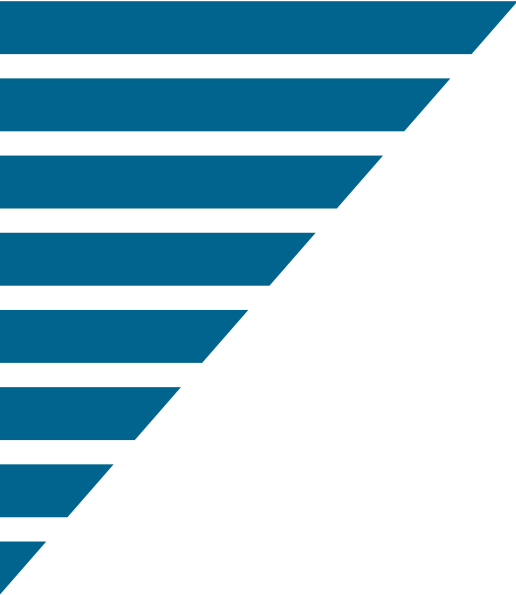


AUSWIRKUNGEN HOHER KURZSCHLUSS- STRÖME AUF DIE MECHANISCHE FAHR- LEITUNGSKONSTRUKTION

Deutsch



eb – Elektrische Bahnen, Ausgabe 04/2023
Autor: Dipl.-Ing. Christian Goubeau

Auswirkungen hoher Kurzschlussströme auf die mechanische Fahrleitungs konstruktion

Christian Goubeau, München

Die Verdichtung und Ausweitung des elektrischen Bahnbetriebs und der damit verbundene Ausbau der Strecken auf engerem Raum erfordern von allen Anlagenteilen eine wirtschaftliche Auslegung auf die während des Einsatzes auftretenden Lasten, unter anderem auch die Stützpunkte der Fahrleitungsanlagen. Der Berücksichtigung der mechanischen Auswirkungen von Kurzschlussströmen kommt dabei besondere Bedeutung zu.

Effects of high short-circuit currents on mechanical catenary design

The concentration and expansion of electric railway operations and the associated expansion of routes in a smaller space require an economical design of all parts of the system for the loads that occur during use, including the support points of the catenary systems. The consideration of the mechanical effects of short-circuit currents is of particular importance.

Effets des courants de court-circuit élevés sur la conception mécanique des caténaires

La concentration et l'expansion de l'exploitation du chemin de fer électrique et l'extension associée des itinéraires dans un espace plus petit nécessitent une conception économique de toutes les parties du système pour les charges qui apparaissent pendant l'utilisation, y compris les points d'appui des systèmes caténaires. La prise en compte des effets mécaniques des courants de court-circuit revêt une importance particulière.

1 Einführung

Es ist das erklärte Ziel in verschiedenen Ländern und Regionen, nicht zuletzt aufgrund des mehr und mehr zu beobachtenden Klimawandels, einen deutlich größeren Teil des Verkehrs per Bahn abzuwickeln und den hierbei durch elektrische Zugförderung erbrachten Anteil massiv zu erhöhen. Der Ausbau der elektrischen Zugförderung auf bereits stark frequentierten Strecken und/oder in Ballungsräumen stellt zusätzliche Anforderungen bereit. Demgegenüber stehen teilweise pauschalisierte Anforderungen, die den im realen Betrieb entstehenden Situationen nicht entsprechen und zu einer Überdimensionierung der Anlagen führen. Die technische Ausführung der Fahrleitungsstützpunkte ist historisch gewachsen, berücksichtigen aber die sich über die Zeit verändernden Randbedingungen nicht mehr in vollen Umfang. Beispielsweise stammt eine große Anzahl der Grundlagen hierfür aus Zeiten, in denen noch keine parallellaufenden Rückleiter entlang der Fahrleitungsanlage installiert worden sind und die Fahrschienen als einziger Rückleiter genutzt wurden. Je näher die Rückleitung an der Fahrleitung liegt und je höher ein möglicher Kurzschlussstrom in der Anlage ist, desto größer sind die resultierenden mechani-

schen Kräfte, die auf die Anlage neben den thermischen Effekten des Kurzschlusses wirken.

2 Aufbau von Fahrleitungsanlagen

2.1 Fahrleitungsanlage ohne Rückleiterseile

Der Aufbau von Fahrleitungsanlagen entspricht nahezu weltweit dem klassischen Schema, dass eine Phase des elektrischen Stromkreises die beiden Fahrschienen sind und die andere Phase eine oberhalb geführte Fahrleitung oder seitlich geführte Stromschiene. Da die Schienen insbesondere bei Wechselstrombahnen erdfühlig sind, werden die Schienen als Leiter nicht als Phase bezeichnet, sondern nur die Fahrleitung. Daher rührt der Begriff *Einphasenwechselstrombahn*. Bei der Ausführung ohne Rückleiterseil sind die Fahrleitungsstützpunkte, also die Tragwerke der Fahrleitung, mit den Fahrschienen elektrisch verbunden (Bild 1).

