberleitungsbauart 1.2 ergibt sich bei der 1950 mm langen Wippe bei gleicher Aufteilung der Nachspannabschnitte wie bei der ausgeführten Anlage durch die Bearbeitung mit der Software [16] eine Ermäßigung der Investitionen um 10,4%. Bei der Auslegung für die Eurowippe beträgt diese Ermäßigung 4,8%. Bei optimierter Aufteilung der Nachspannabschnitte betragen die Reduktionen rund 13,8% beziehungsweise 7%. Die gesamten Unterschiede in den Aufwendungen bei der Auslegung sowohl für die 1950 mm lange Wippe

als auch für die 1600mm lange Wippe betragen rund 4%. Diese Mehrinvestitionen erscheinen relativ gering im Vergleich mit den Gesamtaufwendungen. Die Auslegung für eine einheitliche Stromabnehmerwippe mit 1600mm Länge kann an den Kosten allein nicht scheitern, wenn man berücksichtigt, dass diese Wippe wegen

- geringerem Raumbedarf für den Stromabnehmerdurchgang, im Besonderen bei Tunneln
- besserem Kontaktkraftverhalten durch geringere Spannungsfeldweiten und daher weniger Verschleiß bei Schleifleiste und Fahrdrabt

Einsparungen gegenüber der 1950 mm langen Wippe bringt.

6 Schlussfolgerungen

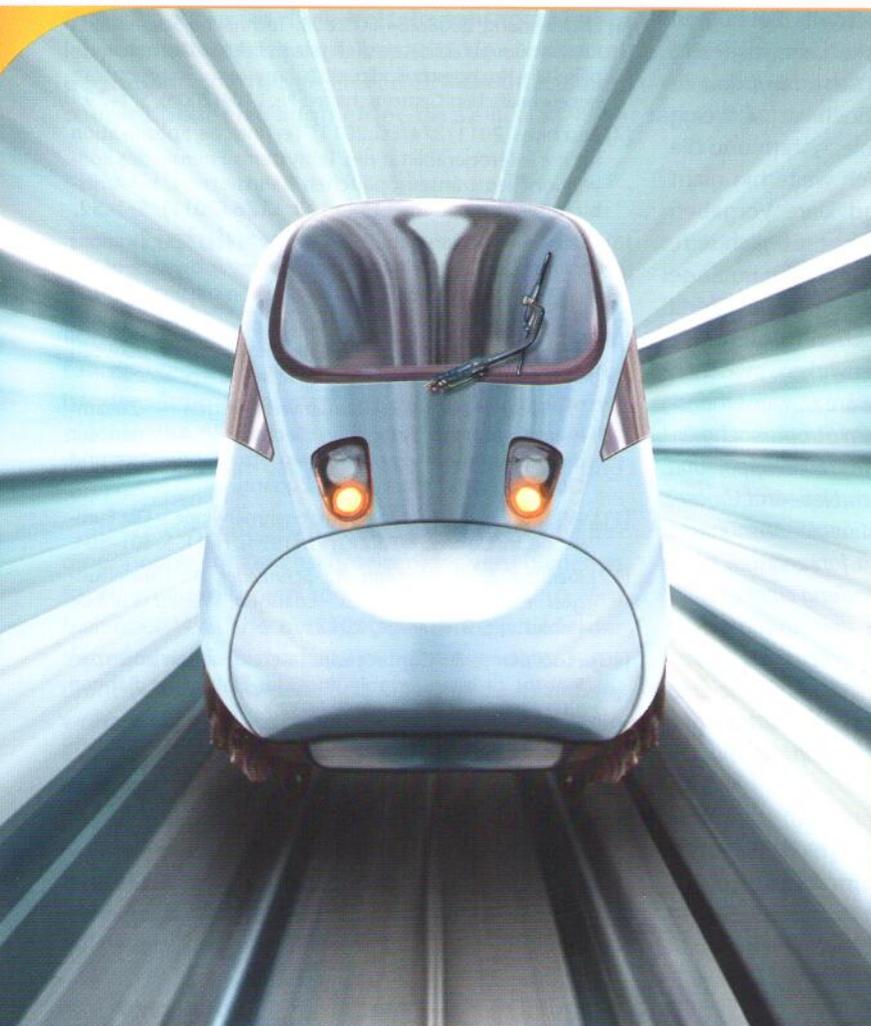
In Bezug auf den interoperablen Eisenbahnverkehr in Europa stellt sich für das Zusammenwirken von Stromabnehmern und Oberleitungen die Frage: Bleibt in Zukunft auch alles beim Alten hinsichtlich des Nebeneinanders von unterschiedlichen Stromabnehmerlängen?

