

Technische Regeln für Straßenbahnen Elektrische Anlagen¹ (TRStrab EA)

**Teil 1: Energieversorgungsanlagen
Teil 2: Beleuchtungsanlagen**

Ausgabe: Mai 2011

¹ Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. EG Nr. L 204 S 37), geändert durch die Richtlinie 98/48/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juli 1998 (ABl. EG Nr. L 217 S 18), sind beachtet worden.

Inhaltsverzeichnis

Präambel	4
Teil 1: Energieversorgungsanlagen	7
1 Allgemeines	7
1.1 Anwendungsbereich	7
1.2 Begriffserklärungen	7
1.2.1 Ortsfeste Energieversorgungsanlagen	7
1.2.2 Haupteinspeisungen	7
1.2.3 Hilfeinspeisungen	7
1.2.4 Ersatzinspeisungen	8
2 Planung	9
2.1 Anschlussleistung	9
2.2 Energieeinspeisung	9
3 Bau und Errichtung	10
3.1 Betriebsstätten	10
3.2 Niederspannungsanlagen	10
3.2.1 Verteileranlagen	10
3.2.2 Steckdosen	11
3.3 Kabel, Leitungen und Rohre	11
3.4 Schutzmaßnahmen	12
3.4.1 Schutzmaßnahmen gegen unzulässige Berührungsspannungen	12
3.4.2 Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen	12
3.5 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	12
3.6 Elektromagnetische Felder (EMF)	12
4 Prüfung und Abnahme der Energieversorgungsanlagen	13
4.1 Allgemeines	13
4.2 Sichtprüfungen	13
4.3 Funktionsprüfungen	13
4.4 Kontrollmessungen	14
5 Instandhaltung	14
6 Literaturverzeichnis	15
6.1 Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland	15
6.2 Normen	16
6.3 Sonstige Regelwerke	20

Teil 2: Beleuchtungsanlagen	21
1 Allgemeines	21
1.1 Anwendungsbereich	21
1.2 Begriffserklärungen	21
1.2.1 Sicherheitsbeleuchtung	21
1.2.2 Mittlere Beleuchtungsstärke (\bar{E})	21
1.2.3 Wartungswert der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m)	21
1.2.4 Wartungsfaktor (WF)	21
1.2.5 Sicherheitsleitsystem	22
1.2.6 Gleichmäßigkeit	22
1.2.7 Rettungswege	22
2 Planung	22
2.1 Allgemeines	22
2.2 Anforderungen an die Beleuchtung	23
2.3 Sicherheitsbeleuchtung	23
2.4 Schutzisolierung	23
3 Abnahme	24
3.1 Allgemeines	24
3.2 Sichtprüfungen	24
3.3 Funktionsprüfungen	24
3.4 Kontrollmessungen	25
4 Instandhaltung	25
5 Literaturverzeichnis	26
5.1 Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland	26
5.2 Normen	26
5.3 Sonstige Regelwerke	28
Anlage 1: Grenzwert-Tabelle	29

Präambel

Die Technischen Regeln Straßenbahnen (TRStrab) gelten als Regel der Technik für den Bau und Betrieb von Straßenbahnen dar und konkretisieren die Grundanforderungen der Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab).

Sie werden vom zuständigen Bund-Länder-Fachausschuss BOStrab ermittelt, im Verkehrsblatt des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) bekannt gemacht und auf der Homepage des BMVBS veröffentlicht.

Die vorliegenden TRStrab EA konkretisieren insbesondere die grundlegenden Anforderungen der §§ 24 und 27 BOStrab. Sie wurde gemäß Richtlinie 98/34/EG unter der Nummer 2010/0502/D bei der EU-Kommission notifiziert.

Von den Technischen Regeln kann gemäß § 2 Abs. 2 BOStrab abgewichen werden, wenn mindestens die gleiche Sicherheit gewährleistet ist.

Soweit diese technischen Regeln technische Spezifikationen für Erzeugnisse im Anwendungsbereich der zur Umsetzung von Richtlinien der Europäischen Union erlassenen Rechtsvorschriften des Bundes enthalten, dürfen sie nur angewendet werden, soweit in diesen Rechtsvorschriften keine abweichenden Regelungen getroffen werden.