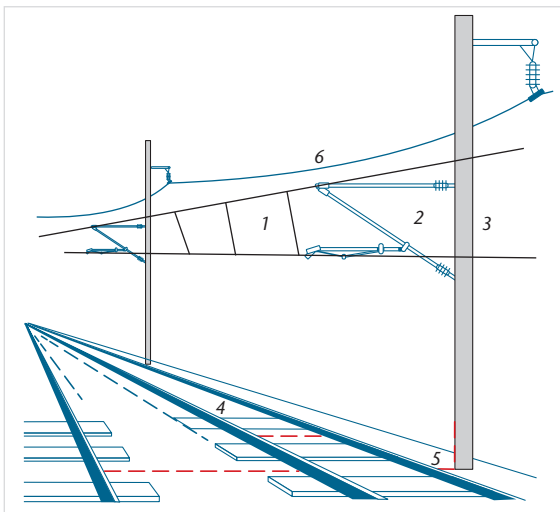


Bild 1:
Prinzipieller Aufbau einer Fahrleitungsanlage ohne Rückleiterseil.
1 – Kettenwerk; 2 – Ausleger; 3 – Fahrleitungsmast;
4 – Gleis; 5 – Masterdungsleiter; 6 – Verstärkungsleiter

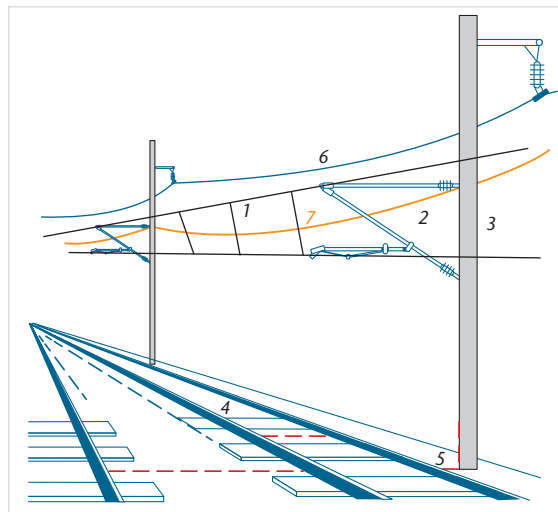


Bild 2:
Prinzipieller Aufbau einer Fahrleitungsanlage mit Rückleiterseil.
Legende siehe Bild 1; 7 – Rückleiterseil

2.2 Fahrleitungsanlage mit Rückleitung

Bei der Deutschen Bahn und ihren Vorgängern wird seit Beginn der 1990er Jahre, wie bei anderen Netzbetreibern, entlang der Fahrleitungsanlagen ein parallellaufender Rückleiter an der Mastrückseite in Höhe des Trageisels der Kettenwerke installiert (Bild 2). Dieser verbindet die Fahrleitungsmasten entlang der Strecke untereinander und die Masten sind über die Mastenden geerdet. Da die Fahrschienen, deren Oberbau an sich isolierend ausgeführt sein kann, mit den Fahrleitungsmasten verbunden sind, sind die Fahrschienen sowohl geerdet als auch elektrisch mit dem Rückleiterseil parallel geschaltet. Sowohl Fahrschienen als auch das oder die parallelen Rückleiterseile bilden das Rückleitungssystem.

Durch die räumliche Nähe des Rückleiterseils und der Leiter der Fahrleitung, hier insbesondere Fahrdrabt und Trageisil des Kettenwerks, wird durch die geometrische Anordnung der Leiter und das daraus resultierende elektromagnetische Feld ein Anteil des Rückstroms in das Rückleiterseil gezogen. Damit fließt ein geringerer Rückstromanteil im Gleis und folglich auch im Erdreich. Das elektromagnetische Feld wird im Umfeld von Fahrleitung und Gleis räumlich verengt. Dadurch verringern sich auch elektromagnetische Einflüsse im Trassenumfeld, beispielsweise für sensible Geräte in Forschungs- und medizinischen Einrichtungen. Des Weiteren verringert sich die Streckenimpedanz.

Der Abstand dieses Rückleiterseils an der Mastrückseite beträgt bei einer Mastvorderkante von 3,80 m etwas mehr als 4 m, somit ist dieser Abstand um 20 % geringer als der Abstand des Fahrdrabts von den Fahrschienen bei einer Fahrdrabhöhe von 5 m.

2.3 Relevante Abstände zwischen parallelen Leitern in Fahrleitungen

Die für die dynamischen Effekte im Kurzschlussfall verantwortlichen Kräfte entstehen durch die Magnetfelder von parallelen von Strom durchflossenen Leitern. Fließen die Ströme in gleiche Richtung, zie-