- Aus den Ausführungen geht hervor, dass
- bei Planung, Errichtung und Instandhaltung berücksichtigt wird, dass es nur ein System Bahn gibt, das sich nicht auf Fahrbahn, Fahrzeug, Stromabnehmer,

TABELLE 3
Unterschiede in den Investitionen bei 1950 mm und 1600 mm langen Wippen; Auslegung mit Software FLTG [16].

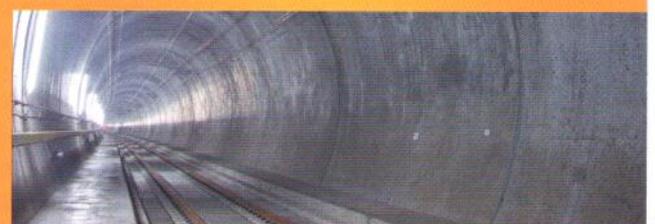
	Bestehende Nachspannabschnitte		Optimierte Nachspannabschnitte	
	1950	1600	1950	1600
Wippenlänge mm	1950	1600	1950	1600
Bauart 1,2	-10,4	-4,8	-13,8	-7,0
Bauart 1,3 kurvig	-8,2	-1,7	-13,0	-7,3
Bauart 1,3 gerade	-9,4	-2,8	-11,6	-5,6
Bauart 2.1	-7,9	-8,0	-9,9	-10,1
Durchschnitt	-9,0	-5,0	-12,0	-7,8
Bezogen bei 1950 mm-Wippe bei gleichen Planungsgrundlagen	0	+4,0	0	+4,2

- Fahrleitung und so weiter aufteilen lässt, sondern immer gemeinsam gesehen werden muss,
- das Blockieren einer Weiterentwicklung aus nationalen Interessen Stillstand und damit die Gefahr des weiteren Zurückfallens der Eisenbahnen gegenüber anderen Verkehrsträgern bedeutet,
 - die Interoperabilität einheitlicher Vorgaben und deren konsequente technische Umsetzung bedarf, um das gesteckte Ziel eines interoperablen Verkehrs zu erreichen.



PLANUNG. REALISIERUNG. BETRIEB.
BAHNSYSTEME VERSTEHEN

NEWS | SIGNON als Spezialist für Fahrleitungsplanung und Bahnstromversorgung ist Partner für viele europäische Bahnverwaltungen und Infrastrukturbetreiber weltweit.



AUTORENDATEN



Ing. Franz Kurzweil (48), Elektrotechnik bei den ÖBB und Elektroinstallateur, Abendstudium der Elektrotechnik an der Höheren Technischen Lehranstalt in Wien; ab 1978 Sachbearbeiter für Oberleitungsanlagen, Projektplanung und Instandhaltungsmanagement für Oberleitungsanlagen; ab 1994 Systembearbeiter für Oberleitungsanlagen in der Reglementierung und seit 1998 Systemverantwortlicher für ÖBB-Oberleitungsanlagen; ab 2007 verantwortlich für die Reglementierung von 50-Hz-Energietechnikanlagen, WHZ-Anlagen und Bahnstromanlagen 16,7 Hz sowie Fernwirk- und Leittechnikanlagen inklusive Zulassung von Produkten und Systemen; derzeit ÖBB INFRASTRUKTUR AG, Engineering Services – Systeme und Produkte.

Adresse: ÖBB INFRA AG, Engineering Services, 1020 Wien Praterstern 3-4, Österreich; Fon: +43 664-178612, Fax +43 193000-25287; E-Mail: franz.kurzweil@oebb.at



Ing. Gerhard Hofbauer (57), Studium der Elektrotechnik an der Höheren Technischen Bundes- Lehr- und Versuchsanstalt Mödling; 1981 bis 1997 Projektierung und Errichtung von Oberleitungen bei AEG Austria für Nah- und Fernverkehr; 1996 bis 1997 Leiter Fahrleitungsbau bei ABB Daimler Benz Transportation Austria GmbH; 1998 bis 2013 Leiter Fahrleitungsbau bei ALPINE-ENERGIE Österreich GmbH; seit September 2013 Bereichsleiter Bahnsysteme bei SIGNON Österreich GmbH; Entwicklung von Spezialsoftware für Planung, Projektierung, Materialwirtschaft, Baustellenabwicklung, Projektkalkulation und Abrechnung im Oberleitungsbau.

