



Manfred Insigler

SYSTEMTECHNIK VON HGV-OBERLEITUNGEN

ABSTRACT



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

Verlag: PMC Media House GmbH
Werkstättenstraße 18
D-51379 Leverkusen

Office Hamburg: Frankenstraße 29
D-20097 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 228679 506
Fax: +49 (0) 40 228679 503
Web: www.pmcmedia.com; E-Mail: office@pmcmedia.com

Geschäftsführung: Detlev K. Suchanek
Redaktionsleitung: Dr. Bettina Guiot
Vertrieb und Buchservice: Sabine Braun

Umschlaggestaltung: Pierpaolo Cuozzo (TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf)
Satz und Druck: TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2020 PMC Media House GmbH

1. Auflage 2020

ISBN 978-3-96245-223-0

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Trotz sorgfältiger Recherche war es leider nicht in allen Fällen möglich, die Urheber der Bilder zu ermitteln. Sollten ohne Absicht Bilder in unerwünschter Weise veröffentlicht worden sein, teilen Sie dies bitte dem Verlag mit.

Eine Publikation von


PMCMedia
International Publishing

Dieses ABSTRACT bietet:

- eine Einführung in die Anforderungen an HGV-Oberleitungen
- Systemlösungen und Beispiele von HGV-Oberleitungen
- statische und dynamische Qualitätskriterien für das Kontaktverhalten Fahrleitung – Stromabnehmer
- Hinweise auf die Vorgaben in Europäischen Normen und den TSI
- Themenblöcke u. a. zu Bahnstromverteilung, Spannungsqualität, Strombelastbarkeit, Schutztechnik und zum Lichtraumprofil

Resümee

Oberleitungen sind ein wesentlicher Bauteil der Traktionsstromversorgung für den elektrischen Betrieb und damit der Eisenbahninfrastruktur.

Für die hohen Anforderungen an die Qualität, Zuverlässigkeit, Betriebssicherheit und im Hinblick auf LCC (Lebenszykluskosten) der Oberleitungen, insbesondere für Hochgeschwindigkeitsstrecken, wurden die Qualitätskriterien für Fahrdrähte und Oberleitungssysteme präziser gefasst, die Neubaurichtlinien und Instandhaltungsstrategien angepasst und mechanisierte, d. h. maschinenunterstützte, weitgehend automatisierte Montageverfahren eingeführt. Parallel dazu wurden die Werkstoffe für Fahrdrähte und die Fertigungsprozesse optimiert.

Hohe Fahrgeschwindigkeiten erfordern eine präzise Fahrleitungsgeometrie und Fahrdrähte aus hochfesten Materialien. Bei Fahrdrähten aus hochfesten Kupferlegierungen haben Herstellung und Montage einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Stromübertragung zwischen Fahrleitung und Stromabnehmer. Im Montageprozess sind zuverlässig Beschädigungen, Verbiegungen, Verdrehungen des Fahrdrahts zu vermeiden. Bei HGV-Fahrleitungen sind in den Normen sehr kleine Grenzwerte für eine verbleibende Mikrowelligkeit vorgegeben, die nur mit einer Maschinentechologie erreicht werden kann, welche die Montage mit Nennzugkraft garantiert.

Das ABSTRACT gibt einen detaillierten Einblick in die komplexen systemtechnischen Zusammenhänge, Interaktionen und Kenngrößen, die in der TSI ENE, der TSI LOC&PAS, in den Normen EN 50119, EN 50149, EN 50317, EN 50367, EN 50318 und EN 50388 sowie in den Richtlinien nach dem Stand der Technik für einen freien Netzzugang festgelegt sind. Es ermöglicht Studierenden und Praktikern der Bahnindustrie einen detaillierten Einstieg in das Thema und bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte für weitere Forschungen.

Inhalt

Resümee.....	5
1	Traktionsstromversorgungssysteme – Einführung 11
2	Kettenwerksfahrleitungen 15
2.1	Grundsätzliche Aufgaben und Anforderungen..... 15
2.2	Einteilung von Fahrleitungssystemen..... 18
2.3	Komponenten von Oberleitungssystemen 19
2.4	Charakterisierung von Fahrleitungsbauarten 20
3	Grundlagen für HGV-Fahrleitungen 21
3.1	Konstruktion von Kettenwerksfahrleitungen 21
3.2	Beispiele für HGV-Fahrleitungen (300–400 km/h)..... 22
3.3	Kenndaten von internationalen HGV-Fahrleitungen..... 25
3.4	Ausführungen von Fahrleitungen in Infrastrukturanlagen 25
4	Fahrdrahtlagen zur Gleisachse (zur Gleisinfrastruktur) 29
4.1	Fahrdrahtruhelage zur Gleisachse 29
4.2	Fahrdrahtseitenlage – Berechnung und Grenzen..... 30
4.3	Fahrdrahtseitenlage mit Windbelastung – Berechnung..... 30
4.4	Maximale Längsspannweiten (Spannfeldlängen)..... 31
4.5	Windkraft und Windauslenkungskurve..... 31
4.5.1	Windkraft 31
4.5.2	Windauslenkungskurve des Kettenwerks 32
4.6	Fahrdrahthöhenlage 33
4.7	Veränderung der Fahrdrahthöhenlage..... 34