Dies gilt insbesondere für

- das Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG) vom 6. Januar 2004 (BGBl. I S. 2 (219)), zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 33 des Gesetzes vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970),
- das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) vom 26. Februar 2008 (BGBl. I S. 220), zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2409),
- das Telekommunikationsgesetz (TKG) vom 22. Juni 2004 (BGBl. I S. 1190), zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 17. Februar 2010 (BGBl. I S. 78) und die auf der Grundlage dieser Gesetze erlassenen Rechtsverordnungen.

Die Erfordernisse dieser technischen Regeln dürfen von staatlichen Stellen nicht dem Inverkehrbringen von Erzeugnissen in der Bundesrepublik Deutschland entgegengehalten werden, die in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, rechtmäßig hergestellt und/oder in Verkehr gebracht werden. Wenn der Behörde nach § 54 Abs. 1 Satz 3 des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), zuletzt geändert durch Art. 4 Abs. 21 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2258) ein Nachweis darüber vorliegt, dass ein bestimmtes Erzeugnis, das in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder der Türkei oder in einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, rechtmäßig hergestellt und/oder in Verkehr gebracht wird, kein Schutzniveau bietet, das dem in dieser Vorschrift Vorgeschiedenen entspricht, können sie das Inverkehrbringen dieses Erzeugnisses verbieten oder es vom Markt nehmen lassen, nachdem sie:

- dem Hersteller oder Vertreiber schriftlich mitgeteilt haben, aufgrund welcher Teile der nationalen technischen Vorschriften das betreffende Erzeugnis nicht in Verkehr gebracht werden darf; und
- anhand aller relevanten wissenschaftlichen Fakten dargelegt haben, aus welchen zwingenden Gründen des Allgemeininteresses diese Teile der technischen Vorschrift auf das Erzeugnis angewandt werden müssen und warum weniger einschränkende Maßnahmen nicht akzeptabel sind; und
- den Wirtschaftsteilnehmer aufgefordert haben, etwaige Anmerkungen binnen einer Frist (von mindestens vier Wochen oder 20 Arbeitstagen) mitzuteilen, bevor eine individuelle Maßnahme zur Beschränkung der Vermarktung des Erzeugnisses gegen ihn getroffen wird und
- diese Anmerkungen bei der Begründung ihrer endgültigen Entscheidung gebührend berücksichtigt haben.

Anschließend muss die Behörde nach § 54 Abs. 1 Satz 3 des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), zuletzt geändert durch Art. 4 Abs. 21 des Gesetzes vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2258) die Einzelmaßnahme zur Einschränkung der Vermarktung des Erzeugnisses dem betroffenen Wirtschaftsteilnehmer unter Angabe der verfügbaren Rechtsbehelfe mitteilen.

Die TRStrab EA ist eine allgemein anerkannte Regel der Technik gemäß § 2 Abs. 1 BOStrab. Der Hinweis auf bestehende Rechtsvorschriften des Bundes zur Umsetzung von Richtlinien der Europäischen Union dient lediglich der Information der Anwender der TRStrab EA über diese zwingend zu beachtenden Rechtsvorschriften.

Teil 1: Energieversorgungsanlagen

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Der Teil 1 dieser Technischen Regel (TRStrab EA) gilt für die Energieversorgungsanlagen gemäß § 24 BOStrab und beschreibt die Anforderungen hinsichtlich der Planung, des Baus, der Abnahme und der Instandhaltung ortsfester Energieversorgungsanlagen, ausgenommen solcher, die ausschließlich der Fahrstromversorgung zugeordnet sind.

Die Abschnitte 3 und 4 gelten auch für Energieversorgungsanlagen Dritter, sofern sie in Bauwerken der Haltestellen und auf Strecken errichtet werden.

Für vorhandene Energieversorgungsanlagen ist § 65 Abs. 3 BOStrab anzuwenden.

1.2 Begriffserklärungen

Es wird empfohlen, die Begriffe und Definitionen aus DIN VDE 0100 und DIN VDE 0101 anzuwenden.

