

eb

Elektrische
Bahnen

Elektrotechnik
im Verkehrswesen

Oberleitungsanlagen

Deckenstromschienen –
konstruktive Gestaltung

Balfour Beatty

Rail

Deckenstromschienen – konstruktive Gestaltung

Heinz Tessun, München

Als Alternative für Kettenwerksüberleitungen bieten sich Deckenstromschienen in Tunneln mit beengten Raumverhältnissen, in Fahrzeugbehandlungsanlagen und auf Brücken mit beweglichen Teilen an. Deckenstromschienen eignen sich bis 140 km/h Fahrgeschwindigkeit, wobei der Gestaltung des Übergangs von elastischen Kettenwerken zu biegesteifen Deckenstromschienen besondere Bedeutung zukommt. Die Ausführung des Übergangs mit einem kontinuierlich steifer werdenden Kettenwerk hat sich als günstig erwiesen.

Overhead conductor rails – structural design

Overhead conductor rails form a viable alternative for catenary-type contact lines in tunnels with limited space, in workshops for rolling stock and on bridges with movable parts. Overhead conductor rails are suited for running speeds up to 140 km/h, whereby the design of the transition of the elastic contact line to the bending-resistant conductor rail is of special significance. The design of the transition section with a steadily stiffer catenary has proved to be advantageous.

1 Einführung

Biegesteife Deckenstromschienen werden anstelle von Oberleitungskettenwerken in Tunneln, Fahrzeugbehandlungsanlagen und Brücken mit beweglichen Teilen eingebaut [1; 2; 3; 4; 5], wenn der Raum für eine Hochkette nicht zur Verfügung steht oder Abspannungen nicht untergebracht werden können. Deckenstromschienen eignen sich sowohl für Nahverkehrsanlagen mit Spannungen bis DC 3 kV als auch für Wechselstrombahnen mit AC 15 und 25 kV. Fahrgeschwindigkeiten bis rund 140 km/h lassen sich erreichen. Neben dem geringeren Einbauraum und dem Vermeiden von Nachspanneinrichtungen entfallen die im Oberleitungsbereich einer Kettenwerksüberleitung erforderlichen Maßnahmen zur Bahnerdung, wenn dies durch entsprechende Nachweise begründet und von der Aufsichtsbehörde, zum Beispiel dem Eisenbahn-Bundesamt (EBA), zugelassen wird.

Deckenstromschienen aus stranggepressten Aluminiumprofilen mit einem unten offenen Hohlprofil, in das übliche Kupferrillenfahrdrähte eingesetzt werden können, haben sich bewährt. Der konstruktiven Gestaltung des Übergangs zwischen Kettenwerken und starren Stromschienen kommt vor allem vor Tunneln besondere Bedeutung zu, da dort nach Möglichkeit die Geschwindigkeit nicht reduziert werden sollte.

Balfour Beatty Rail als Systemhaus für Oberleitungen hat für diese Übergänge neue konstruktive Lösungen entwickelt. Für Streckentrennungen und Streckentrenner sowie zum Dehnungsausgleich der Stromschienen werden einfache Parallelführungen der Stromschiene verwendet.

Die Deckenstromschiene und die dazugehörigen konstruktiven Ausführungen der Übergänge und Trennungen wurden durch die Benannte Stelle *Eisenbahn-Cert (EBC)* für 140 km/h Fahrgeschwindigkeit nach den Vorgaben der TSI Energie [6] für das interoperable europäische Eisenbahnnetz zertifiziert. Nach der Zulassung durch das



Bild 1: Einfahrt Wartungshalle Trier.