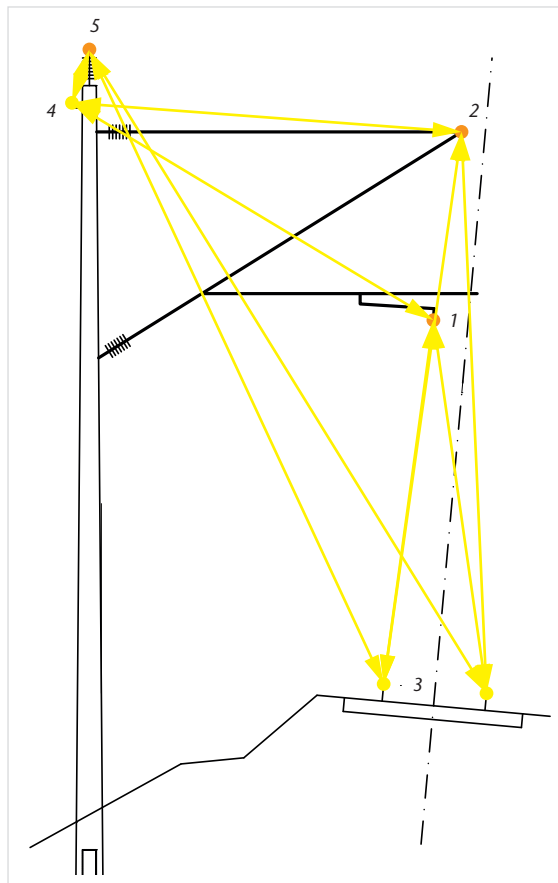


Bild 3:
Leiteranordnung an einem Stützpunkt mit Fahrleitungsmast und relevante Abstände zwischen Hin- und Rückleitern.
1 – Fahrdrabt;
2 – Trageisil;
3 – Fahrschienen;
4 – Rückleiterseil;
5 – Verstärkungsleiter

des Tragseils angeordnet werden; alternativ auch mittig oberhalb zwischen beiden Gleisen oder wie im gezeigten Bild auf der Streckenaußenseite (Bild 5).

In dieser Anordnung verläuft das Rückleiterseil parallel zu einer Verstärkungsleitung im Abstand von etwa 785 mm.

4 Kurzschlussströme

4.1 Allgemeines

Im Rahmen dieser Betrachtung werden Bahnenergiesysteme mit AC 15 kV 16,7 Hz betrachtet, da für diese Anwendung die höchsten Kurzschlussströme zulässig sind und erwartet werden und dadurch die größten Auswirkungen auf die Fahrleitungsanlage resultieren. Es werden im Folgenden die dynamischen Auswirkungen eines Kurzschlusses beleuchtet, da diese Effekte vom Ort des Kurzschlusses unabhängig sind und über den gesamten Bereich auftreten, in dem die betroffenen parallelen Leiter installiert sind. Die thermischen Effekte sind speziell vom Ort des Kurzschlusses und der direkt betroffenen Bauteile abhängig.

4.2 Bahnenergieversorgung

Die Bahnenergieversorgung für Neu- und Umbauten für Anlagen innerhalb der Europäischen Union ist gemäß der aktuellen Anforderungen der TSI Energie [1] auszulegen. Diese fordert im Abschnitt 4.2.7 „Koordination des elektrischen Schutzes“, dass die Anlagen gemäß den Anforderungen der EN 50388 [2] Abschnitt 11 entsprechen müssen (Tabelle 1).

Für die weitere Betrachtung wird diese Tabelle modifiziert mit den Ableitungen aus den referenzierten Normen EN 50123-1 [3] und EN 50152 [4], die die Scheitelwerte der Kurzschlussströme darstellt sowie die den Effektiv- oder Dauerkurzschlussstrom und dessen Dauer. Die Werte in Klammern wurden abgeleitet aus den Angaben der EN 50388 [2] Tabelle 6 auf Basis der Verhältnisse Scheitelwert zu Effektivwert für AC mit 2,5 und DC mit 1,42. (Tabelle 2)

Die Anforderung der EN 50388 [2] besagt, dass für die höchsten auftretenden Fehlerströme eine unmittelbare Auslösung der Schutzeinrichtung anzunehmen ist, das heißt die höchsten hier genannten Werte nicht überschritten werden dürfen. Dies wird in Einrichtungen der Bahnenergieversorgung, den Unterwerken und Schaltposten, durch technische Maßnahmen sichergestellt, zum Beispiel durch Drosselspulen. Dadurch ist sichergestellt, dass an den Ausgangssammelschienen der Unterwerke und Schaltposten höchstens die maximalen Werte anliegen.

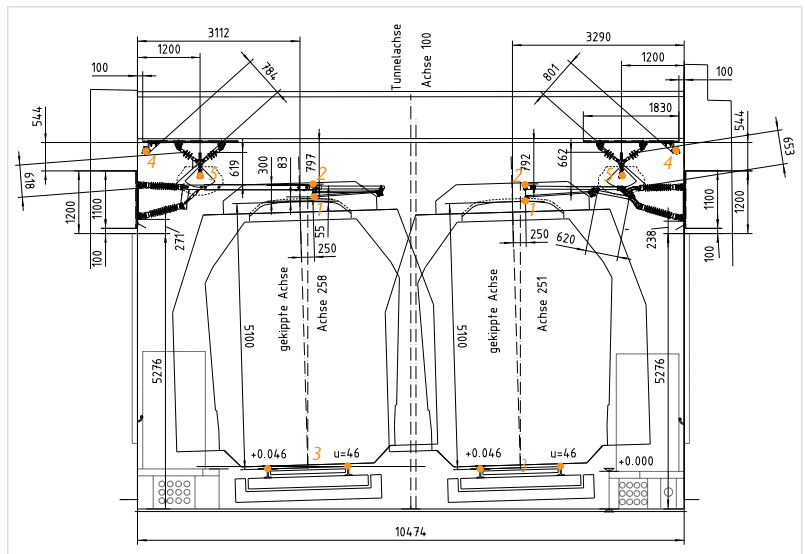


Bild 5: Leiteranordnung in einem Rechtecktunnel. 1 – Fahrdraht; 2 – Tragseil; 3 – Fahrschienen; 4 – Rückleiterseil; 5 – Verstärkungsleitung

Tabelle 1

Höchster Kurzschlussstrom zwischen Fahrleitung und Schiene (EN 50388:2012 – Abschnitt 11 – Tabelle 6 (Auszug)).

