

# Oberleitung der ÖBB für hohe Geschwindigkeiten – Konformitätsbewertung

Franz Kurzweil, Karl Streimelweger, Wien; Gerhard Hofbauer, Hollabrunn

*Die ÖBB entwickelten für ihre Strecken im transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnnetz eine für 250 km/h Fahrgeschwindigkeit geeignete Oberleitung, die die Anforderungen der Interoperabilität der Streckenkategorie I erfüllt. Die an einem Baumuster durchgeführten Prüfungen und Messungen bestätigten dies. Damit sind die Voraussetzungen für die Bestätigung der Oberleitungsbauart als Interoperabilitätskomponente gegeben.*

### **ÖBB overhead contact line type for high-speeds – conformity assessment**

*The Austrian Railway ÖBB developed for their lines within the trans-European high-speed network an overhead contact line type suited for 250 km/h running speed which complies with the requirements of the interoperability for category I lines. The tests and measurements carried out at a test line confirmed the compliance. Therefore, the conditions for the certification of the contact line as an interoperability constituent have been fulfilled.*

### **Caténaire pour ligne à grande vitesse aux ÖBB – Vérification de la conformité**

*Les chemins de fer autrichiens ÖBB ont développé pour leurs lignes concernées par le réseau transeuropéen à grande vitesse une caténaire apte à la vitesse de 250 km/h qui est en conformité avec les exigences des lignes de la catégorie I. Des essais et mesures menés sur une portion de ligne test ont démontré la conformité. Ainsi, les conditions pour déclarer la ligne aérienne de contact comme constituant d'interopérabilité sont réunies.*

## 1 Einführung

Die Richtlinie 96/48/EG [1] und die zugehörigen technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI), insbesondere für das Teilsystem Energie [2], enthalten die Vorgaben zum Erreichen der Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems, das in der Entscheidung 1692/96/EG [3] beschrieben wird. Die Richtlinie und die zugehörigen technischen Spezifikationen sind für die Planung, den Bau, den Ausbau, die Umrüstung und den Betrieb der Infrastruktureinrichtungen und Fahrzeuge anzuwenden, die beim Inkrafttreten der Richtlinie noch nicht im Betrieb oder in einem fortgeschrittenen Planungs- oder Bauzustand waren. Die Richtlinie wurde 2002 in Österreich in nationales Recht überführt und gilt seither. In der Übersichtskarte des transeuropäischen Bahnnetzes [3] sind auch die interoperablen Strecken in Österreich enthalten.

Die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) entwickelten für 250 km/h Betriebsgeschwindigkeit eine neue Oberleitungsbauart, genannt Typ 2.1. Mit dem Ziel der Bewertung dieser Oberleitungsbauart als Interoperabilitätskomponente im Sinne der TSI Energie [2] errichteten die ÖBB im Rahmen des Ausbaus der Westbahn Wien – Salzburg im Streckenabschnitt Überleitstelle Rohr bis Bahnhof Rohr diese neue Oberleitungsbauart als Baumuster zur Durchführung der geforderten Prüfungen.

Die ÖBB verbinden mit der neuen Oberleitungsbauart außer der Bestätigung als Interoperabilitätskomponente gemäß der TSI Energie eine wesentliche Qualitätsverbesserung in der Planung und Errichtung von Oberleitungsanlagen. Weiterhin sind geringere Aufwendungen für Instandhaltung und die Infrastruktur künftiger Anlagen zu erwarten.

Nach der Bewertung der Konstruktionsunterlagen gemäß den in der TSI Energie vorgegebenen Verfahren und den am Baumuster durchgeführten Prüfungen sehen die ÖBB die Vorgaben der Richtlinie und der TSI als erfüllt an und haben bei der Benannten Stelle (Notified Body) den Antrag auf Konformitätsbewertung gestellt.

Die neue Oberleitungsbauart der ÖBB für hohe Geschwindigkeiten kann dann als Interoperabilitätskomponente für andere Strecken im Netz angewandt werden.

## 2 Entwicklung und Konstruktion

### 2.1 Vorgaben

Mit der Einführung der TSI Energie war es erforderlich, die bei den ÖBB bisher angewandten Oberleitungsbauarten für neue interoperable Streckenabschnitte weiter zu entwickeln. Die Entwicklung sollte auf den vorhandenen Bauarten aufbauen. Die Tabelle 1 fasst die technischen

**Tabelle 1:** Technische Daten der ÖBB-Oberleitungsbauarten.

		Oberleitungsbauart			
		Typ 1.1	Typ 1.2	Typ 1.3	Typ 2.1
Geschwindigkeit	km/h	80	120	160	250
Fahrdrahtart		CuAg0,1	CuAg0,1	CuAg0,1	CuAg0,1
- Querschnitt	mm <sup>2</sup>	100	100	120	120
- Zugkraft	kN	10,8	10,8	11,7	15,3
- Streckgrenze	kN	34,0	34,0	40,8	40,8
- Streckgrenze/ Zugkraft	-	3,15	3,15	3,49	2,67
Tragseilart		NiRosta	Cu Leg	Cu Leg	Cu Leg
- Querschnitt	mm <sup>2</sup>	40	70	70	70
- Zugkraft	kN	9,9	9,9	9,9	10,8
- Streckgrenze	kN	40,0	33,6	33,6	33,6
- Streckgrenze/ Zugkraft	-	4,04	3,39	3,39	3,11
Hängerart		Bz	Bz	Bz	Bz
- Querschnitt	mm <sup>2</sup>	10	10	10	10
- Streckgrenze	kN	5,89	5,89	5,89	5,89
Spannweite	m	70	70	65	65
Nachspannlänge	m	750	750	750	750