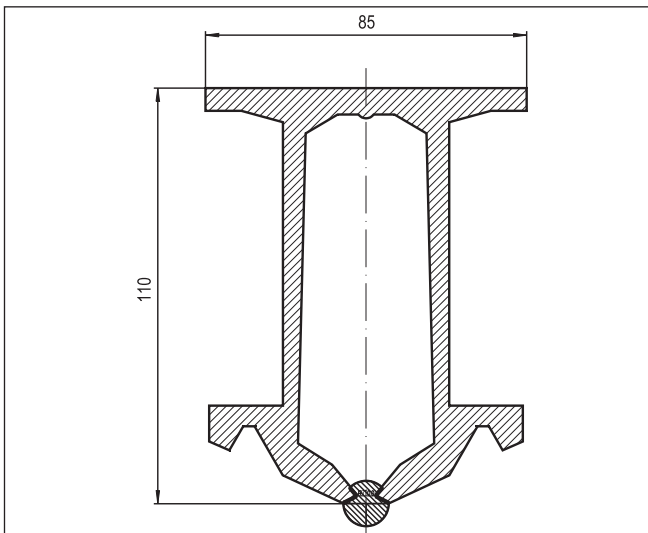


Bild 2: Querschnitt der Deckenstromschiene.

Eisenbahn-Bundesamt (EBA) im Oktober 2005 wurde im Rahmen der Ausrüstung der Wartungshalle Trier (Bild 1) auch das Freigabeverfahren für die Streckenstromschiene durch die Deutsche Bahn AG eingeleitet.

2 Stromschiengestaltung

Das stranggepresste Aluminiumprofil (Bild 2) stellt einen nach unten offenen Kasten dar, der so gestaltet ist, dass übliche Fahrdrähte nach DIN EN 50149 [7] eingeklemmt werden können. Die Fahrdrähte selbst sind nicht zugbelastet. Die Profile werden in 12 m Abschnitten hergestellt und mit innen liegenden Verbindungsglaschen verschraubt. Die Stützpunkte haben abhängig von der vorgesehenen Fahrgeschwindigkeit 8 m bis 12 m Abstand. Strecken mit Gleisradien größer 120 m können ohne Biegen der Stromschiene ausgerüstet werden.

Der große leitende Querschnitt der Deckenstromschiene sichert eine hohe Stromtragfähigkeit, die Verstärkungsleitungen und den Ersatz des Tragseilquerschnitts nicht erfordert. Die Bauweise gestattet den Ersatz abgenutzter Fahrdrähte in einem Arbeitsgang, ohne dass die gesamte Schiene abgebaut oder ersetzt werden muss.

3 Übergänge zu elastischen Kettenwerken

3.2 Konstruktive Gestaltung

Am Übergang von einer elastischen Kettenwerksüberleitung zur Deckenstromschiene stoßen zwei Systeme unterschiedlicher Elastizität aneinander. Die sprunghafte Änderung der Elastizität von den Werten der Oberleitung in üblicher Ausführung zur Stromschiene würde zu erheb-

lichen Störungen des Stromabnehmerlaufes mit Stoßwirkungen auf die Schleifleiste, zu Kontaktunterbrechungen und Lichtbögen, möglicherweise zu direkten Beschädigungen der Schleifleisten und in jedem Fall in der Folge zu hohem örtlichen Verschleiß der Fahrdrähte und auch der Schleifleisten führen.

Es ist deshalb ein Übergang zwischen den beiden Systemen mit stetig abnehmender Elastizität von den hohen Werten eines Kettenwerks zur unelastischen Stromschiene erforderlich. Hierfür sind zwei Varianten möglich: Entweder die Gestaltung der Deckenstromschiene mit einer zum Kettenwerk hin zunehmenden Elastizität oder ein im Übergang zur Stromschiene kontinuierlich steifer gestaltetes Kettenwerk. Die letztgenannte Lösung wurde verwirklicht.