Bahnenergie-versorgungssystem	höchster auftretender Fehlerstrom	
	kA	
AC 25 000V 50Hz	15	
AC 15 000V 16,7Hz	40	
DC 3 000V	50	
DC 1 500V	100	
DC 750V	125	

Tabelle 2

Kurzschlussströme – Scheitelwerte und Dauer-/Effektivwert.

Bahnenergie-versorgungssystem	Scheitelwert	Dauer-/Effektivwert	Dauer
	kA	kA	ms
AC 25 000V 50Hz	(37,5)	15	300
AC 15 000V 16,7Hz	(100)	40	300
DC 3 000V	50	(35)	100
DC 1 500V	100	(70)	100
DC 750V	125	(88)	100

4.3 Kurzschlussstrom an der Fahrleitung

Der maximale Kurzschlussstrom, der an die Fahrleitung abgegeben wird, liegt bereits deutlich unter dem maximalen Wert, der an der Sammelschiene des Unterwerks auftritt. Dies liegt an den Impedanzen der verwendeten Speisekabel, die zwischen Sammelschiene und Fahrleitung durchlaufen werden. Im weiteren Verlauf der Fahrleitung fällt der maximale Stromwert weiter ab.

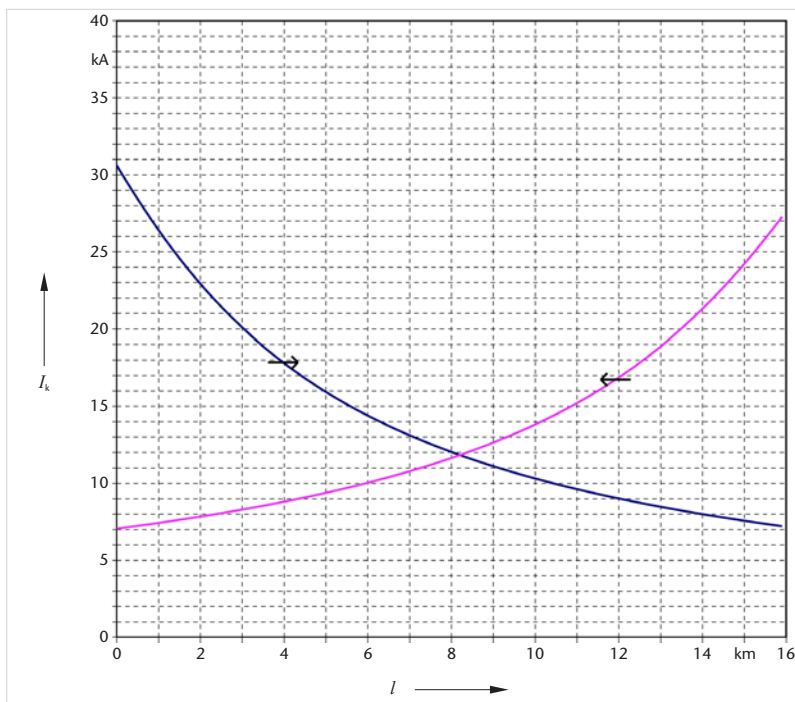


Bild 6: Beispielhaftes Kurzschlussstromdiagramm.

Bild 6 zeigt den Verlauf des Kurzschlussstroms am Beispiel eines Streckenabschnitts, der beidseitig von links durch einen Schaltposten und von rechts durch ein Unterwerk, gespeist wird. Die Einspeisepunkte sind in diesem Fall etwa 16 km voneinander entfernt. Erkennbar ist, dass der höchste mögliche Kurzschlussstrom in diesem Fall vom Schaltposten ausgeht und bei etwa 31 kA liegt, somit bereits deutlich unterhalb der möglichen 40 kA an der Sammelschiene. Zusätzlich ist erkennbar, dass der Kurzschlussstrom über die ersten Kilometer nach dem Einspeisepunkt stark abfällt und die Kurve mit größerer Entfernung vom Einspeisepunkt flacher wird. Für die Betrachtung der Auswirkungen eines Kurzschlusses ist nur der Kurzschlussstrom relevant, der von einer Seite kommt, da sich die Effekte entgegengerichteter Stromrichtungen aufheben. Es ist deswegen in diesem Fall der beidseitigen Speisung keine Addition der beiden Kurven zu einem maximalen Gesamtkurzschlussstrom erforderlich.