Daten der ÖBB – Oberleitungsbauarten zusammen. Die Bauart 2.1 ist seit über 10 Jahren mit Geschwindigkeiten bis 200 km/h im Betrieb und hat sich bewährt. Im Hinblick auf die Forderungen der TSI Energie galt es, dieses System für die Befahrung mit 250 km/h und zwei Stromabnehmern in 200 m Abstand weiter zu entwickeln. Dabei waren auch die Gesichtspunkte der Lebenszykluskosten und der Instandhaltbarkeit zu beachten. Die Parameter wurden aufbauend auf Messfahrten mit 250 km/h, die in den Jahren 2001 und 2002 im Auftrag der Hochleistungsstrecken AG durchgeführt wurden, und gestützt auf Simulationsrechnungen an die neuen Anforderungen angepasst.

## 2.2 Parameter der Oberleitung

In der Vergangenheit wurden neue Oberleitungsbauarten meist empirisch weiterentwickelt. Größe und Gleichmäßigkeit der Elastizität waren dabei wesentliche Merkmale. Aussagen über die Befahrungsgüte waren nur anhand von Messungen an ausgeführten Anlagen mit erheblichem Aufwand möglich [4].

Theoretische Untersuchungen des Zusammenwirkens von Oberleitungen und Stromabnehmern ergaben in der Folgezeit eine Reihe von Parametern, welche die Eignung einer Oberleitungsbauart für eine vorgegebene Geschwindigkeit zu beurteilen gestatteten und für die Wahl der Parameter neuer Bauarten herangezogen werden können [5; 6]. Diese Verfahren beziehen insbesondere die Fahrgeschwindigkeit in die Beurteilung ein. In der Tabelle 2 sind dynamische Kenndaten der Oberleitungsbauart 2.1 dargestellt. Die angegebene Wellenausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  ergibt sich aus

$$c = \sqrt{SI/\rho} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

**Tabelle 2:** Dynamische Kenndaten der Bauart 2.1.

<b>Wellenausbreitungsgeschwindigkeit</b>			
Fahrdraht	m/s – km/h	119,69	430,89
Tragseil	m/s – km/h	131,45	473,23
Eigenfrequenz	Hz	0,81	
<b>Doppelfaktor <math>\alpha</math></b>			
Fahrdraht		0,27	
Tragseil		0,31	
<b>Reflektionsfaktor <math>r</math></b>			
Verhältnis $r/\alpha$ für Fahrdraht		3,91	
<b>Kritische Geschwindigkeit</b>			
Fahrdraht	km/h	52,37	188,54
<b>Statische Elastizität</b>			
Spannfeld	mm/N	0,71	
Gleichförmigkeit der Elastizität			
- Zielwert	%	10	
- erreicht	%	13	

mit  $S$  Leiterzugkraft in N und  $\rho$  Metermasse des Leiters in kg/m.

Die Eigenfrequenz  $f$  wird erhalten aus

$$f = (0,435/l) \cdot \sqrt{(S_{FD} + S_{TS})/\rho_{Kette}} \text{ (Hz)} \quad (2)$$

mit  $l$  Spannweite in m,  $S_{FD}$  Fahrdrahtzugkraft in N,  $S_{TS}$  Tragseilzugkraft in N und  $\rho_K$  Metermasse des Kettenwerks in kg/m.

Für den Doppelfaktor gilt

$$\alpha = (c - v)/(c + v) \quad (3)$$

mit  $c$  Wellenausbreitungsgeschwindigkeit des Fahrdrahts und  $v$  projektierte Fahrgeschwindigkeit in m/s.

Der Reflektionsfaktor wird erhalten aus

$$r = \frac{\rho_{TS} \cdot c_{TS}}{\rho_{TS} \cdot c_{TS} + \rho_{FD} \cdot c_{FD}} \quad (4)$$

mit  $\rho_{TS}$  Tragseilmetermasse in kg/m,  $\rho_{FD}$  Fahrdrahtmetermasse in kg/m,  $c_{TS}$  Wellenausbreitungsgeschwindigkeit des Tragseils in m/s und  $c_{FD}$  Wellenausbreitungsgeschwindigkeit des Fahrdrahts in m/s.

Der Quotient aus Reflektionsfaktor und Dopplereffektor  $r/\alpha$  sollte kleiner als 1 sein.

Die kritische Geschwindigkeit folgt aus

$$v_{FD} = c_{FD} \cdot (1 - r)/(1 + r) \quad (5)$$

mit  $c_{FD}$  Wellenausbreitungsgeschwindigkeit des Fahrdrahts in km/h,  $r$  Reflektionsfaktor.