Die Elastizität eines Kettenwerks ist proportional zur Spannweite. Ein stetiges Verringern der Spannweiten versteift also das Kettenwerk, weshalb die Spannweiten beginnend bei 80 m in jeweils 15-m-Schritten auf 65 m, 50 m, 35 m, 20 m und schließlich 15 m abnehmen (Bild 3). Die Elastizität verringert sich dabei von 1,2 mm/N auf 0,2 mm/N, also auf rund ein Sechstel. Mit dem letztgenannten Wert ergeben sich für 150 N Kontaktkraft 30 mm Anhub. Das Y-Beiseil entfällt ab dem zweiten Stützpunkt im 35-m-Feld. Das ankommende Kettenwerk wird noch parallel zur Deckenstromschiene geführt und nach rund 16 m an der Tunneldecke abgespannt. Die Stromschiene ragt in Richtung des Kettenwerks 1,5 m über den ersten Stromschienestützpunkt am Tunnelmund hinaus und wird am Ende um 70 mm hochgezogen, so dass der Stromabnehmer sanft auf die Stromschiene aufläuft. Um die Elastizitäten zwischen dem Kettenwerk und der Stromschiene weiter anzugleichen, wird das Kettenwerk durch ein aufgeklebtes Fahrdrachtstück beginnend im vorletzten Feld weiter versteift.

Zur elektrischen Verbindung zwischen dem Kettenwerk und der Deckenstromschiene werden beide mit Stromverbindern überbrückt. Falls eine schaltbare elektrische Trennung jedoch vorgesehen ist, kann die Verbindung über Schalter hergestellt werden.

Bei der Einfahrt in Wartungshallen wird mit höchstens 25 km/h gefahren, so dass der Übergangsbereich auf wenige Meter verkürzt werden kann. Das Kettenwerk kann vor der Halle abgespannt werden; in der Halle sind keine Vorkehrungen für das Abspannen eines Kettenwerks erforderlich.

Die vorgestellte Ausführung des Übergangs mit kontinuierlich steifer werdendem Kettenwerk

- ermöglicht es, den Übergang gleichzeitig als elektrische Trennung zu nutzen, was insbesondere vor Wartungshallen interessant sein kann,
- vermeidet eine mechanische Verbindung der Stromschiene und des Kettenwerks und trennt damit beide. Beide Systeme können unabhängig voneinander betrieben und in Stand gehalten werden. Auch der Fahrdrachtwechsel ist unabhängig möglich.
- vermeidet die Übertragung von Fahrdrachtbewegungen des Kettenwerks auf die Stromschiene,
- gestattet das Regulieren des Kettenwerks unabhängig von der Stromschiene und ohne besondere Vorkehrungen.

3.2 Simulation der Befahrung

Der Nachweis der Befahrbarkeit und die Einhaltung der hierfür nach den in den Regelwerken vorgegebenen Grenzen wurde durch Simulation der Kontaktkräfte mit dem Programm CATMOS [8] erbracht. Das Bild 3 zeigt das simulierte System eines 1200 m langen Kettenwerks der Bauart Re 160 [9] mit zunächst 80-m-Feldern, deren Längen wie im Bild gezeigt in 15-m-Schritten auf 65 m, 50 m, 35 m, 20 m und weiter ohne Y-Beiseil auf 15 m Spannweite bis zur Abspannung verringert werden. Im letzten Feld laufen das Kettenwerk 150 mm parallel zur Gleismitte und die Deckenstromschiene in 450 mm Abstand parallel zur Gleismitte nebeneinander.