1.2.1 Ortsfeste Energieversorgungsanlagen

Ortsfeste Energieversorgungsanlagen, ausgenommen solche, die ausschließlich der Fahrstromversorgung zugeordnet sind, sind dazu bestimmt, elektrische Energie aus Netzen zu entnehmen, umzuwandeln, fortzuleiten, zu verteilen und an Betriebsmittel in Betriebsanlagen abzugeben. Zu den Energieversorgungsanlagen zählen auch bahneigene Anlagen zum Erzeugen elektrischer Energie.

1.2.2 Haupteinspeisungen

Haupteinspeisungen sind Einspeisungen, über die der gesamte Energiebedarf der angeschlossenen Betriebsmittel gedeckt wird.

1.2.3 Hilfeinspeisungen

Hilfeinspeisungen sind Einspeisungen, über die bei Ausfall der Haupteinspeisung aus einer anderen Energiezuführung der Energiebedarf aller Betriebsmittel gedeckt wird, die zur Aufrechterhaltung eines sicheren Betriebes erforderlich sind.

1.2.4 Ersatzeinspeisungen

Ersatzeinspeisungen sind Einspeisungen, über die bei Ausfall der Haupt- und Hilfeinspeisung aus einer netzunabhängigen Energiequelle (z. B. Diesel-Generator-Aggregat, Batterie/Wechselrichter) die erforderliche Energie mindestens für Betriebsanlagen nach § 24 Abs. 5 Nr. 2 BOStrab zur Verfügung gestellt wird.

2 Planung

2.1 Anschlussleistung

Grundlage für die Ermittlung des Leistungsbedarfs für die Haupteinspeisung sind die Anschlusswerte aller Betriebsmittel. Künftige Entwicklungen sind zu berücksichtigen.

Nach den in der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Erfahrungen wird empfohlen, bei der Leistungsberechnung die folgenden Gleichzeitigkeitsfaktoren zugrunde zu legen:

Beleuchtungsanlagen	1,0
Maschinelle Anlagen	0,5 - 1,0
Steckdosen	0,1 - 0,3
Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen	1,0
Weichenantriebe (sofern nicht direkt von der Zugsicherungstechnik versorgt)	0,2 - 0,5
Weichenheizungen	1,0
Nachrichtentechnische Anlagen und Fahrgastinformationssysteme	1,0
Sicherheitssysteme (z. B. Brandmelde- und Löschanlagen)	1,0
Zugsicherungsanlagen	1,0

2.2 Energieeinspeisung

Eine Hilfseinspeisung kann entfallen:

- bei Haltestellen ebenerdiger Strecken oder
- wenn ihre Aufgabe von der Ersatzeinspeisung übernommen wird.

3 Bau und Errichtung

3.1 Betriebsstätten

Ortsfeste Energieversorgungsanlagen müssen in elektrischen Betriebsstätten oder abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten untergebracht sein. Dies gilt nicht für elektrische Anlagen und Anlagenteile, wenn sie nach Bauart und Verwendungszweck ohne Gefährdung von Personen betrieben und die Anlagen von Unbefugten nicht betätigt werden können.

Bei Zugrundelegung des derzeit in der Bundesrepublik Deutschland allgemein anerkannten Schutzniveaus

- sind Betriebsstätten für Transformatoren und Schaltanlagen mit Nennspannungen über 1 kV von anderen Räumen feuerbeständig (F90 nach DIN 4102-2) abzutrennen;
- müssen die Türen dieser Betriebsstätten mindestens feuerhemmend (F30 nach DIN 4102-5) sein, aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und nach außen aufschlagen;
- dürfen flüssigkeitsgekühlte Transformatoren, deren Kühlmittel einen Brennpunkt $\leq 300^{\circ}\text{C}$ aufweisen (Kühlmittelart O nach DIN EN 61100 (VDE 0389-2)), sich nicht in unterirdischen Räumen befinden und auch nicht in Räumen über dem Erdgeschoss stehen.

3.2 Niederspannungsanlagen

3.2.1 Verteileranlagen

Das Niederspannungsnetz sollte vorzugsweise als TN-S- oder TT-Netz betrieben werden, um 50-Hz-Rückströme über den Schutzleiter (PE) zu vermeiden. Grundforderung für den Netzaufbau und den Anschluss der Betriebsmittel ist die vollständige Trennung des PE-Leiters des versorgenden Netzes gegenüber der Rückleitung der Gleichstrombahn.