Die statische Elastizität des Kettenwerks in Feldmitte kann für Oberleitungssysteme mit Y-Beiseilen erhalten werden aus

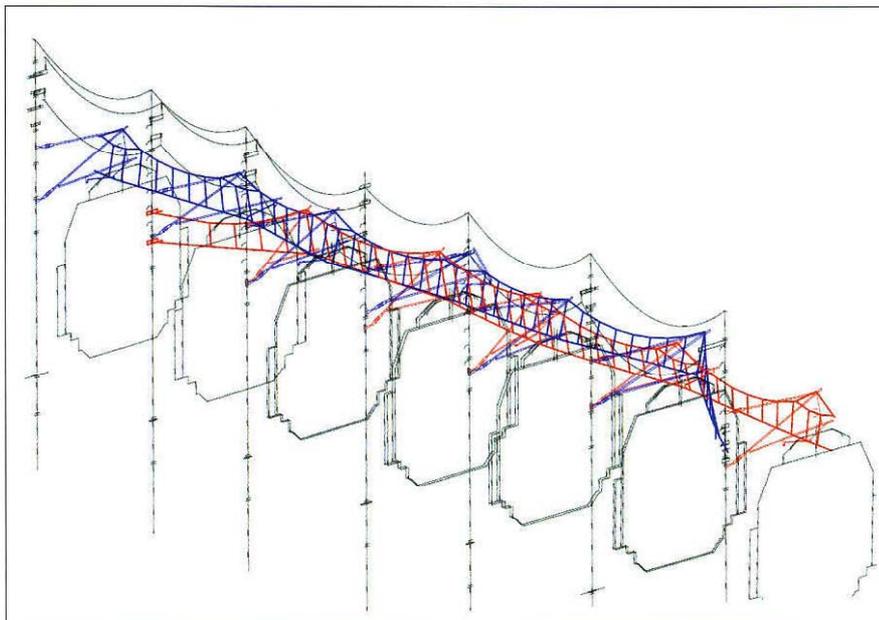
$$e = \frac{l}{3,5 \cdot (S_{FD} + S_{TS})} \quad (6)$$

mit  $l$  Spannweite zwischen zwei Masten.

Der Gleichförmigkeitsgrad der Elastizität wird erhalten aus

$$u = \frac{e_{\min} - e_{\max}}{e_{\min} + e_{\max}} \cdot 100 \text{ (%) } \quad (7)$$

mit  $e_{\max}$  größte Elastizität innerhalb eines Feldes und  $e_{\min}$  kleinste Elastizität innerhalb eines Feldes.



**Bild 1:** Kettenwerksführung bei der fünffeldrigen Streckentrennung.

Für die Oberleitungsbauart 2.1 beträgt die Fahrgeschwindigkeit 250 km/h.

Die Parameter für die Oberleitungsbauart 2.1 wurden unter Beachtung der Anforderungen der TSI Energie und der zugehörigen Norm EN 50367 [7] gewählt. Insbesondere gilt dies für die zulässigen Kontaktkräfte nach den Definitionen in [2] und [8]. Die mittlere Kontaktkraft bei 250 km/h Fahrgeschwindigkeit sollte 130 N betragen, der Maximalwert 250 N und der Minimalwert 10 N. Für die konstruktive Durchbildung musste auch die Norm EN 50119 [9] beachtet werden. In der Tabelle 3 sind die technischen Parameter der Bauart 2.1 zusammengefasst. Von der Bauart Re250 der DB AG [10] unterscheidet sich die Bauart 2.1 in der Systemhöhe mit 1,60 statt 1,80 m und in der Trageiszugkraft mit 10,8 kN statt 15,0 kN.

Auch die konstruktive Durchbildung kritischer Oberleitungsbereiche wurde weiterentwickelt.

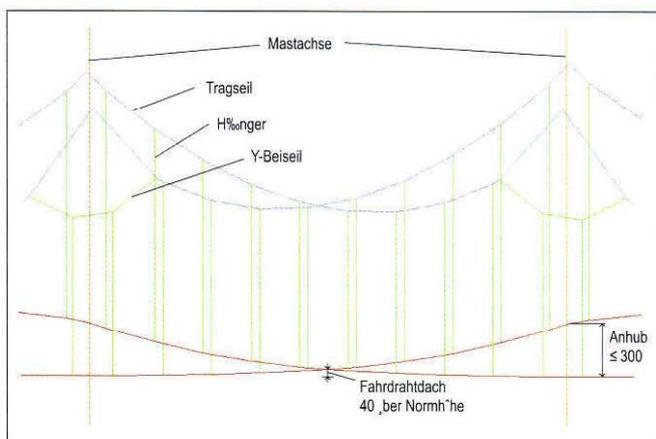
- Die Streckentrennungen zwischen einzelnen Schaltabschnitten erstrecken sich über fünf Felder wie in Bild 1 dargestellt.

- Die Fahrdraht Höhenlage im Parallelfeld der Überlapung wurde detailliert vorgegeben wie in Bild 2 dargestellt.
- Die Weichen werden mit einem zusätzlichen Parallelfeld nach dem Weichenmast bespannt. Der Fahrdraht des Abzweiggleises wird nicht unmittelbar nach dem Weichenmast abgespannt, sondern über ein zusätzliches Parallelfeld zum nächsten Oberleitungsstützpunkt geführt und nach diesem abgespannt. Diese Maßnahme und weitere Anpassungen bewirken das Auflaufen des Fahrdrahts auf den Stromabnehmer von oben.
- Die Seitenverschiebung des Fahrdrahts wird unter Beachtung der kinematischen Umgrenzung für den Stromabnehmerdurchgang nach der TSI Energie festgelegt.
- Projektierung und Einstellung der Seitenhalter garantieren mindestens 80 N Seitenzugkraft.