Die Grundlage des Programmsystems CATMOS ist ein aus gespannten Saiten nachgebildetes Kettenwerk, in dem durch die Befahrung mit einem Stromabnehmer Querwellen ausgelöst werden. Diese Wellen breiten sich entlang der Saitenelemente aus. Eine Nachbildung der Stromschiene mit einem biegesteifen Balken ist mit diesem System nicht möglich. Daher wurde die Stromschiene durch ein sehr steifes Kettenwerk mit sehr hohen Längskräften, hohen Massen und 12 m Feldweite nachgebildet. Je Feld wurden zwei drucksteife Hänger mit großer Masse vorgesehen, die die Wellen reflektieren. Die Versteifung des Fahrdrabtes in den Endfeldern des Kettenwerks wurde mit einem weiteren, parallel zur Re 160 geführten Kettenwerk nachgebildet (Bild 3). Für die Simulation werden Fahrdrabt und Tragseil des Kettenwerks Re 160 bis zur Abspannung des Fahrdrabtes im Tunnel weitergeführt, die Tunnelstützpunkte haben 2,25 m Abstand. Im Bild 3 ist das einlaufende Kettenwerk rot dargestellt, das Kettenwerk zur Simulation der Versteifung grün und die Deckenstromschiene blau. Die Simulation betrifft den Abschnitt zwischen den Längskordinaten 1200 m und 1400 m.

Die Rechnungen wurden mit zwei Stromabnehmern DSA200 in 67,4 m Abstand auf Triebzügen der Baureihe 423 durchgeführt. Der Abstand der Stromabnehmer ent-

spricht dem Einsatz auf zwei gekuppelten, vierteiligen Triebzügen der genannten Baureihe. Die Fahrgeschwindigkeit wurde mit 140 km/h angesetzt.

Die Rechnungen wurden in einem Bereich der Oberleitung beginnend bei der Abszisse 1200 m bis zum Über-

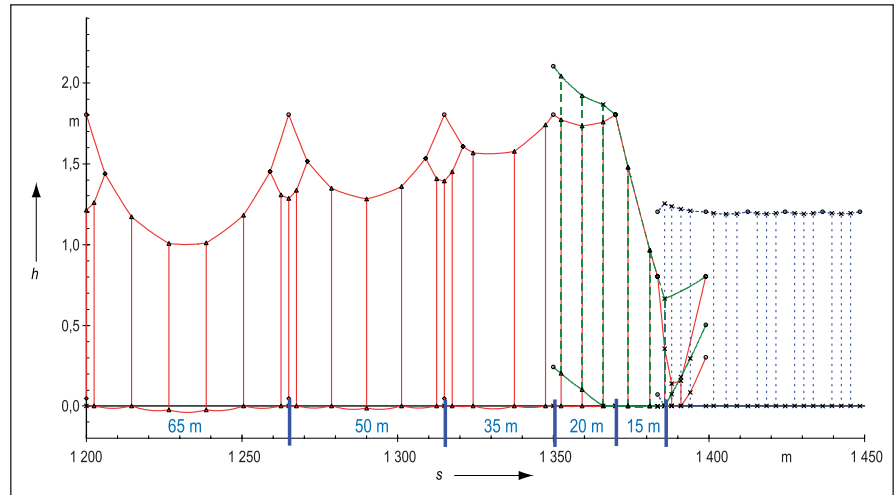


Bild 3: Simulationsmodell für den Übergang zwischen Kettenwerk und Stromschiene. rot: Kettenwerk Re 160, grün: Modell der Fahrdrabtversteifung, blau: Stromschiene