4.4 Berechnung der Kräfte im Kurzschlussfall

Die dynamischen Auswirkungen eines Kurzschlusses resultieren in Kräften zwischen den betroffenen parallel verlaufenden Leitern. Im Fall von Fahrleitungsanlagen sind das die bereits erwähnten Fahrdrähte, Trageile und Verstärkungsleitungen mit üblicherweise positiver Polarität und die Rückleiter und Fahr-schienen mit negativer Polarität. Die Berechnung

dieser Kräfte erfolgt anhand der Norm EN 60865-1 [5], für eine erste Annäherung an elementare Zusammenhänge in dieser Abhandlung wird die Formel für starre, parallele von Strom durchflossene Leiter angewendet:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i_p^2}{a} \tag{1}$$

Es bedeuten

- F' Streckenkraft, die zwischen den Leitern wirkt
- μ_0 absolute Permeabilität ($1,256637 \times 10^{-7}$)
- i_p Scheitelwert des Kurzschlussstroms, entspricht für AC $2,5 \times i_k''$, für DC $1,42 \times i_k''$
- i_k'' Anfangskurzschlusswechselstrom
- a Abstand der parallelen Leiter

Diese Formel liefert eine Streckenkraft, mit der die parallelen Leiter auseinandergedrückt werden. Vergrößert sich der Abstand der Leiter, wird diese Streckenkraft kleiner. Da der Strom in diese Gleichung quadratisch und in Form des Scheitelwertes eingeht, hat eine Veränderung des anzusetzenden Kurzschlussstromes sehr große Auswirkungen auf die resultierende Streckenkraft.

Für eine zunächst vereinfachte Annäherung an die entstehenden Kräfte der Stützpunkte der betroffenen parallelen Leiter wird diese Streckenkraft aufgelöst in eine am Stützpunkt wirkende Kraft mit der folgenden Formel:

$$F = F' \cdot L \tag{2}$$

Es bedeuten

- F Kraft, die am Stützpunkt wirkt
- F' Streckenkraft, die zwischen den Leitern wirkt
- L Abstand der Stützpunkte

Diese beiden Formeln sind anwendbar für biegesteife Leiter. Derartige Leiter sind in Fahrleitungssystemen nur bei Oberleitungsstromschienensystemen vorhanden, die mit einem starren Aluminiumprofil aufgebaut sind und der parallellaufende Rückleiter aufgrund der kurzen Stützpunktabstände und festen Abspannung auch als biegesteif betrachtet werden kann. Für klassische Fahrleitungssysteme stellt die Norm EN 60865 [5] auch Berechnungsverfahren bereit, die wesentlich umfangreicher sind und diese daher hier nicht näher beschrieben werden. Die hierauf beruhenden Berechnungen sind mit einer Software, die diese Formeln beinhaltet und die Berechnungen entsprechend dieser Norm ausführt, durchgeführt worden.

5 Kräfte an Fahrleitungsstützpunkten

5.1 Grundlagen

Anhand der zuvor beschriebenen Zusammenhänge und Berechnungsverfahren werden für eine Auswahl repräsentativer Fahrleitungsstützpunkte die auftretenden Belastungen im Kurzschlussfall analysiert. Während der Recherche ist festgestellt worden, dass in vielen Berechnungen für den statischen Nachweis der Fahrleitungsstützpunkte der Lastfall Kurzschluss keine Berücksichtigung gefunden hat. Entsprechend der üblichen Verfahren ist dieser als ein Ausnahmefall ohne weitere Sicherheitsbeiwerte zu berücksichtigen. Für alle Beispiele ist ein Anfangskurzschlusswechselstrom $i_k'' = 40 \text{ kA}$ und ein Scheitelwert $i_p = 100 \text{ kA}$ zu Grunde gelegt worden, variabel zwischen den einzelnen Beispielen sind die Abstände der Leiter und der Stützpunkte sowie ergänzend zur Einstufung die unterschiedlichen Berechnungsergebnisse für klassische Kettenwerksstützpunkte mit der vereinfachten Formel und die mittels Berechnungssoftware errechneten Werte.

5.2 Stützpunktbeispiele Oberleitungsstromschienensystem

5.2.1 Allgemeines

Für die beiden betrachteten Beispiele des RPS-Oberleitungsstromschienensystems *TracFeed® OSS* ist im statischen Nachweis der Lastfall Kurzschluss bereits enthalten. Die Stützpunkttypen unterscheiden sich hinsichtlich der Anordnung des Rückleiters.

5.2.2 Auslegerstützpunkt

Der geometrisch kleinstmögliche Abstand zwischen dem fahrdrahttragenden Aluminiumprofil und dem Rückleiter unter Berücksichtigung der Ausprägung der Stromabnehmer liegt bei etwa 1,1 m, die maximalen Stützpunktabstände liegen bei 12 m. Hiermit ergeben sich nach Formeln (1) und (2) als Kraft am Stützpunkt ein Wert von 10,9 kN. Die Bauteile des Stützpunktes (Bild 7) müssen diesen Kräften standhalten.

5.2.3 Hängestützpunkt

Der Stützpunkttyp erlaubt eine sehr nahe Führung des Rückleiters am Aluminiumprofil in einem Abstand von 0,50 m. Bei einem Stützpunktabstand in diesem Fall von nur 10 m ergibt sich nach Formeln (1) und (2) als Kraft am Stützpunkt ein Wert von

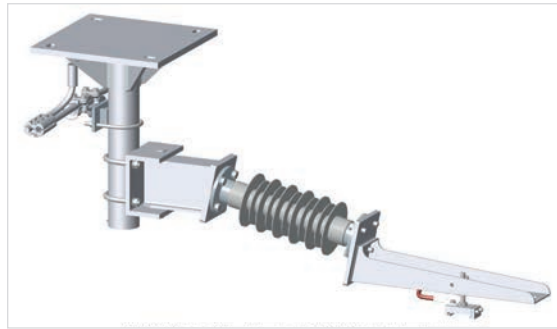


Bild 7: Auslegerstützpunkt für Oberleitungsstromschienen.