5	Fahrdrachttechnologie für HGV-Fahrleitungen	37
5.1	Anforderungen	37
5.2	Festlegungen in den Fahrdrachtnormen	38
5.3	Materialeigenschaften	41
5.4	Qualitätsnachweise für HGV-Fahrdrächte	43
5.5	Fahrdrachtverschleiß	44
5.6	Fahrdrachtfertigung	45
5.7	Fahrdrachtmontagetechnologie	46
5.8	Mikrowelligkeit in der Längsachse des Fahrdrachts	48
5.9	Verifikation der elastischen und unelastischen Dehnung von Fahrdrächten	49
5.10	Untersuchung des Kriechverhaltens von Fahrdrächten	50
5.11	Einfluss der Fahrdrachttemperatur auf die Zugfestigkeit	51
6	Qualitätskriterien für HGV-Fahrleitungen	53
6.1	Statische Kriterien für HGV-Fahrleitungen	54
6.1.1	Statische Elastizität in Spannungsfeldmitte	54
6.1.2	Statische Elastizität im Bereich der Stützpunkte	55
6.1.3	Dynamische Elastizität	56
6.1.4	Anpassung der statischen Kriterien für HGV-Strecken	56
6.1.5	Verlauf der Elastizität bei HGV-Fahrleitungen	57
6.1.6	Ungleichförmigkeitsgrad	58
6.2	Dynamisches Verhalten von HGV-Fahrleitungen	59
6.2.1	Wellenausbreitungsgeschwindigkeit, Dopplerfaktor, Reflexionsgrad	59
6.2.2	Statische Kontaktkraft	60
6.2.3	Fahrdynamische Kontaktkraft	60
6.2.4	Mittlere Kontaktkraft als Qualitätskriterium	62
6.3	Fahrdrachtanhub bei HGV-Fahrleitungen	65
7	Bahnrückstromführung und Erdung	67
7.1	Schienenpotential	67
7.2	Rückstromführungssysteme	69

8	Strombelastbarkeit von Fahrleitungen	73
9	Kurzschlussstrombelastung im Fahrleitungsnetz.....	77
10	Spannungsqualität für HGV-Netze.....	79
11	Schutztechnik für Fahrleitungssysteme	81
12	Stromabnehmer für HGV-Betrieb.....	83
12.1	Arbeitsbereiche der Stromabnehmer.....	83
12.1.1	Horizontaler Arbeitsbereich der Stromabnehmerwippe.....	83
12.1.2	Vertikaler Arbeitsbereich der Stromabnehmerwippe	84
12.2	Mehrere Stromabnehmer im Zugverband	84
12.3	Vorgaben durch die TSI LOC&PAS an die Stromabnehmer.....	85
12.4	Standard-Stromabnehmer für HGV.....	86
12.5	Vorgaben durch die TSI ENE für Fahrleitungen/Stromabnehmer.....	86
12.6	Mechanisch-elektrisches Stromabnehmerprofil	87
13	Simulationsmodell des Systems Kettenwerksfahrleitung und Stromabnehmer.....	89
13.1	Fahrleitung	89
13.2	Stromabnehmer	90
14	Infrastrukturlichtraum für HGV-Strecken.....	91
14.1	Erklärung des Lichtraumprofils.....	92
14.2	Zufallsbedingte Einflussgrößen zu den mechanischen und elektrischen Begrenzungslinien	93
15	Stromschiene	95

16	Systemzusammenhänge zwischen den TSI für HGV.....	99
16.1	Teilsystem „Energie“ – TSI ENE	99
16.2	Nahtstelle zwischen TSI ENE und TSI LOC&PAS.....	100
16.3	Nahtstelle zwischen TSI INF und TSI LOC&PAS	101
16.4	Nahtstelle zwischen TSI ENE und TSI INF.....	101
16.5	Toleranzen und Grenzwerte im HGV-Betrieb.....	102
	Quellenverzeichnis	103
	Regelwerke	105
	Stichwortverzeichnis	107
	Inserentenverzeichnis	109
	Der Autor.....	110

1 Traktionsstromversorgungssysteme – Einführung

Die Anforderungen an Traktionsstromversorgungssysteme für den elektrischen Zugbetrieb haben u. a. infolge der geforderten hohen Fahrgeschwindigkeiten und des stark gestiegenen Leistungsbedarfs auf Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsstrecken (HGV-Strecken) ständig zugenommen. Die in Europa am häufigsten verwendeten Versorgungssysteme für Fern- und Regionalbahnen sind DC-Systeme mit 1,5 und 3 kV und AC-Systeme mit 16,7 Hz-15 kV oder 50 Hz-25 kV. Das Entstehen dieser Systeme war u. a. mit dem jeweiligen Stand der Antriebstechnologie auf den Fahrzeugen verbunden. Bei AC-16,7 Hz-15 kV-Bahnen wird die Bahnenergie für das Oberleitungsnetz überwiegend in bahnspezifischen Kraftwerken erzeugt oder über zentrale Umformer- und Umrichterwerke aus dem öffentlichen Energieversorgungssystem bezogen und mit zweiphasigen Bahnstromleitungen den Unterwerken (Verteilzentren) die Energie für das Oberleitungsnetz zugeführt.