Adresse: SIGNON Österreich GmbH, Elisabethstr. 1/202, 1010 Wien, Österreich; Fon: +43 660 4465057, Fax: +43 1 581145410; E-Mail: gerhard.hofbauer@signon-group.com

Eine Vielzahl an technischen, organisatorischen und betrieblichen Maßnahmen ist durch alle Beteiligten zu treffen, um dieses Ziel zu erreichen. Es wurden in den letzten Jahren Fortschritte bei der Interoperabilität allgemein erzielt. Man ist aber noch vom Ziel eine gute Strecke entfernt. Das komplexe System und die nationalen Interessen dürfen jedoch weiterhin nicht dazu führen, dass eindeutige und klare Vorgaben nicht zu Stande kommen. Es darf nicht möglich sein, dass vor 40 bis 50 Jahren errichtete Anlagen im Zuge einer Bestandsprüfung als die TSI Energie erfüllend und damit als interoperabel angesehen werden.

Im Hinblick auf das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung wäre es wünschenswert, wenn die Vorgabe einer einzigen Stromabnehmerwippe, nämlich der 1600 mm langen Eurowippe, und deren konsequente Umsetzung für den Neu- und Umbau von Oberleitungsanlagen ohne nationale Ausnahmen gefordert und auch in den nächsten Jahrzehnten nicht davon abgewichen würde. Die Verwendung einer einheitlichen Stromabnehmerwippe würde die Zuverlässigkeit beim Verkehr zwischen den Schienennetzen der Einzelstaaten hinsichtlich Stromabnehmer und Oberleitung verbessern und damit die Interoperabilität gewährleisten. Hier ist die zuständige Agentur im Einvernehmen mit den Mitgliedstaaten gefordert.

In Tabelle 4 sind die zulässigen maximalen seitlichen Auslenkungen abhängig von der Stromabnehmerlänge dargestellt. Wenn es den nationalen Bahnen überlassen wird zu entscheiden, welche Stromabnehmerlänge und

welche maximalen seitlichen Auslenkungen sie verwenden, wird kein interoperables Bahnnetz entstehen.

TABELLE 4

Maximale seitliche Abweichung des Fahrdrachts.

Stromabnehmer	Maximale seitliche Abweichung
1 600 mm	400 mm
1 950 mm	550 mm

Literatur

- [1] Richtlinie 96/48/EG:1996: Richtlinie über die Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L235 (1996), S. 6–24.
- [2] Richtlinie 2001/16/EG:2001: Richtlinie über die Interoperabilität des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L110 (2001), S. 1–27.
- [3] Richtlinie 2004/50/EG:2004: Richtlinie zur Änderung der Richtlinie 96/48/EG und der Richtlinie 2001/16/EG über die Interoperabilität der europäischen Bahnsysteme. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L220 (2004), S. 40–57.
- [4] Richtlinie 2008/57/EG:2008: Richtlinie über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft. In: Amtsblatt der europäischen Union Nr. L191 (2008), S. 1–45.
- [5] Entscheidung 2002/733/EG:2002: Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems Energie des europäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L245 (2002), S. 280–369.
- [6] Entscheidung 2008/284/EG:2008: Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems Energie des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften Nr. L104(2008), S. 1–79.
- [7] Beschluss 2011/274/EG:2011: Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems Energie des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Union Nr. L126 (2011), S. 1–52.
- [8] Draft: Commission Regulation on Technical Specifications for Interoperability relating to the energy subsystem of the rail system in the Union. Europäische Kommission, 2014.
- [9] EN 50367:2012-05: Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access).
- [10] EN 50367 2013-03: Bahnanwendungen – Zusammenwirken der Systeme – Technische Kriterien für das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung für einen freien Zugang.
- [11] Wili, U.: Vereinheitlichte Stromabnehmerwippe – Die Eurowippe. In: Elektrische Bahnen 92 (1994), H. 11, S. 301–304.
- [12] Kießling, F.; Puschmann, R.; Schmieder, A.: Fahrleitungen elektrischer Bahnen. Erlangen, Verlag Publicis Publishing, 3. Auflage, 2013.
- [13] Puschmann, R.: Contact wire lateral position and span lengths of interoperable lines. In: Elektrische Bahnen 110 (2012), H. 11, S. 612 – 632.
- [14] EN 50206-1:2011-02: Bahnanwendungen – Schienenfahrzeuge – Merkmale und Prüfungen von Stromabnehmern – Teil 1: Stromabnehmer für Vollbahnfahrzeuge.
- [15] EN 15273-3:2009: Bahnanwendungen – Begrenzungslinien – Teil 3: Lichtraumprofile.
- [16] Hofbauer, G.; Hofbauer, W.: Oberleitungsplanung und Simulation des Stromabnehmerlaufes. In: Elektrische Bahnen 107 (2009), H. 1-2, S. 104 – 109.