## 2.3 Simulation der Befahrung

Für die Weiterentwicklung von Oberleitungen ist eine Simulation mit einem Rechenprogramm sehr vorteilhaft. Die weiterentwickelten Simulationsverfahren und die Leistungsfähigkeit moderner Rechner gestatten es, alle Parameter der jeweiligen Oberleitungsbauart nachzubilden, und liefern auch zuverlässige Aussagen zu den Kontaktkräften und den dynamischen Anhuben, die mit den nach der Norm EN 50317 [8] gemessenen Werten übereinstimmen. Die Simulationsverfahren können nach der Norm EN 50318 [11] validiert werden, wobei das Einhalten der geforderten Gütekriterien wichtig ist. Die Veröffentlichungen [12] und [13] in dieser Zeitschrift beschreiben solche Simulationsmodelle.

Ausgehend von den bekannten Kenndaten wurde die Befahrung der Oberleitungsbauart 2.1 mit zwei Stromabnehmern simuliert. Die Simulation zeigte, dass an eini-



**Bild 2:** Fahrdraht Höhenverlauf im Parallelfeld der Streckentrennung und Nachspannungen.

gen Stellen des Kettenwerks nicht zulässige Fahrdrahtanhöhe auftreten könnten, und zwar:

- in den Parallelfeldern bei Überlappungen
- in den Weichenüberspannungen
- im Ein- und Ausfahrtsbereich zu Tunneln
- in den Gleisradien

Aus den durchgeführten Simulationen wurden folgende Systemänderungen abgeleitet:

- Ausführung fünffeldriger Streckentrennungen
- Änderung der Regeln und Kriterien für die Weichenbespannungen
- neue Gestaltung der Oberleitungen an den Übergängen von offen Strecken in Tunnel
- geänderte Parameter für die Parallelfelder der Überlappungen
- Mindestseitenzugkraft 80 N bei allen befahren Stützpunkten
- Seitenverschiebung des Fahrdrahtes in Gleisradien zwischen 8000 m und 3000 m immer bogenaußenseitig, um die erforderliche Seitenzugkraft zu erreichen

### 3 Erstellen eines Baumusters

#### 3.1 Maßnahmen

Zur Bewertung der Konformität der Oberleitungsbauart 2.1 mit den Anforderungen der TSI Energie errichteten die ÖBB ein Baumuster bei den Projekten Überleitstelle Rohr 3 und Überleitstelle Rohr 6 sowie östlich des Wachberg隧nells im Zuge des Ausbaus der Strecke Wien – Salz-

burg. Die Fachleute der ÖBB planten die Maßnahmen. Die Hochleistungsstrecken AG schrieb die Errichtung beschränkt für österreichische Oberleitungsbaufirmen aus. Alpine-Energie erhielt den Auftrag zur Errichtung der Baumuster im April 2004 und war bereits 2003 mit Vorarbeiten für die Gestaltung der fünffeldrigen Streckentrennungen betraut worden.

In den Überleitstellen Rohr 3 und Rohr 6 wurden die Weichenbespannungen entsprechend den für die Bauart 2.1 festgelegten Kriterien hergestellt und in der Überleitstelle Rohr 6 zwei fünffeldrige Streckentrennungen nach den neuen Vorgaben ausgeführt.

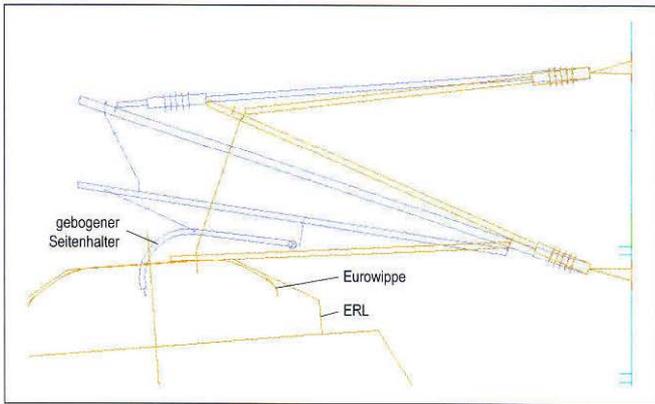
Die TSI Energie verlangt, dass der Freiraum für den Anhub des Fahrdrahts an den befahrenen Stützpunkten das Zweifache des theoretisch zu erwartenden größten Anhubes beträgt. Auf die Einhaltung dieser Vorgabe wurde durchgehend geachtet. Insbesondere bei Gleisradien zwischen 3000 m und 8000 m und in den Streckentrennungen und Nachspannungen wird diese Vorgabe für die Ausführung entscheidend. Sie wurde daher an jedem Stützpunkt geprüft.

Die gesamte Oberleitungsanlage wurde mit einem CAD-unterstützten Projektierungsprogramm berechnet. Das Programm berücksichtigt alle Parameter einer Oberleitung, auch die Vorgaben für die Bauart 2.1.