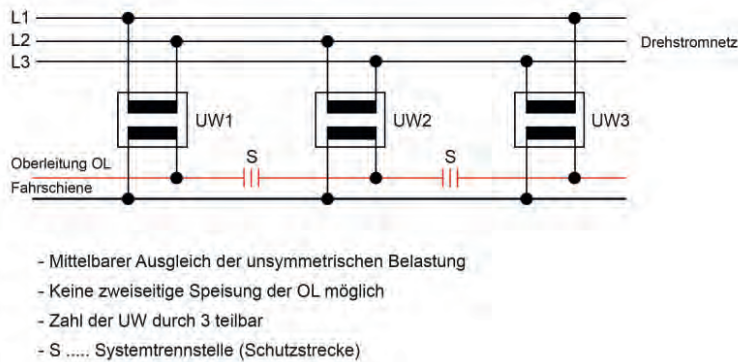


Abb. 1.1: Dezentrales Bahnstromsystem 50 Hz-25 kV für das Oberleitungsnetz (Grafik: Eigendarstellung)

Bei AC-50 Hz-25kV-Bahnen wird die Bahnenergie direkt aus Drehstromnetzen der öffentlichen Stromversorgung entnommen. Hohe einphasige Bahnstromlasten verursachen in den Drehstromnetzen Unsymmetrien in den Phasenspannungen, die in der Folge unzulässige Auswirkungen auf alle Verbraucher im öffentlichen Stromnetz haben. Daher werden Bahnunterwerke nur an Drehstromnetze mit hoher Kurzschlussleistung und nach der gängigen Praxis abwechselnd, einphasig an die Außenleiter (L1-L2, L2-L3 und L3-L1) angeschlossen.

Die Normen, Richtlinien und Standards zur Konzeption und Ausführung von Fahrleitungen, die Qualität, Arbeitsverfahren, die Montageperformance, die Arbeitssicherheit und die Instandhaltungsstrategien wurden einem ständigen Verbesserungsprozess unterzogen.

Die TSI ENE gilt für jedes neue oder erneuerte Teilsystem „Energie“ des Eisenbahnsystems der Europäischen Union gemäß Anhang II Nummer 2.2 der Richtlinie 2008/57/EG und für alle ortsfesten Einrichtungen, die der Fahrstromversorgung der Züge dienen und zur Verwirklichung der Interoperabilität erforderlich sind. Wesentliche Faktoren sind die Gewährleistung der elektrotechnischen Personen- und Anlagensicherheit, eine Standardisierung und Interoperabilität. Niedrige Lebenszykluskosten (LCC), eine hohe Güte der Stromübertragung auf die Triebfahrzeuge und eine richtlinienkonforme Qualität sind weitere Punkte.

Der Leistungsbedarf von Zügen wird u. a. durch die Betriebsgeschwindigkeit, das Zuggewicht, die Fahrzeugkonfiguration, die Antriebssteuerung und die Streckenwiderstände bestimmt. Ho-

he Zuggewichte erfordern Doppel- und Mehrfachtraktion. Leistungstreiber sind die markant erhöhte Fahr-/Betriebsgeschwindigkeit sowie der Taktfahrplan, der hohe Spitzenleistungen implementiert. Der Betriebsstrom in der Oberleitung resultiert zudem aus der Anzahl und dem Abstand der Züge im Speisebereich, dem Fahrplankonzept usw.

Die Fahrleitungsspannung muss in Grenzen gehalten werden, damit einerseits die Anlagen nicht beschädigt und andererseits die Leistungsfähigkeit der Triebfahrzeuge ausgeschöpft werden kann. In der TSI ENE und der EN 50388 wird ein Qualitätsindex z. B. durch die „mittlere nutzbare Spannung“ am Stromabnehmer definiert. Für alle über das Fahrleitungsnetz elektrisch betriebenen Gleisfahrzeuge und die Nebenverbraucher (Zugvorheizanlagen, Weichenheizanlagen) muss der Bahnrückstrom in Summe während der Leistungsentnahme und im Fehlerfall (Kurzschluss) gemäß der EN 50122-1 vorrangig über die „Bahnerde“ (Bahnrückstromführungssysteme) zu den speisenden Unterwerken zurückgeführt werden. Bei AC-Anlagen sind dies Wege über die Fahrschienen, die Erde, ggf. auch über Rohrleitungen, Kabelschirmung, Bauwerkserdungen in Fundamenten, Bewehrungsseisen in Tunnelbauwerken, Brückenträger, zusätzliche Rückstromführungssysteme usw.