Die Niederspannungs-Verteileranlage sollte zweckmäßigerweise in einen Hauptverteiler und in Unterverteiler zu gliedern, wobei gute Zugangsmöglichkeiten zu allen Verteilern vorzusehen sind. Die Unterverteiler sind in Lastschwerpunkten anzuordnen und stern- oder ringförmig an die Hauptverteilung anzuschließen.

Hauptverteiler sind in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten unterzubringen.

In die Niederspannungs-Hauptverteiler sind Haupt- und Hilfeinspeisung einzuführen. Sowohl der Ausfall der Haupt- als auch der Hilfeinspeisung muss einer besetzten Betriebsstelle selbsttätig gemeldet werden.

3.2.2 Steckdosen

In Tunneln und in unterirdischen Haltestellen müssen in Abständen bis ca. 50 m Drehstrom- und Wechselstromsteckdosen vorhanden sein.

3.3 Kabel, Leitungen und Rohre

Bei der Verlegung und beim Anschluss von Kabeln, Leitungen, Rohren und deren Tragsystemen, sind die Bestimmungen zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen zu beachten.

Kabel-, Leitungs- und Rohrtragsysteme müssen aus mindestens schwer entflammaren Baustoffen bestehen. Die Mäntel von Starkstromkabeln, die nicht im Erdreich verlegt sind, und die Mäntel von Starkstromleitungen müssen in ihrem Brandverhalten mindestens den Anforderungen nach DIN EN 50266-2 (DIN VDE 0482-2) entsprechen. Für im Erdreich verlegte Kabel bestehen keine besonderen Brandanforderungen.

In unterirdischen Bereichen (wie z. B. unterirdische Haltestellen, Fußgängertunneln/-durchgängen und in Rettungswegen) und in Gebäuden (wie z. B. Haltestellengebäuden, Betriebsgebäuden und in Rettungswegen) sind Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall zu verwenden, die über:

- halogenfreie,
- raucharme,
- weitestgehend nichttoxikologische

Isolier- und Mantelmischungen verfügen.

Kabelanlagen für Sicherheitsbeleuchtungen und Brandschutzeinrichtungen sind für einen Funktionserhalt im Brandfall von mindestens 30 Minuten auszulegen. Innerhalb von größeren Brandabschnitten wie z. B. Schalterhallen und Bahnsteigen gelten diese Anforderungen nur für die Zuleitungen bis zum ersten Einspeisepunkt der Sicherheitsbeleuchtung, sofern die Sicherheit durch andere Maßnahmen

gewährleistet ist. Bei Kabelanlagen für die Sicherheitsbeleuchtung in Streckentunneln kann von einem Funktionserhalt im Brandfall von mindestens 30 Minuten abgewichen werden, sofern die Sicherheit durch andere Maßnahmen gewährleistet ist (z. B. Einzelbatterieanlagen, Gruppenbatterieanlagen).

3.4 Schutzmaßnahmen

3.4.1 Schutzmaßnahmen gegen unzulässige Berührungsspannungen

Bei elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln sind Schutzmaßnahmen gegen unzulässige Berührungsspannungen zu treffen. Es sollten Betriebsmittel der Schutzklasse II eingesetzt werden.

Sofern der Einsatz von Betriebsmitteln der Schutzklasse I nicht vermeidbar ist, darf der Schutzleiter nicht durch Streuströme der Gleichstrombahn gefährdet werden (siehe zum Beispiel DIN EN 50122-1 (VDE 0115 Teil 3)).

3.4.2 Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen

Schutzmaßnahmen gegen Überspannungen sind zum Schutz der Anlagen und Geräte vorzusehen.

3.5 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die Anlagen sind so zu errichten, zu dimensionieren und anzuordnen, dass die Vorschriften zur Störaussendung und Störfestigkeit bei elektrischen und magnetischen Feldern eingehalten werden (siehe auch EMVG).

3.6 Elektromagnetische Felder (EMF)

Die Anlagen sind so zu errichten, zu dimensionieren und anzuordnen, dass die Vorschriften bezüglich der elektrischen und magnetischen Felder in Bezug auf die Beeinflussung von Menschen eingehalten werden (siehe auch 26. BImSchV).