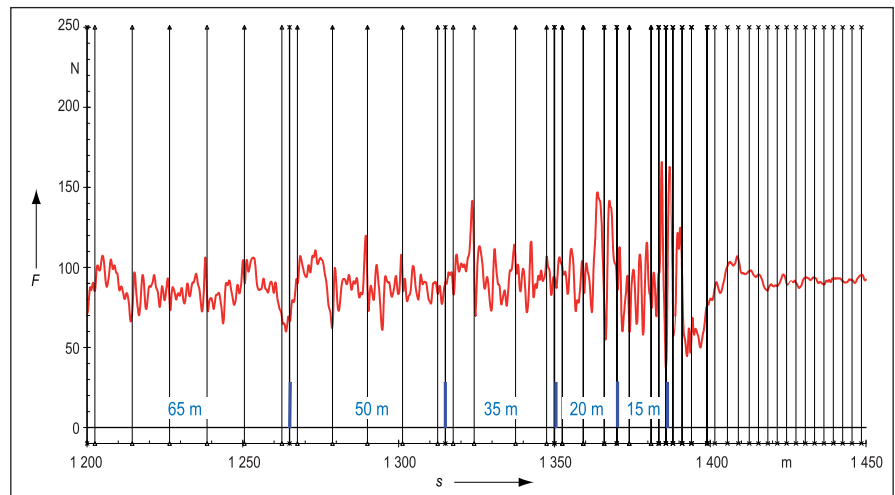


Bild 4: Kontaktkraftverlauf, vorauslaufender Stromabnehmer.

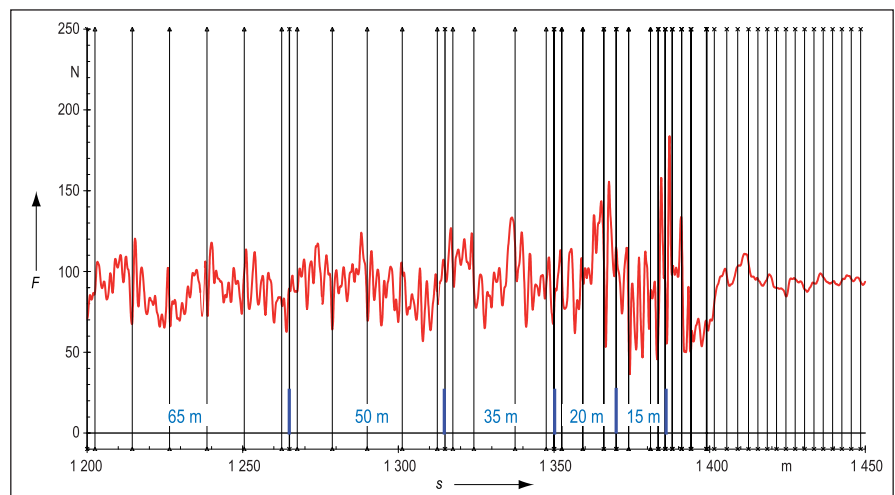


Bild 5: Kontaktkraftverlauf, nachlaufender Stromabnehmer.

Tabelle 1: Kontaktkraftsimulationswerte und -grenzwerte nach [10].
Oberleitung DB Re 160, Stromabnehmer DSA200, Abstand 67,4 m,
Fahrgeschwindigkeit 140 km/h

		Simulation		Grenzwert nach [10]	
		voraus- laufend	nachlaufend	voraus- laufend	nachlaufend
Stromabnehmer					
Kontaktkraftmittelwert	N	89,7	90,5	100,0	120,0
Standardabweichung	N	16,3	14,6	30,0	36,0
Kontaktkraftmaximum	N	168,8	186,3	225,0	250,0
Kontaktkraftminimum	N	36,9	34,0	30,0	30,0
Anhub am Stützpunkt	mm	70	70	120	120

gang auf die Deckenstromschiene bei Abszisse 1398 m ausgewertet. Die Ergebnisse sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Im 20-m-Feld zeigen sich deutliche höhere Amplituden der Kontaktkräfte, da dort der Fahrdrabt versteift ist. Im 15-m-Feld sind die Kontaktkraftamplituden geringer und steigen bei Übernahme auf die Stromschiene auf ihre Höchstwerte an.

In der Tabelle 1 sind die simulierten Kontaktkräfte und die jeweiligen Grenzwerte der Netzzugangsrichtlinie DS 810.0242 der DB AG [10] angegeben. Danach darf bis zu 160 km/h Geschwindigkeit der Kontaktkraftmittelwert am ersten Stromabnehmer 100 N und am zweiten Stromabnehmer 120 N nicht überschreiten. Gemäß der Vorgabe für die mittlere Kontaktkraft nach der TSI Energie und der Norm EN 50 367 [11] darf die mittlere Kontaktkraft bei 140 km/h an keinem der Stromabnehmer 95 N überschreiten. Die Tabelle 1 zeigt, dass die Mittelwerte der Kontaktkraft, deren Standardabweichung, Maxima und Minima sowie der Anhub an den Stützpunkten die Vorgaben einhalten. Auch die Kontaktkraftspitzen im Bereich der Fahrdrabtversteifung und im nachfolgenden Übergangsbereich zur Stromschiene liegen innerhalb der durch die Netzzugangsrichtlinie vorgegebenen Grenzen.