Der Bahnrückstrom ergibt mit dem Schienen- und dem Ausbreitungswiderstand der Erdungsanlage (aller leitend verbundenen Erder) das Schienenpotential (Gleis-Erde-Spannungen). Schienenpotentiale und sonstige Potentialdifferenzen können zu unzulässig hohen Berührungsspannungen führen. Die zulässigen Berührungsspannungen für Bahnanwendungen sind, abhängig von der Zeitdauer der Einwirkungen, begrenzt und in der EN 50122-1 vorgegeben.

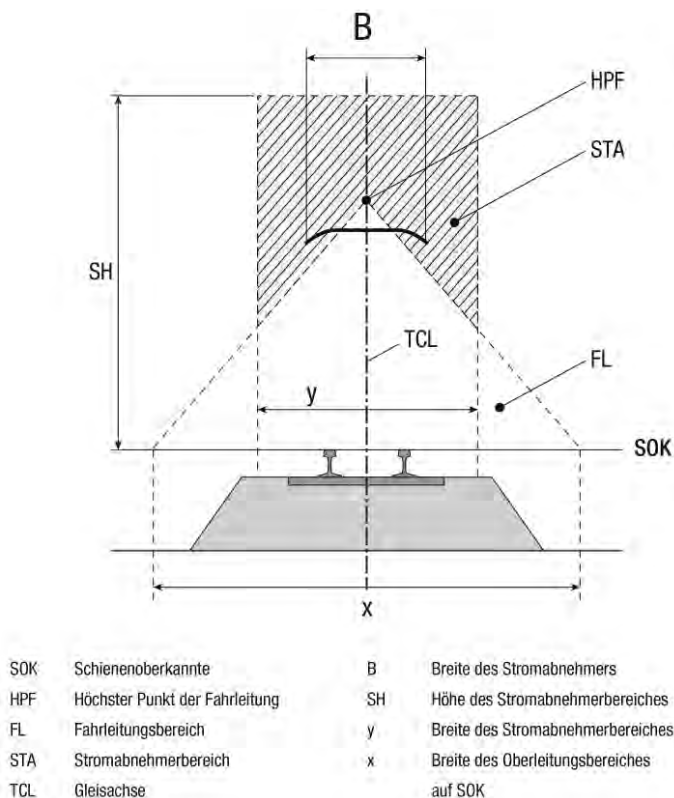


Abb. 1.2: Fahrleitungs- und Stromabnehmerbereich (Eigendarstellung nach EN 50122-1:2011)

die Spannungsabfälle des Fahrleitungssystems. Höhere Übertragungsverluste verteuern die Stromkosten, größere Spannungsabfälle verringern die Speisebereichslängen.

Die mechanischen Eigenschaften der Fahrdrähte, wie Zugfestigkeit, Härte, Dehnungseigenschaften, Verschleißverhalten, Elastizitätsmodul, Torsionssteifigkeit, Biegeweichseifigkeit usw., ergeben sich aus dem Material und können mit dem Fertigungsprozess noch gestaltet werden.

5.4 Qualitätsnachweise für HGV-Fahrdrähte

An Fahrdrähten sind mit Bezug auf die Vorgaben in der EN 50119 und EN 50149 zur Optimierung der Fahrdrahtfertigungs- und Fahrleitungsmontageprozesse spezielle Prüfverfahren vorgesehen und zu bewerten:

- Biegeverhalten
- Elastizitätsmodul
- Mindestbruchlast
- Torsionsfestigkeitsprüfung
- Längen-Dehnungsprozesse
- Wechselbiegefestigkeit
- Welligkeit in der Längsachse
- Kriechverhalten
- Kontrolle der Abmessungen nach EN 50149
- Elektrischer Leitwert
- usw.

Damit sind u. a. Rückschlüsse auf das Welligkeitsverhalten des Fahrdrahts, auf die mechanische Belastbarkeit und Betriebssicherheit, auf die Güte der Stromübertragung sowie auf die Lebensdauer möglich.

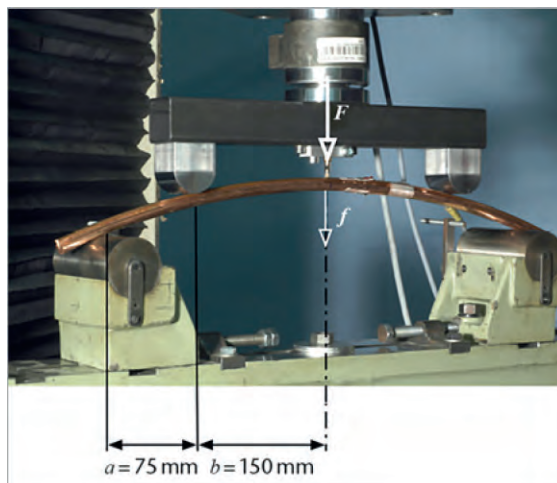


Abb. 5.4: Bestimmung des Fahrdrahtbiegeverhaltens, des Elastizitätsmoduls, usw.
(Foto: R.E. Knasmillner, TVFA, aus [4])