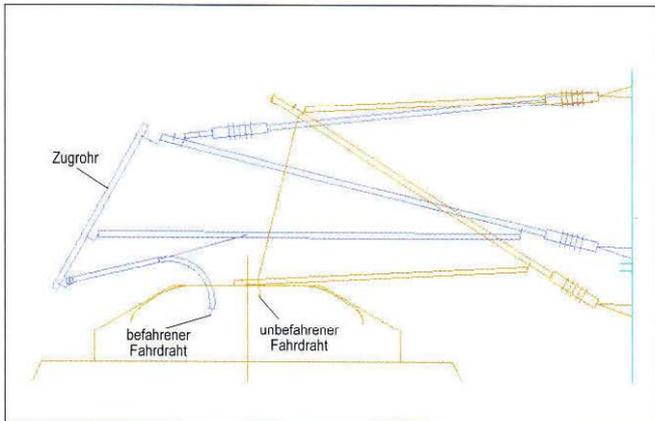
#### 3.2 Fünffeldrige Streckentrennung

Die Aufgabe von Streckentrennungen ist die elektrische Trennung von Oberleitungsabschnitten im Bereich der Überlappungen am Ende der Abspannabschnitte. Dazu ist die vollständige elektrische Trennung der sich über-

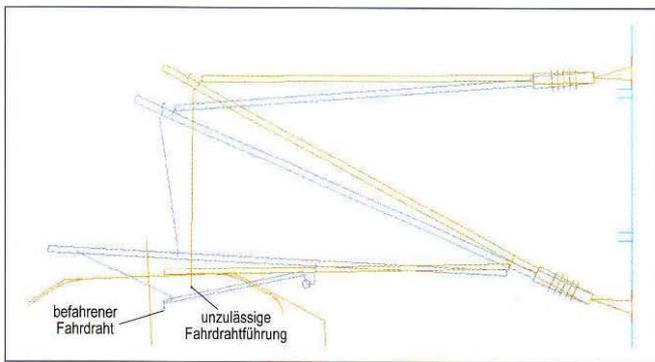




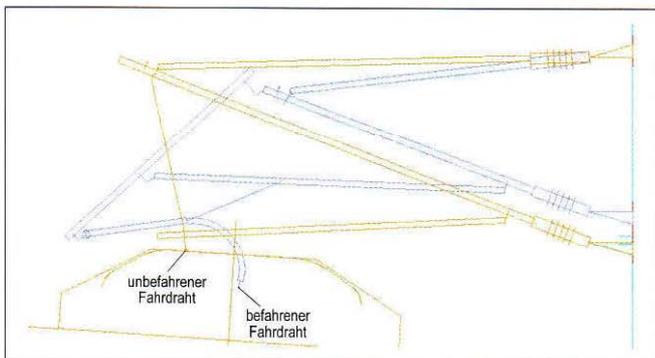
**Bild 3:** Zugbelasteter Ausleger in der Nachspannung.



**Bild 4:** Druckbelasteter Ausleger in der Nachspannung.



**Bild 5:** Unzulässige, den Anhub behindernde Fahrdrahtführung in Nachspannungen.



**Bild 6:** Druckbelasteter Ausleger, ein gebogener Seitenhalter greift über den unbefahrenen Fahrdraht.

lappenden Kettenwerke erforderlich. Für die Bauart 2.1 musste eine neue Ausführung der Streckentrennung entwickelt werden. Die ÖBB entschieden sich für eine Ausführung, bei der sich die Kettenwerke über fünf Spannungsfelder überlappen. Auch im Bereich der Streckentrennungen waren die Vorgaben der TSI Energie einzuhalten, insbesondere

- die Kontaktkräfte dürfen die zulässigen Werte nicht überschreiten,
- im Übernahmefeld müssen beide Fahrdrähte über die gesamte Länge innerhalb der für den Windantrieb zulässigen Grenzen liegen,
- der unbefahrene Fahrdraht muss am Stützpunkt gegenüber dem befahrenen Fahrdraht um 0,15 m angehoben werden,
- die Seitenzugkraft an den Seitenhaltern soll mindestens 80 N betragen,
- die Isolatoren im Fahrdraht und Tragseil müssen außerhalb des Übernahmefeldes liegen,
- die Stützpunkte sollten mit bei den ÖBB bereits verwendeten Komponenten ausgeführt werden,
- die Stützpunkte müssen ausreichend Freiraum für das Zweifache des theoretisch zu erwartenden Anhubs bereitstellen, ohne dass es dabei zu mechanischen Beschädigungen kommen kann,
- die elektrischen Mindestabstände zwischen den Kettenwerken müssen eingehalten werden.

Bild 1 zeigt die fünffeldrige Streckentrennung. Um die Anforderungen zu erfüllen, mussten neue Auslegerformen entwickelt werden. Für die zugbelasteten Ausleger konnten mit einem gebogenen Seitenhalter alle Kriterien eingehalten werden (Bild 3). Für druckbelastete Ausleger wurde eine Ausführung entwickelt, bei der ein Zugrohr den gebogenen Seitenhalter des befahrenen Fahrdrahts aufnimmt (Bild 4). Auch dieser Ausleger besteht aus bisher bei den ÖBB verwendeten Bauteilen und beschränkt im Falle eines Fahrdraht- oder Tragseilrisses die Auswirkungen einer Störung. Die gewählte Kombination von Gelenkverbindungen sichert ausreichende Steifigkeit gegenüber Querwind.