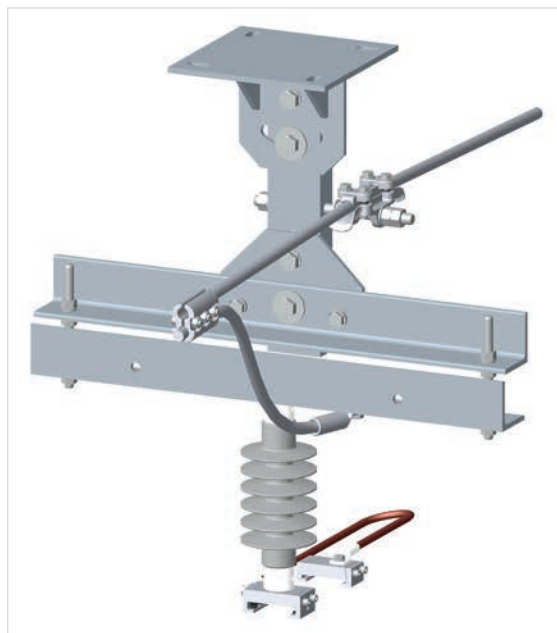


Bild 8: Hängestützpunkt für Oberleitungsstromschienen.

20 kN, die konstruktiv für den Stützpunkt zu berücksichtigen sind (Bild 8).

5.3 Stützpunkte im Kettenwerk

Für die Auslegerstützpunkte und deren Sonderbauformen für Anwendung in Tunneln der klassischen Fahrleitung bestehend aus Tragseil und Fahrdraht sind die Kräfte für unterschiedliche Anordnungen des Rückleiterseils berechnet worden, und zwar zum einen für den Fall der Befestigung an der Mastrückseite beziehungsweise eines an der Bauwerkswand verlaufenden Rückleiterseils und im zweiten Fall für einen oberhalb des Tragseils geführten Rückleiterseils.



Bild 9:
Ausleger für die Oberleitungsbauart *TracFeed® ALU200*.

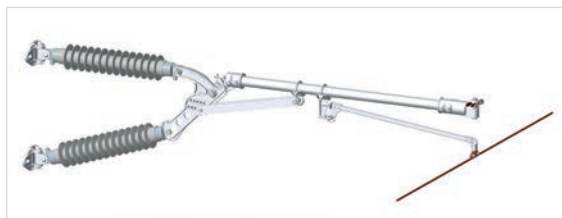


Bild 10:
Stützpunkt zur Anwendung unter oder in Bauwerken.

5.3.1 Auslegerstützpunkt für Kettenwerke

Diese sehr weit verbreitete Bauart eines Auslegerstützpunkts, die auf freien Strecken und in kreisförmigen Tunnelquerschnitten verwendet wird, ist für diese zwei Anwendungsfälle betrachtet worden. Auf der freien Strecke mit parallelem Rückleiterseil an der Mastrückseite ergibt sich ein Abstand des Rückleiters zum Tragseil von ungefähr 4 m. Die mittleren Stützpunktabstände liegen bei 50 m. Hieraus ergibt sich anhand der Berechnungen nach Norm EN 60865 [5] eine Kraft zwischen Rückleiterseil und Tragseil von 8,9 kN. Bei Aufteilung dieser Kraft in einer ersten Näherung entsprechend des Verhältnisses der üblichen Querschnitte des Tragseils von 50 mm² und des Fahrdrachts von 100 mm² ergeben sich etwa 2,9 kN zwischen Rückleiterseil und Tragseil und rund 6 kN zwischen Rückleiterseil und Fahrdraht. Diese Kräfte liegen in der Größenordnung der üblichen zu erwartenden Betriebskräfte, die durch die Ausleger aufzunehmen sind (Bild 9).

Für den Anwendungsfall im Kreistunnel mit oberhalb des Tragseils geführtem Rückleiterseil in einem Abstand von 1 m und einem reduzierten Stützpunkt-abstand von 40 m ergibt sich eine Kraft von 17 kN zwischen dem Rückleiterseil und dem Tragseil, die von oben auf die Tragseilklemme und den Auslegerstützpunkt einwirkt. Die Aufteilung der Kräfte entsprechend der Querschnitte von Tragseil und Fahr-

draht liefert in diesem Fall eine Kraft von etwa 5,6 kN zwischen Rückleiterseil und Tragseil und von etwa 11,4 kN zwischen Rückleiterseil und Fahrdraht. Mit diesen Kräften ist eine Berechnung der Statik des Auslegerstützpunkts durchgeführt worden, deren Ergebnis bereits bei einer Kraft von 7,5 kN von oben auf die Tragseilklemme zu einer mehrfachen Überlastung des Spitzenrohres mit einem Durchmesser von 42 mm führt, auch bei Anwendung eines zusätzlichen Diagonalrohres im Ausleger. Ein Spitzenrohr mit einem Durchmesser von 55 mm wird bei einer Kraft von 10 kN ebenfalls überlastet. Das Ergebnis dieser Berechnung zeigt, dass diese Auslegerstützpunkte im Kreistunnel nicht für die normativen Anforderungen an Kurzschlussströme von 40 kA ausgelegt und daher ungeeignet sind und ein Versagen des Stützpunktes zu erwarten ist (Tabelle 3).