5.5 Fahrdrachtverschleiß

Der Verschleiß am Fahrdracht wird durch die mechanische Reibung mit den Stromabnehmer-Schleifstücken und den Materialabtrag infolge des Stromübergangs verursacht. Wesentlichen Einfluss auf die Lebensdauer der Fahrdrächte und die Stromabnehmer-Schleifstücke haben somit

- Kontaktkräfte
- Schleifstück- und Fahrdrachtmaterialien
- Fahrgeschwindigkeit
- Strombelastung
- Verschmutzung

Da die Querschnittsverringering beim Fahrdracht die Stromtragfähigkeit verkleinert und die zulässige Zugkraft verringert, ist der Verschleiß auf HGV-Strecken mit 20 % und generell auf 30 % des ursprünglichen Fahrdracht-Nennquerschnitts zu begrenzen.

Fahrdrachtmaterialien mit hoher Zugfestigkeit zeigen im Betrieb einen geringeren Verschleiß. Nachteile sind bei der Fahrdrachtmontage und der Qualität der Regulierung (Mikrowelligkeit) durch die hohe „Steifigkeit“ zu erkennen.

Profilfahrdrächte haben im Vergleich zum Rillen-, (Rund-)Fahrdracht ein günstigeres Verschleißverhalten, weil sehr schnell ein breiter Fahrdrachtspiegel erzeugt wird. In der Folge hat man niedrigere spezifische, auf die Fläche bezogene Beanspruchungen aus der Kontaktkraft und dem Traktionsstrom.

Ein intensiverer Abrieb entsteht z. B. durch größere Kontaktkräfte (Reibungskräfte) und/oder durch Lichtbögen wegen der fehlenden (einer nicht geeigneten) Kontaktkraft zwischen Fahrdracht und Stromabnehmer. Starke Lichtbogenbildung kann zu punktueller Erwärmung und aufgerauhten („Schmelzperlen“) und teilweise entfestigten Fahrdrachtkontaktflächen führen.

Die Ursachen für einen lokal erhöhten Verschleiß bzw. die örtlich stärkere Abnutzung des Fahrdrachts sind häufig

- Zusatzmassen im Kettenwerk wie z. B. Klemmen, Streckentrenner
- stärkere Radialkräfte („Eckzüge“) an den Seitenhaltern (bzw. Auslegern) z. B. durch Gleisradien, Weichenverbindungen, Sektionstrennungen
- zu starke Fahrdrachtneigungen
- Schwingungen im Kettenwerk
- Welligkeiten und Knicke im Fahrdracht (z. B. Fertigungs- und Montagefehler).

Inbesondere ist die erhöhte Abnutzung an diesen erkannten kritischen Stellen (Klemmen, Streckentrenner, Weichenbereiche, Nachspannfelder usw.) im Zuge des Instandhaltungsmanagements laufend zu beobachten.

Versuchsergebnisse zeigen unterschiedliche Verschleißraten zwischen Kohleschleifstücken und metallimpregnierten Kohleschleifstücken mit Fahrdrachtmaterialien bezogen auf Schleifstück-Durchgänge.