Damit die Tragseilhöhen nicht unnötig hoch werden mussten, erhielt das Spitzenrohr des längeren Auslegers das gleiche Potenzial wie der kürzere Ausleger. Hierfür waren Isolatoren im Druckrohr und ein Ausgleichsverbinder erforderlich. Der Ausgleichsverbinder lässt die temperaturbedingte Bewegung der Ausleger zu.

### 3.3 Stützpunkte

Bei Mess- und Versuchsfahrten mit dem Messwagen [14] der ÖBB durchgeführte Kontaktkraftmessungen zeigten, dass die größten Kraftspitzen im Bereich der Stützpunkte von Parallelfeldern auftreten, bei denen der unbefahrene Fahrdraht unter dem Stützrohr geführt wird. Bild 5 zeigt einen solchen Ausleger. Bei der Projektierung der neuen Streckentrennungen und Nachspannungen wurden solche Ausführungen vermieden. Der hochgezogene Fahrdraht wurde so geführt, dass er außerhalb des Frei-

raums für den Anhub des Fahrdrachts liegt. Wo dies wegen der Feldlängen oder des Gleisradius oder der Gleisüberhöhung nicht möglich war, ohne den Fahrdrachthöhenverlauf zu stören, wurden Ausführungen mit gebogenem Seitenhalter gewählt (Bild 6).

Der Freiraum für den Anhub wurde an jedem Stützpunkt mit dem Projektierungsprogramm berechnet. Dabei wurde sowohl der erweiterte Regellichtraum (ERL) gemäß den ÖBB-Vorgaben als auch der Durchgang eines Stromabnehmers mit 1 600 mm breiter Eurowippe beachtet. Ebenso werden die Vorgaben für die kinematische Umgrenzung gemäß der TSI beachtet.

### 3.4 Fahrdrachthöhenverlauf

Aus den beiden Alternativen für die Fahrdrachthöhe gemäß der TSI Energie wurden für die Bauart 2.1 5,30 m gewählt. Der Fahrdrachthöhenverlauf ist insbesondere in den Parallelfeldern der Nachspannungen und Streckentrennungen von besonderer Bedeutung, da damit der Übergang des Stromabnehmers von einem Kettenwerk auf das nachfolgende gesteuert werden kann. Zu diesem Zweck wird in den Parallelfeldern ein dachförmiger Fahrdrachtverlauf angestrebt, wobei in Feldmitte die beiden Fahrdrächte 40 mm über der Fahrdrachtnennhöhe liegen. Ausgehend vom ersten Hänger neben dem Stützpunkt wird bis zur Feldmitte ein parabelförmiger Fahrdrachthöhenverlauf ausgeführt. Von der Feldmitte aus wird der abgehende, unbefahrene Fahrdracht gemäß einer Parabel mit steigenden Exponenten hochgeführt (Bild 2). Wie die Messungen zeigen, werden bei dieser Ausführung die Grenzwerte für die Kontaktkräfte gemäß der TSI Energie eingehalten und die Kettenwerke nur geringfügig zu Schwingungen angeregt.

### 3.5 Bauausführung

Das Baumuster der Oberleitungsbauart 2.1 wurde von hochqualifizierten Oberleitungsmonteuren innerhalb vorgegebener Sperrzeiten errichtet. Nach der Fertigstel-



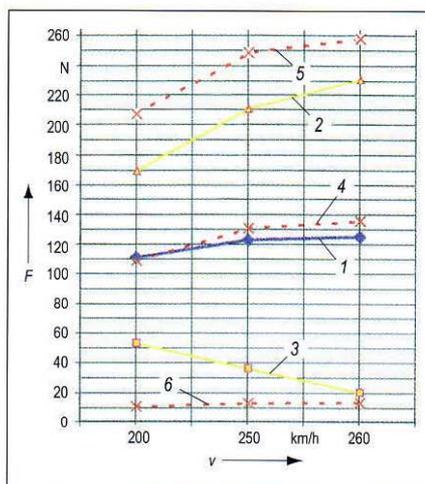
**Bild 7:** Prüfschleifleiste zur Messung der Fahrdrachtseitenlage und des Anhubfreiraums.

lung der Oberleitung wurde der Freiraum für den Anhub des befahrenen Fahrdrachts bei Stromabnehmerdurchgang mit einer auf einem Montagefahrzeug montierten Prüfschleifleiste gemessen (Bild 7). Die Messungen bestätigten die Projektierung.

## 4 Abnahme und Konformitätsbewertung

Aufgrund der behördlichen Vorgaben sind bei den ÖBB Oberleitungsanlagen durch eine gemäß Eisenbahngesetz von 1957, §15, definierte Person abzunehmen. Als Prüfer führt daher der Systembearbeiter für Oberleitungen bei den ÖBB auf der Basis der Norm EN 50119 [9] die technisch-funktionale Abnahme durch. Als Grundlage dienen hierfür auch die Unterlagen für Planung, Vergabe und Errichtung der Oberleitungsanlage. Für die Abnahme erstellten ÖBB eine Checkliste. Nach der Abnahme und der Beseitigung festgestellter Mängel wurden die Anlage und die Unterlagen für die Oberleitungsbauart 2.1 an die für die Betriebsführung und Instandhaltung zuständige Stelle übergeben und das Instandhaltungspersonal geschult.