4 Ausgleich der Längsdehnungen

Durch Änderung der Umgebungstemperatur und durch die Stromwärme ändert sich die Länge der Deckenstromschiene; die konstruktive Gestaltung muss dies zulassen. Bei 10 K Temperaturdifferenz ändert sich ein 100 m langer Abschnitt um 24 mm. Bei Dritten Schienen von U-Bahnen werden Dehnungsstöße mit Luftspalt, der von den Schleifschuhen überbrückt werden kann, ausgeführt. Eine elektrische Verbindung der Schienenabschnitte sorgt für die Stromleitung. Diese Dehnungsstöße sind relativ aufwändig zu montieren und einzustellen. Bei Deckenstromschienen mit der Befahrung durch Stromabnehmer mit Schleifleisten ist eine solche konstruktive Gestaltung nicht möglich. Deshalb werden die Stromschienen zum Dehnungsausgleich in Abschnitte unterteilt und die aneinander stoßenden Abschnitte an den Enden überlappt.

Die für die in Deutschland herrschenden Bedingungen vorgesehenen Abschnitte sind 500 m lang und besitzen in

der Mitte einen Festpunkt, von dem aus sich die Stromschiene in beiden Richtungen dehnen kann. Bei 70 K Temperaturdifferenz dehnt sich die Schiene in einer Richtung um 420 mm. Bei der Grundeinstellung entsprechend einer Mitteltemperatur bewegen sich die Endstücke dann jeweils um 210 mm nach beiden Seiten.

Die einzelnen Abschnitte überlappen sich auf rund 4 m, wobei die Enden der Stromschiene um rund 70 mm hochgebogen sind, um keine

Stöße auf die Stromabnehmer auszuüben. Die beiden Stromschienen werden in rund 300 mm Abstand parallel geführt. Stromverbinder sorgen für die elektrische Verbindung der Stromschienen. Sie sind so ausgelegt, dass sie die gleiche Stromtragfähigkeit wie die Stromschiene aufweisen.

Die Parallelführung der Deckenstromschiene als Dehnungsausgleich

- gestattet den Stromabnehmerübergang von einem Abschnitt zum nächsten ohne Störungen,
- ist einfach aufgebaut und benötigt keine zusätzlichen Bauteile.

5 Gestaltung elektrischer Trennungen

In Oberleitungsanlagen müssen auch die Deckenstromschienen in elektrische Abschnitte unterteilt werden können. Hierfür wird die im Abschnitt 4 beschriebene Parallelführung zum Dehnungsausgleich verwendet. Die Parallelführung erstreckt sich nur auf wenige Meter und kann daher auch dort verwendet werden, wo im Oberleitungskettenwerk Streckentrenner eingesetzt werden. Dies ist auch im Weichenbereich und bei Kreuzungen möglich.

Im Unterschied zu dem Dehnungsausgleich sind bei elektrischen Trennungen keine festen Stromverbinder vorhanden. Falls die beiden Abschnitte im Einzelfall geschaltet werden müssen, wird wie beim Kettenwerk die elektrische Verbindung über einen Schalter ausgeführt. In Weichenverbindungen werden üblicherweise Streckentrenner eingebaut, die jedoch nicht überbrückt werden, um die Kettenwerke in beiden Hauptgleisen nicht zu verbinden. Bei der Ausführung mit Stromschienen werden die Stöße dort elektrisch nicht verbunden.