Dies gilt neben den energietechnischen Einrichtungen auch für nachrichtentechnische Anlagen (z. B. Mobilfunkantennen).

4 Prüfung und Abnahme der Energieversorgungsanlagen

4.1 Allgemeines

Für die Abnahme nach § 62 BOStrab müssen Bescheinigungen vorliegen, dass die Energieversorgungsanlagen nach den Vorschriften der BOStrab und diesen Regeln erstellt worden sind.

4.2 Sichtprüfungen

Durch Sichtprüfungen ist festzustellen, ob insbesondere:

- die Anlage mit den geprüften Bauunterlagen übereinstimmt und keine erkennbaren Mängel und Schäden aufweist,
- Kabel, Leitungen und Rohre ordnungsgemäß verlegt sind, die Schottung von Leitungs- und Kabeldurchführungen zur Begrenzung von Brandabschnitten ordnungsgemäß vorgenommen wurde,
- Erdungs- und Schutzleiteranschlüsse einwandfrei ausgeführt sind,
- die vorgeschriebenen Geräte und Beschilderungen vorhanden und die elektrischen Betriebsmittel richtig eingestellt sind,
- Unterlagen vorhanden sind, mit denen die Anlage hinreichend dokumentiert ist.

4.3 Funktionsprüfungen

Insbesondere folgende Funktionen sind zu prüfen:

- die ordnungsgemäßen Ein- und Ausschaltvorgänge;
- die mechanischen und elektrischen Verriegelungen sowie die selbsttätigen Umschaltungen;
- der Melde- und Anzeigeeinrichtungen.

4.4 Kontrollmessungen

Durch Kontrollmessungen ist insbesondere folgendes festzustellen:

- der Isolationswiderstand der Außenleiter gegeneinander, gegen den N-Leiter und den PE-Leiter sowie zwischen N- und PE-Leiter;
- die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung;
- der Erdungswiderstand;
- die Richtung des Drehfeldes.

5 Instandhaltung

Art und Umfang der Instandhaltung legt der Betriebsleiter fest. Inspektionen der Energieversorgungsanlagen sind mindestens innerhalb der in § 57 BOStrab geforderten Fristen durchzuführen. Dabei ist insbesondere folgendes festzustellen:

- die einwandfreie elektrische und mechanische Funktion der Anlagen und ihrer Teile;
- die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen;
- die Vollständigkeit der für die Anlagen erforderlichen Dokumentationen.

6 Literaturverzeichnis

6.1 Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland

PBefG	Personenbeförderungsgesetz
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßen-Bau- und Betriebsordnung)
GPSG	Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz)
1. GPSGV	Erste Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über das Inverkehrbringen elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen –Niederspannungsverordnung)
9. GPSGV	Neunte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung)
12. GPSGV	Zwölfte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Aufzugsverordnung)
EMVG	Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln
TKG	Telekommunikationsgesetz
26. BImSchV	26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder)

6.2 Normen

DIN EN 13306	Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung
DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1)	Betrieb von elektrischen Anlagen
DIN EN 50121 Serie (VDE 0115-121 Serie)	Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit
DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag
DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
DIN EN 50123 Serie (VDE 0115-300 Serie)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Gleichstrom-Schalteinrichtungen
DIN EN 50124 Serie (VDE 0115-107 Serie)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Isolationskoordination
DIN EN 50125-2 (VDE 0115-108-2)	Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 2: Ortsfeste elektrische Anlagen
DIN EN 50126 (VDE 0115-103)	Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)
DIN EN 50162 (VDE 0150)	Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen
DIN EN 50164 Serie (VDE 0185-20X)	Blitzschutzbauteile
DIN EN 50171 (VDE 0558-508)	Zentrale Stromversorgungssysteme
DIN EN 50178 (VDE 0160)	Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln
DIN EN 50200 (VDE 0482-200)	Prüfung des Isolationserhaltes im Brandfall von Kabeln mit kleinen Durchmessern für die Verwendung in Notstromkreisen bei ungeschützter Verlegung