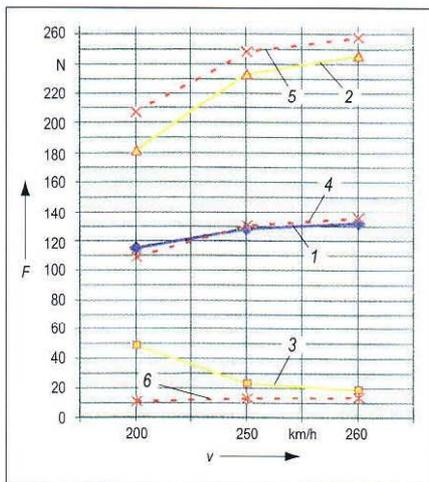
Die für die Konformitätsbewertung erforderlichen Kontaktkraftmessungen wurden im Abschnitt Prinzersdorf – Ybbs mit dem ICE-S-Messzug der DB AG ausgerüstet mit Stromabnehmern DSA 380-D mit 1 950 mm breiten Wippen durchgeführt. Die Messungen wurden mit einem anliegenden Stromabnehmer mit Geschwindigkeiten bis 300 km/h und mit zwei in 200 m Abstand anliegenden Stromabnehmer mit 280 km/h ausgeführt. Das Kontaktkraftmesssystem dieses Versuchszugs ist gemäß EN 50317 [8] validiert. Die mittlere Kontaktkraft der Stromabnehmer wurde geschwindigkeitsabhängig gemäß der in der TSI Energie, Abschnitt 5.3.1.6, Bild 5.1, definierten Zielkurve C eingestellt.



**Bild 8:** Ergebnis der Kontaktkraftmessungen, freie Strecke mit zwei anliegenden Stromabnehmern, nachlaufender Stromabnehmer.

- 1 Mittelwert der aerodynamisch korrigierten Schnittkräfte
- 2 Maximalwert der aerodynamisch korrigierten Schnittkräfte
- 3 Minimalwert der aerodynamisch korrigierten Schnittkräfte
- 4 Mittelwert der Kontaktkräfte nach der TSI Energie
- 5 Maximalwert der Kontaktkräfte nach der TSI Energie
- 6 Minimalwert der Kontaktkräfte nach der TSI Energie

# Oberleitungsanlagen



**Bild 9:** Ergebnis der Kontaktkraftmessungen, Tunnel mit zwei anliegenden Stromabnehmern, nachlaufender Stromabnehmer. Legende: siehe Bild 8

Der optische Eindruck des Stromabnehmerlaufs an der Oberleitungsbauart 2.1 war gut. Nur an einigen Stellen in Streckentrennungen, Nachspannungen und über Weichen wurde im geringen Maß Lichtbogenbildung festgestellt, die jedoch ohne Auswirkung auf die Energieübertragung zum Fahrzeug blieb.

Die Bilder 8 und 9 zeigen eine Zusammenfassung der Kontaktkraftmessungen. In beiden Bildern finden sich sowohl die Daten für die aerodynamisch korrigierten

Schnittkräfte, die vor der Veröffentlichung der TSI Energie zur Bewertung des Zusammenwirkens bei der DB AG herangezogen wurden, als auch die entsprechend der Norm EN 50317 [8] mit der Beschleunigung korrigierten Kontaktkräfte. Aus dem Vergleich mit den in der Tabelle 3 enthaltenen Anforderungen für die Kontaktkräfte bei 250 km/h Fahrgeschwindigkeit ist zu erkennen, dass die Zielgrößen sowohl auf der offenen Strecke als auch im Tunnel eingehalten werden.

Die Abnahme der Oberleitungsbauart 2.1 zeigte, dass diese Bauart die Kriterien für eine Interoperabilitätskomponente gemäß TSI Energie bei 250 km/h Fahrgeschwindigkeit erfüllt. Die Benannte Stelle Interoperabilität (Notified Body) wird demnächst die Zertifizierung erteilen.

**Tabelle 3:** Technische Parameter der Bauart 2.1.

Fahrdrahthöhe	5,30 m
Systemhöhe	
– freie Strecke	1,60 m
– Tunnel	1,10 m
Fahrdraht	CuAg0,1 AC120 nach EN 50149
Fahrdrahtzugkraft	15,3 kN
Tragseil	CuAg 0,1 70 mm <sup>2</sup>
Tragseilzugkraft	10,8 kN
Durchhang	0,86 m
Kürzester Hänger	0,64 m
Hänger, stromfest	CuMg 0,5 ... 10 mm <sup>2</sup>
Y-Beiseil	CuMg 0,5 ... 35 mm <sup>2</sup>
Länge	
– freie Strecke	16 m
– Tunnel	14 m
Kettenwerksgewicht je Meter	1,791 kg/m
Spannweite	
– freie Strecke	< 65 m
– Tunnel	< 48 m
Zulässige Seitenlage unter Querwindeinwirkung	400 mm
Windgeschwindigkeit	33 m/s
Mindestseitenzugkraft am befahrenen Stützpunkt	80 N
Zulässige Kontaktkräfte	
– maximal	250 N
– Mittelwert	130 N
– minimal	20 N