5.3.2 Stützpunkt unter Bauwerk

Diese Stützpunktbauart wird in Tunnelquerschnitten verwendet, in denen der vorher betrachtete Auslegerstützpunkt nicht angewendet werden kann (Bild 10). Die Systemhöhe der Fahrleitung ist bei diesem Stützpunkt auf 0,30 m reduziert. Für diesen Stützpunkttyp sind aus Gründen der Vergleichbarkeit die gleichen Rechenansätze wie für den Auslegerstützpunkt angesetzt worden, so dass sich hier die zuvor errechneten Kräfte ergeben. Für den Anwendungsfall mit oberhalb des Tragseils geführtem Rückleiterseil liefert die Berechnung der Statik für das Spitzenrohr mit einem Durchmesser von 55 mm als auch mit 70 mm eine mehrfache Überlastung (Tabelle 4).

Tabelle 3

Auslegerstützpunkt – Auslastung.

Spitzenrohr-durchmesser	Kraft	Auslastung	Diagonalrohr
mm	kN	%	mm
42	7,5	196	26
42	7,5	206	ohne
55	10	91	26
55	10	101	ohne

Tabelle 4

Stützpunkt unter Bauwerk – Auslastung.

Spitzenrohr-durchmesser	Kraft	Auslastung
mm	kN	%
55	10	290
70	10	155

6 Bewertung der Ergebnisse

6.1 Stützpunkte OSS-System

Beim OSS-System sind die aufgrund der Biegesteifigkeit im Kurzschlussfall hohen auftretenden Kräfte sind bei der Entwicklung der Stützpunkte berücksichtigt worden. Dementsprechend sind die Elemente der Stützpunkte hinsichtlich ihrer Festigkeit für einen solchen Lastfalls ausgelegt worden, und es wurden für eine auf diesen Stützpunkten basierende Planung Angaben formuliert, in welchen Grenzen die Anordnung des Rückleiters zum Aluminiumprofil des OSS-Systems möglich ist. Zusätzlich ist in einem Versuch für den Hängestützpunkt die Festigkeit für einen überhöhten Wert mit einem Anfangskurzschlusswechselstrom von 45 kA und einem Scheitelerwert von 112,5 kA nachgewiesen worden.

6.2 Stützpunkte Kettenwerksfahrleitung

Diese pauschale Betrachtung dieser Stützpunkte für einen Anfangskurzschlusswechselstrom vom 40 kA schränkt die Verwendbarkeit ein und erfordert in den jeweiligen Anwendungsfällen darauf abgestimmte Maßnahmen. Bisherige Betrachtungen sind auf den jeweiligen Anwendungsfall und den konkret zu erwartenden Kurzschlussstrom ausgelegt worden.

Dem entgegen stehen langjährige Betriebserfahrungen mit diesen Stützpunktbauarten sowohl auf der freien Strecke als auch im Tunnel. Bestandteil dieser Betriebserfahrungen sind auch Kurzschlüsse, die nur in seltenen Fällen zu einem Versagen der Stützpunkte geführt haben. Dies ist darin begründet, dass die pauschale Anforderung einen Anfangskurzschlusswechselstrom von 40 kA wie in Bild 6 in der Realität an der Fahrleitung nur in wenigen Fällen zu erwarten ist, in nahezu allen Anwendungsfällen liegt der Kurzschlussstrom deutlich darunter.

7 Handlungsempfehlungen

Für die Auslegung der Fahrleitungsanlagen und auch deren grundlegenden Anforderungen ergeben sich als Ergebnis der hier durchgeführten Betrachtungen verschiedene Möglichkeiten.

Häufig beziehen sich die Spezifikationen der Fahrleitungssysteme in Bezug auf die Kurzschlussfestigkeit ebenfalls auf die durch die TSI ENE [1] und referenzierte Normen genannten Höchstwerte, auch wenn diese an der Fahrleitung nicht anliegen und schnell mit der Entfernung vom Einspeisepunkt abfallen.

Unter Beibehaltung dieser Anforderungen ergeben sich für nahezu 100% der Anlagen eine Überdimensionierung der Stützpunkte und deren Befestigungen,

die die Errichtung derartiger Anlagen verteuern. Die konkrete Umsetzung in den jeweiligen Projekten erfordert somit entweder die Möglichkeit, einen erforderlichen Mindestabstand zwischen Fahrdraht und Trageil einerseits und dem Rückleiterseil andererseits einhalten zu können oder die Abstände zwischen den Stützpunkten zu reduzieren. Als weitere Maßnahme ist im Einzelfall auch eine verstärkte Ausführung der Stützpunkte möglich.

Alternativ kann eine angepasste Anforderung an die Kurzschlussfestigkeit der Fahrleitungsanlage der Weg sein. Anhand des Kurzschlussstromdiagramms ist erkennbar, dass die höchsten Kurzschlussströme nur in kurzer Entfernung vom Einspeisepunkt auftreten. Somit wäre eine Auslegung der Anlage für einen Kurzschlussstrom im Abstand von 1 km vom Einspeisepunkt als Referenzgröße vorstellbar und im Bereich Einspeisepunkt bis 1 km muss ein vergrößerter Abstand des Rückleiterseils zum Kettenwerk oder der OSS oder ein verkürzter Stützpunktabstand realisiert werden.