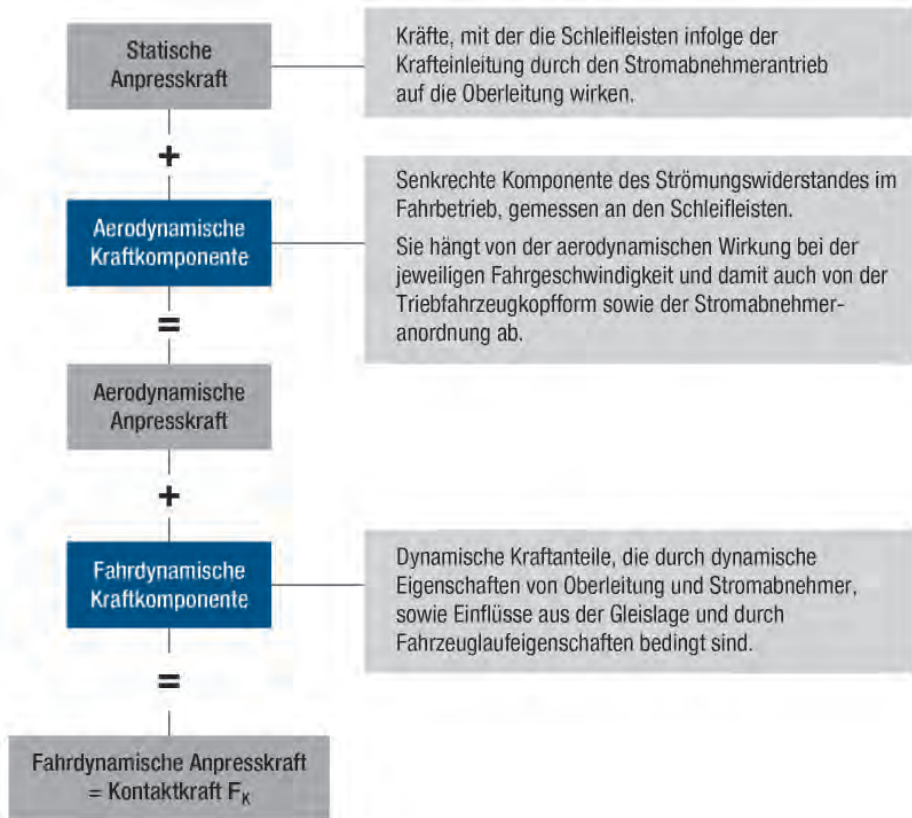


Abb. 6.4: Komponenten der Kontaktkraft (Eigendarstellung nach [3])

Die höhere Leistungsaufnahme bei HGV-Betrieb erfordert u. a. höhere Kontaktkräfte (Anpresskräfte) zwischen Fahrdrabt und Stromabnehmer, damit ein guter Stromübergang gewährleistet wird. Das dynamische Zusammenwirken mit den Stromabnehmern erfordert für HGV-Fahrleitungen besonders enge Lagetoleranzen des Fahrdrabts (Fahrdrabhöhe, -neigung) damit keine Kraftspitzen entstehen.

Von Einfluss sind neben den Fahrleitungs- und Stromabnehmereigenschaften die Einflüsse aus der Gleislage sowie die Betriebsbedingungen (wie die Zuggeschwindigkeit, die Anzahl, der Abstand und die Position der Stromabnehmer im Zugverband, Interaktionen bei offener Strecke und im Tunnel, Umwelteinflüsse (Wind, Vereisung, Bremsstaub, Salzeintrag, Temperaturbereich, ...), eventuell gemischter HGV und Cargoverkehr.

Bei HGV-Strecken muss die Eignung des Systems hinsichtlich der Absolutwerte und des Verlaufs der fahrdynamischen Kontaktkraft nach den EN 50317, EN 50318, EN 50367 und EN 50388 gegeben sein und überprüft werden. Die Konformitätsprüfung für die fahrdynamische Kontaktkraft sieht eine Berechnung anhand der Konstruktion und eine Beurteilung durch Messungen vor.

Eine Herausforderung besteht auch darin, die Eignung einer Kettenwerksfahrleitung sowohl für hohe Geschwindigkeiten (≥ 250 km/h) als auch für den Hochleistungsgüterverkehr (Standard 100 km/h, teilweise 120 km/h) zu konzipieren und praxisbezogen zu prüfen. Bei Tran-

sitstrecken für den schweren Güterverkehr mit z.B. sechs angehobenen Stromabnehmern im Zugverband stehen die Parameter Kontaktkraft, Elastizität, Ungleichförmigkeitsgrad und Fahrdrachthub sowie die zulässige Strombelastbarkeit der Kettenwerksfahrleitung im Fokus.

Zwischen dem Infrastrukturbetreiber, der fuhrparkverantwortlichen Organisationseinheit und der betriebsführenden Stelle sind die Bauart und die technischen Daten der im Streckennetz einzusetzenden Stromabnehmer zu vereinbaren. Die Qualität der Stromabnahme wird entweder über den Kontaktkraftverlauf und synchron mit der dynamischen Fahrdracht-Höhenmessung oder durch die Anzahl der Kontaktkraftunterbrechungen pro Zeiteinheit beurteilt. Die statische Ruhelage der Oberleitung wird als Referenzwert für den dynamischen Fahrdrachthub vorweg entweder berührungslos (Lasermessverfahren) oder mit minimaler Anpresskraft des Messstromabnehmers gemessen.

6.2.4 Mittlere Kontaktkraft als Qualitätskriterium

Die mittlere Kontaktkraft F_m wird durch die statische Kontaktkraft, die aerodynamischen sowie die fahrdynamischen Kraftkomponenten und die Kräfte aus dem Schwingungsverhalten der Triebfahrzeuge) gebildet. F_m ist der Zielwert, der erreicht werden soll, um eine Stromabnahmegüte ohne schädliche Lichtbögen sicherzustellen und den Verschleiß sowie die Gefährdung der Schleifstücke zu begrenzen. Die mittlere Kontaktkraft F_m ist nach EN 50367 mit einer Zielkurve und einer Bandbreite als Funktion der Fahrgeschwindigkeit festgelegt. F_m sollte für HGV-Fahrleitungen bis 300 km/h 120 N nicht überschreiten.