## Literatur

- [1] 96/48/EG: Richtlinie über die Interoperabilität des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften (1996), S. L235/6-L235/24.
- [2] Entscheidung 2002/733/EG: Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems Energie des transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften (2002), S. L245/280-L245/369.
- [3] Entscheidung 1692/96/EG: Gemeinschaftliche Leitlinien für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzwerkes. In: Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften (1996), S. L228/0001-L228/0104.
- [4] Ebeling, H.: Stromabnahme bei hohen Geschwindigkeiten – Probleme der Fahrleitungen und Stromabnehmer. In: Elektrische Bahnen 67(1969), H. 2, S. 26–39; H. 3, S. 60–66.
- [5] Buksch, R.: Theorie der Wechselwirkung von Fahrdrahtwellen mit angekoppelten mechanischen Systemen. In: Wissenschaftliche Berichte AEG-Telefunken 54 (1981), H. 3, S. 129–140; 55 (1982), H. 12, S. 112–122.
- [6] Kießling, F.; Puschnann, R.; Schmieder, A.; Schmidt, P.: Fahrleitungen elektrischer Bahnen. Stuttgart – Leipzig, B. G. Teubner, 2. Auflage 1998.
- [7] prEN 50367:2004: Bahnanwendungen – Zusammenwirken der Systeme – Technische Kriterien für das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung für einen freien Netzzugang.
- [8] EN 50318:2002: Bahnanwendungen – Stromabnahmesysteme – Validierung von Simulationssystemen für das dynamische Zusammenwirken zwischen Stromabnehmer und Oberleitung.
- [9] EN 50119:2001: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrischen Zugbetrieb – Oberleitungen.
- [10] Beier, S.; Lerner, F.; Lichtenberg, A.; Spörer, W.: Die Oberleitung der Deutschen Bundesbahn für ihre Neubaustrecken. In: Elektrische Bahnen 80 (1982), H. 4, S. 119–125.
- [11] EN 50317:2002: Bahnanwendungen – Stromabnahmesysteme – Anforderungen und Validierung von Messungen des dynamischen Zusammenwirkens zwischen Stromabnehmer und Oberleitung.
- [12] Poetsch, G.; Baldauf, W.; Schulze, T.: Simulation der Wechselwirkung zwischen Stromabnehmer und Oberleitung. In: Elektrische Bahnen 99 (2001), H. 9, S. 386–392.
- [13] Reichmann, T.: Simulation des Systems Oberleitungskettenwerk und Stromabnehmer mit der Finite-Elemente-Methode. In: Elektrische Bahnen 103 (2005), H. 1-2, S. 69–75.
- [14] Petrovitsch, H.; Irsigler, M.: Elektrotechnischer Messwagen der Österreichischen Bundesbahnen. In: Elektrische Bahnen 94 (1996), H. 10, S. 310–314.



Ing. *Franz Kurzweil* (48), Studium der Elektrotechnik an der Höheren Technischen Lehranstalt in Wien I, Schellinggasse. Seit 1978 bei den Österreichischen Bundesbahnen, Sachbearbeiter für Oberleitungsanlagen, Projektplanung und Instandhaltungsmanagement für Oberleitungsanlagen, seit 1995 Systembearbeiter für Oberleitungsanlagen in der Reglementierung und seit 1998 Systemverantwortlicher für ÖBB-Oberleitungsanlagen. Derzeit ÖBB Betrieb AG, Netztechnik – Technologie, Systeme und Produkte.

Adresse: ÖBB Betrieb AG, NT-TSP, Friedrichstr. 4, A-10010 Wien;  
Fon: +43 664 6178612; Fax +43 1 93000-25287;  
E-Mail: franz.kurzweil@oebb.at



Ing. *Gerhard Hofbauer* (48), Studium der Elektrotechnik an der Höheren Technischen Bundeslehr- 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. Seit 1998 Leiter Fahrleitungsbau bei ALPINE-ENERGIE GmbH & Co. KG. Entwicklung von Spezialsoftware für Projektierung, Materialwirtschaft, Baustellenabwicklung, Projektkalkulation und Abrechnung im Fahrleitungsbau.

Adresse: ALPINE-ENERGIE GmbH & Co. KG, Winetzhammerstr. 6, A-4030 Linz;  
Fon: +43 676 83736350; Fax: +43 732 9061015;  
E-Mail: gerhard.hofbauer@alpine-energie.com



Ing. *Karl Streimelweger* (33), Studium der Elektrotechnik an der Höheren Technischen Bundeslehr- und Versuchsanstalt St. Pölten. Seit 1993 bei den Österreichischen Bundesbahnen, Sachbearbeiter für Oberleitungsanlagen, Projektplanung und Instandhaltungsmanagement für Oberleitungsanlagen, 2003 bis 2005 übergeordnete Koordination für HL-AG Projekte im Geschäftsbereich Energie Netz und übergeordnete Koordination des Oberleitungsmesswagens. Seit 2005 ÖBB Betrieb AG, Infra Service, Fachverantwortung Oberleitung und übergeordnete Koordination des Oberleitungsmesswagens.

Adresse: ÖBB Betrieb AG, Infra Service, Friedrichstr. 4, A-010 Wien;  
Fon: +43 664 6178705, Fax: +43 1 93000-25287;  
E-Mail: karl.streimelweger@oebb.at