6 Anwendungen

Die beschriebene Ausführung der Deckenstromschiene wurde für die Wartungshalle für Schienenfahrzeuge der DB in Trier eingesetzt (Bild 1). Die Deckenstromschienen werden derzeit in der Außenreinigungsanlage und der

Graffitihalle in der Wartungsanlage Plochingen montiert. Die Ausrüstung der Wartungsanlagen in Dortmund-Spächenfelde und der Außenreinigungsanlage Köln wird derzeit geplant.

Literatur

- [1] *Lörtscher, M. u.a.*: Stromschienenoberleitungen. In: Elektrische Bahnen 92 (1994), H. 9, S. 249 – 259.
- [2] *Syre, P.*: Zulassung einer Stromschienenoberleitung durch das Eisenbahn-Bundesamt. In: Elektrische Bahnen 94 (1996), H. 11, S. 325 – 327.
- [3] *Matthes, U.*: Stromschienenoberleitung in der Fahrzeuginstandhaltungsanlage Erfurt. In: Elektrische Bahnen 98 (2000), H. 1-2, S. 58 – 62.
- [4] *Cox, G. St.; u.a.*: Deckenstromschienen für Dreh- und Klappbrücken. In: Elektrische Bahnen 99 (2001), H. 1-2, S. 90 – 93.
- [5] *Furrer, B.*: Deckenstromschiene im Berliner Nord-Süd-Fernbahntunnel. In: Elektrische Bahnen 101 (2003), H. 4-5, S. 191 – 194.
- [6] 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.
- [7] DIN EN 50149:2001-10: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrischer Zugbetrieb – Rillenfahrdrähte aus Kupfer und Kupferknetlegierungen.
- [8] *Resch, U.*: Simulation des dynamischen Verhaltens von Oberleitungen und Stromabnehmern bei hohen Geschwindigkeiten. In: Elektrische Bahnen 89 (1991), H. 11, S. 445 – 446.
- [9] *N.M.*: Die Regelfahrleitung der Deutschen Bundesbahn. In: Elektrische Bahnen 77 (1979), H. 6, S. 175 – 180, H. 7, S. 207 – 208.
- [10] Richtlinie 810.0242: Technischer Nutzzugang für Fahrzeuge; Kompatibilität mit den Anforderungen des Netzes; Zusammenwirken Stromabnehmer – Oberleitung, DB Netz 1.3.2003
- [11] prEN 50367:2005: Bahnanwendungen – Stromabnahmesysteme – Technische Kriterien für das Zusammenwirken zwischen Stromabnehmern und Oberleitung zum Erreichen der Interoperabilität.



Dipl.-Ing. (FH) *Heinz Tessun* (57), Studium an der Fachhochschule für Technik in Flensburg bis 1973, Leiter Konstruktion und Entwicklung bei ABB Henschel Bahnstromanlagen bis 1996, danach technischer Leiter bei Adtranz Bahnfahrwegsysteme, später Balfour Beatty Rail Power Systems, ab 1999 Produkt- und Prozessmanager für Fahrleitungen, ab 2001 Leiter Engineering Fahrleitungen. Seit 1986 Mitglied in nationalen Normungsgremien der DKE, UK 351.2 und AK 351.2.2 und seit 1991 in europäischen Arbeitskreisen für Oberleitungsnormung WGC1 und WGC13 von CLC SC9XC. Adresse: Balfour Beatty Rail GmbH Power Systems, Garmischer Straße 35, D-81373 München, Fon: +49 (0)89 4 19 99-366, Fax: -459, E-Mail: heinz.tessun@bbrail.com, Internet www.bbrail.de.

Balfour Beatty Rail GmbH
Power Systems
Garmischer Str. 35
81373 München
Tel. +49 (0) 89 4 19 99-0
Fax +49 (0) 89 4 19 99-270
info.bbrps.de@bbrail.com
www.bbrail.de