Grenzen der Kontaktkraft

(Für AC-Systeme nach EN50367)

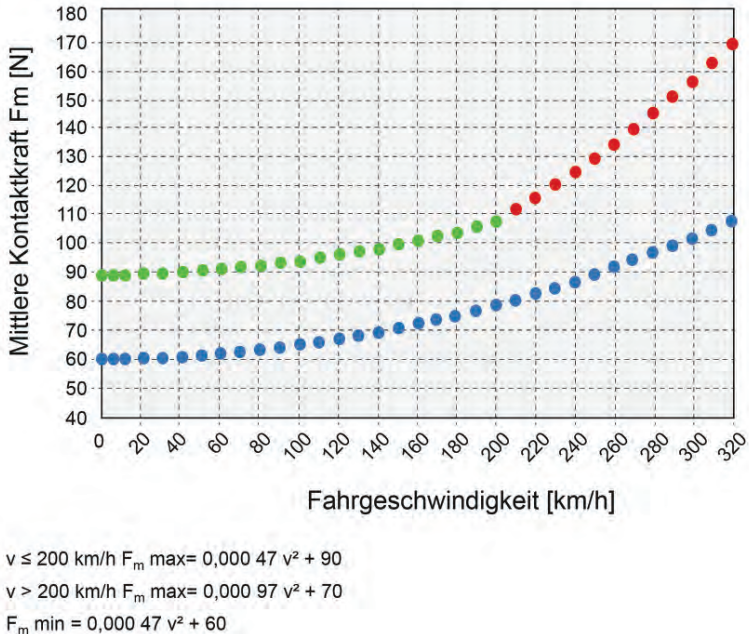


Abb. 6.5: Bandbreite für die mittlere Kontaktkraft (Eigendarstellung nach EN 50367)

Fahrzeugen auf den höchstmöglichen technischen Standard gebracht wurden. Damit liegen einheitliche Prüfprozesse und Beurteilungsstandards für die Qualität vor. Die Interaktion von Fahrleitung und Stromabnehmer kann somit normenkonform geplant und ausgeführt sowie mit den vereinbarten und messbaren Parametern beurteilt werden.

Die Fahrleitung muss für Stromabnehmer mit der in der TSI LOC&PAS spezifizierten Wippengeometrie ausgelegt sein. Die TSI ENE lässt den Betrieb mit der Stromabnehmerwippe 1600 mm und 1950 mm auf konventionellen und HGV-Strecken zu. Die jeweilige Wippengeometrie bestimmt bzw. begrenzt die Fahrdrachtseitenlage. Für den dualen Betrieb mit beiden Wippen bestimmt die kürzere 1600 mm-Wippe die nutzbare Fahrdrachtseitenlage und die längere 1950 mm-Wippe den freizuhaltenden Raum für die Stromabnehmer.

Für einen freien, interoperablen Zugang zur Infrastruktur sind vor allem folgende geometrische Parameter der Fahrleitung maßgebend:

- Umgrenzungslinie, Infrastrukturlichtraum
- elektrisch-kinematische Stromabnehmerbegrenzungslinie
- Fahrdrachthöhe über SOK
- zulässige Fahrdrachtlängsneigung
- zulässige horizontale Auslenkung des Fahrdrachts von der Gleismitellinie grundsätzlich und insbesondere bei Windeinwirkung
- freier Fahrdrachthanhub am Stützpunkt.

Die Umgrenzungslinie ist eine Vorgabe für die Auslegung des Fahrleitungssystems und der baulichen Infrastruktur, damit der Betrieb von Fahrzeugen ermöglicht wird, die konform zur Fahrzeugbegrenzungslinie der Strecke sind.

Die Geometrie der Oberleitung muss an die Gegebenheiten auf freien Strecken, bei Überbauten und in Tunnels angepasst sein. Die Abstimmung mit den Einflussfaktoren von den Fahrzeugen (Wank) und aus der Gleislage sind weitere ausschlaggebende Faktoren für die Interoperabilität des Eisenbahnnetzes.

12.6 Mechanisch-elektrisches Stromabnehmerprofil

Die Grenzlinie für den Einsatz des Stromabnehmers 1600 mm auf interoperablen Strecken ist grundsätzlich das Profil der mechanisch-kinematischen Stromabnehmerbegrenzungslinie (mechanisches Stromabnehmer-Lichtraumprofil). Zusätzlich zu dieser Grenzlinie müssen für den Infrastrukturräum Vorkehrungen für weitere Einbauten (z. B. Signalanlagen) und für den Einbau der Oberleitung und die dazugehörigen elektrotechnischen Sicherheitsabstände beachtet werden. Die Zuschläge für das elektrische Stromabnehmer-Lichtraumprofil richten sich nach dem verwendeten Spannungssystem.

L_1 ist die Breite der mechanisch-kinematischen Stromabnehmerbegrenzungslinie in Fahrdrachthöhe h_{FD} von 5,0 m. L_2 geht von L_1 aus und verändert sich mit der für die einzelne Strecke anzuwendenden dynamischen Fahrdrachthöhe $h = h_{FD} + S$.

Der Anhub S entspricht dem freien und ungehinderten Anhub des Fahrdrachts.

Als Grundlage für die technischen Berechnungen, z. B. des Wertes L_2 , für die zulässige horizontale Auslenkung, gilt die EN 50367.