Literatur

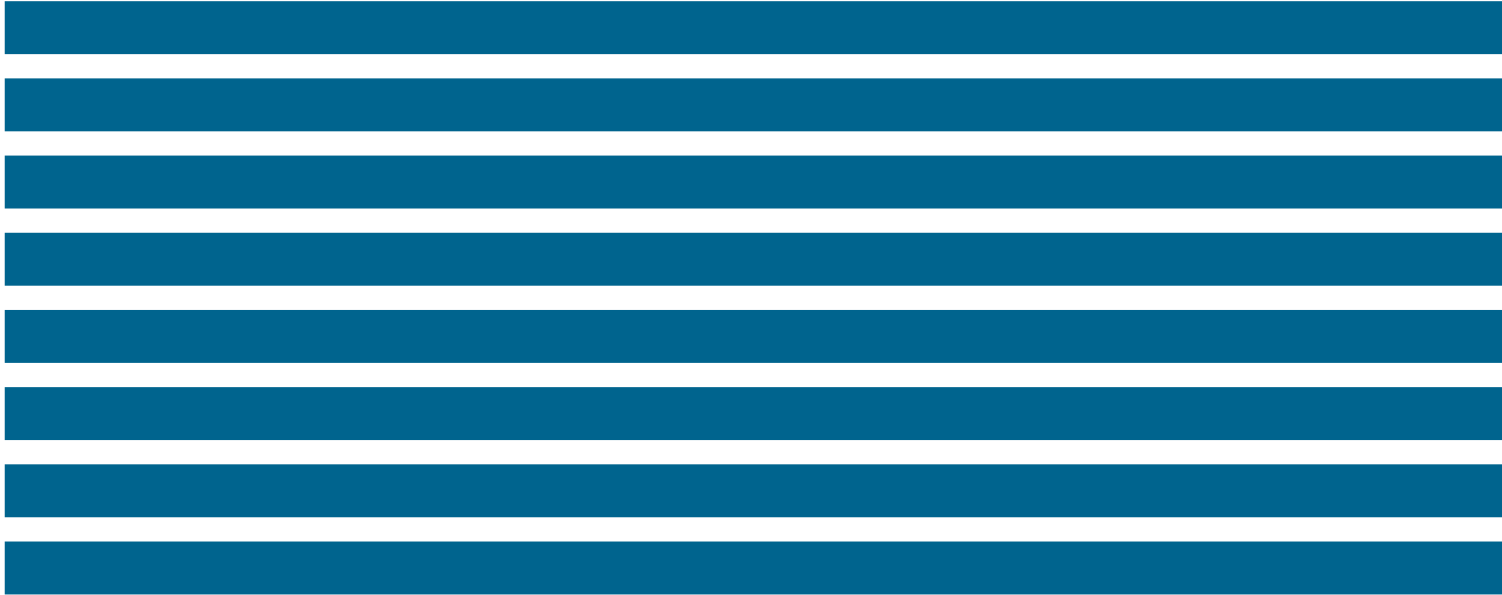
- [1] Verordnung (EU) Nr. 1301/2014 der Kommission vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Energie“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union. In: Europäisches Amtsblatt L 356 vom 12.12.2014, S. 179–227.
- [2] EN 50388:2012 + AC:2012: Bahnanwendungen – Bahnenergieversorgung und Fahrzeuge – Technische Kriterien für die Koordination zwischen Anlagen der Bahnenergieversorgung und Fahrzeugen zum Erreichen der Interoperabilität.
- [3] EN 50123-1:2003: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen; Gleichstrom-Schaltanlagen – Teil 1: Allgemeines.
- [4] EN 50152-3-1:2017: Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Besondere Anforderungen an Wechselstrom-Schaltanlagen – Teil 3-1: Mess-, Steuerungs- und Schutzeinrichtungen für Wechselstrom-Bahnanlagen – Geräte.
- [5] EN 60865-1:2012: Kurzschlussströme – Berechnung der Wirkung – Teil 1: Begriffe und Berechnungsverfahren (IEC 60865-1:2011).

Autor



Dipl.-Ing. Christian Goubeau (43), Studium Maschinenbau an der Technischen Universität München; seit 2012 bei der Rail Power Systems GmbH (vormals Balfour Beatty Rail GmbH) zunächst als Vertriebsprojektleiter, seit 2019 Produktmanager Fahrleitungssysteme.

Adresse: Rail Power Systems GmbH, Garmischer Straße 35, 81373 München, Deutschland;
Fon: +49 89 41999-322;
E-Mail: christian.goubeau@rail-ps.com



© 2023. Alle Rechte sind der Rail Power Systems GmbH vorbehalten.

Die in diesem Dokument angegebenen Spezifikationen betreffen gängige Anwendungsbeispiele. Sie bilden nicht die Leistungsgrenzen ab. Im konkreten Anwendungsfall können daher abweichende Spezifikationen erreicht werden. Maßgeblich sind allein die im jeweiligen Angebot formulierten oder vertraglich vereinbarten Spezifikationen. Technische Änderungen bleiben vorbehalten. TracFeed® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Rail Power Systems GmbH.