Für die Erweiterung der Begrenzungslinie, abhängig von der Überhöhung D des Gleises im Gleisbogen, dem Gleisradius R und der Nachweishöhe h über SOK, gilt z. B. für den interoperablen Stromabnehmer 1600 mm:

$$L_2 = 0,66 \cdot h - 0,04 \cdot h - 0,015 \cdot h \cdot D + 0,075 \cdot D - \frac{2,5}{R}$$

Der Mindestlichraum für Stromabnehmer auf der geraden Strecke und im Gleisbogen ist insbesondere in der EN 15273-3 dargestellt.

Die statischen Begrenzungslinien sind durch dynamische Einflüsse und weitere zufallsbedingte Einflussgrößen zu ergänzen. Zuschläge in Querrichtung sind eine Spurerweiterung, die quasistatische Fahrzeugneigung, Wankbewegungen und Fahrzeugschwingungen aus Gleislage-Unregelmäßigkeiten, Gleisverschiebungen in Querrichtung, Fahrzeug-Unsymmetrien, Windbelastung etc.

Zusatzgrößen senkrecht zur Lafebene sind z.B. vertikale Einflüsse von Wankbewegungen und Fahrzeugschwingungen aus Gleislage-Unregelmäßigkeiten, vertikales Hochfedern des Fahrzeugs, Stromabnehmerschwingungen, Lademaßüberschreitungen, vertikale Verschiebungen bei Neigungswechsel.

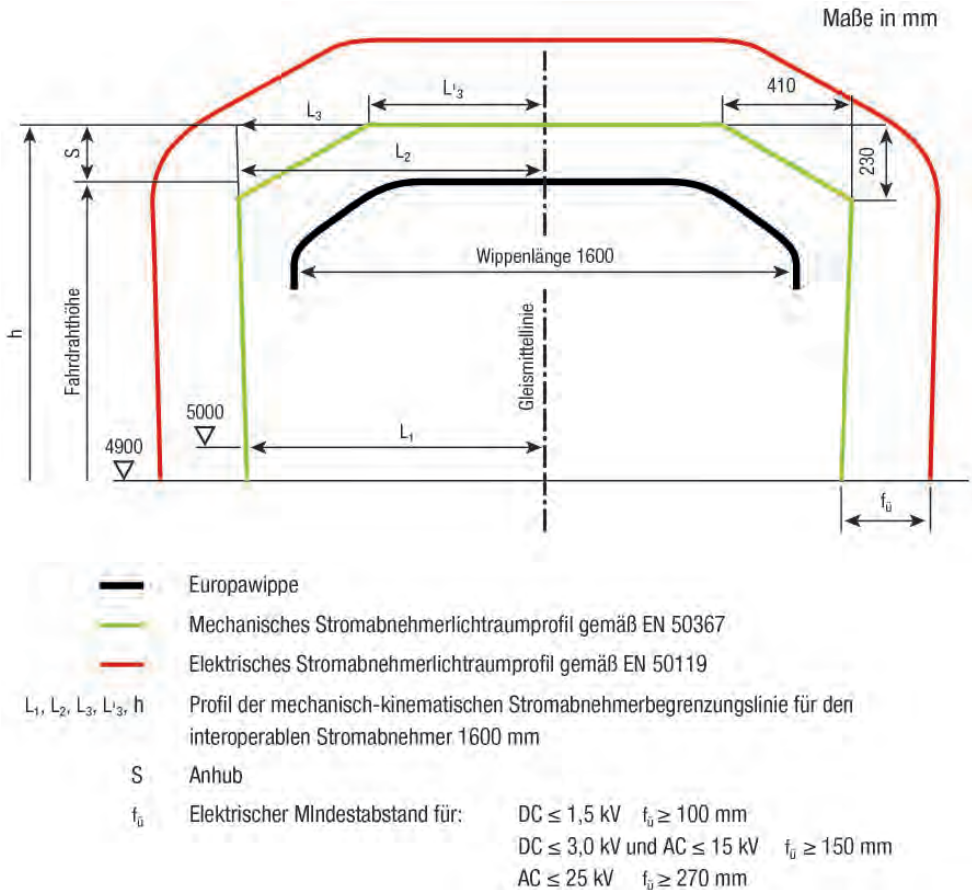


Abb. 12.5: Infrastrukturlichraum für Stromabnehmer 1600 mm (Eigendarstellung nach [1])

Dieses ABSTRACT bietet:

- eine Einführung in die Anforderungen an HGV-Oberleitungen
- Systemlösungen und Beispiele von HGV-Oberleitungen
- statische und dynamische Qualitätskriterien für das Kontaktverhalten Fahrleitung – Stromabnehmer
- Hinweise auf die Vorgaben in Europäischen Normen und den TSI
- Themenblöcke u. a. zu Bahnstromverteilung, Spannungsqualität, Strombelastbarkeit, Schutztechnik und zum Lichtraumprofil

Extra: Dank des kostenlosen enthaltenen E-Books stehen Nutzern eines Endgeräts mit PDF-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion zur Verfügung.

ISBN 978-3-96245-223-0



9 783962 452230