DIN EN 50267 Serie (VDE 0482-267 Serie)	Allgemeine Prüfverfahren für das Verhalten von Kabeln und isolierten Leitungen im Brandfall – Prüfungen der bei der Verbrennung der Werkstoffe von Kabeln und isolierten Leitungen entstehenden Gase
DIN EN 50272-1 (VDE 0510-2)	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Teil 1: Allgemeine Sicherheitsinformationen
DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2)	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Teil 2: Stationäre Batterien
DIN EN 50328 (VDE 0115-328)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Leistungselektronische Stromrichter für Unterwerke
DIN EN 50329 (VDE 0115-329)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Bahn-Transformatoren
DIN EN 50362 (VDE 0482-362)	Prüfung des Isolationserhaltes im Brandfall von Kabeln und Leitungen mit großen Durchmessern für die Verwendung in Notstromkreisen bei ungeschützter Verlegung
DIN EN 55011 (VDE 0875-11)	Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren
DIN EN 55015 (VDE 0875-15-1)	Grenzwerte und Messverfahren für Funkstöreeigenschaften von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten
DIN EN 55016 Serie (VDE 0877-16 Serie)	Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegungen der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit
DIN EN 55024 (VDE 0878-24)	Einrichtungen der Informationstechnik – Störfestigkeitseigenschaften – Grenzwerte und Prüfverfahren
DIN EN 60034-22 (VDE 530-22)	Drehende elektrische Maschinen – Teil 22: Wechselstromgeneratoren für Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren
DIN EN 60076 Serie (VDE 0532 Serie)	Leistungstransformatoren
DIN EN 60099 Serie (VDE 0675 Serie)	Überspannungsableiter
DIN EN 60332 Serie (VDE 0482-332 Serie)	Prüfung an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall

DIN EN 61000 Serie (VDE 0838 Serie) (VDV 0839 Serie)	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
DIN EN 61034-2 (VDE 0482-1034-2)	Messung der Rauchdichte von Kabeln und isolierten Leitungen beim Brennen unter definierten Bedingungen – Teil 2: Prüfverfahren und Anforderungen
DIN EN 61100 (VDE 0389-2)	Einteilung von Isolierflüssigkeiten nach Brennpunkt und dem spezifischen Heizwert
DIN EN 61204 Serie (VDE 0557 Serie)	Stromversorgungsgeräte für Niederspannung mit Gleichstromausgang
DIN EN 61558 Serie (VDE 0570 Serie)	Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten, Drosseln und dergleichen
DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11)	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen
DIN EN 61643-21 (VDE 0845-3-1)	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken – Leistungsanforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 61643-3XX (VDE 0845-5 Serie)	Bauelemente für Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung
DIN EN 62040 Serie (VDE 0558-5XX)	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV)
DIN EN 62041 (VDE 0570-10)	Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten, Drosseln und dergleichen – EMV-Anforderungen
DIN EN 62305 Serie (VDE 0185-305 Serie)	Blitzschutz
DIN VDE 0100 Serie	Errichten von Niederspannungsanlagen
DIN VDE 0100-410 (HD 60364-4-41)	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
DIN VDE 0101 (HD 637 S1)	Starkstromanlagen mit Nennwechselfspannungen über 1 kV
DIN VDE 0105-100 (EN 50110-1 + -2)	Betrieb von elektrischen Anlagen

DIN VDE 0105-103	Betrieb von elektrischen Anlagen – Zusatzfestlegungen für Bahnen
DIN VDE 0115-1 (Restnorm)	Bahnanwendungen – Allgemeine Bau- und Schutzbestimmungen – Zusätzliche Anforderungen
DIN VDE 0228-1	Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 1: Allgemeine Grundlagen
DIN VDE 0228-4	Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 4: Beeinflussung durch Gleichstrom-Bahnanlagen
DIN VDE 0250-214	Isolierte Starkstromleitungen – Teil 214: Installationsleitung NHXMH mit verbessertem Verhalten im Brandfall
DIN VDE 0250-215	Isolierte Starkstromleitungen – Teil 215: Installationsleitung NHMH mit speziellen Eigenschaften im Brandfall
DIN VDE 0266	Starkstromkabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall – Nennspannungen 0,6/1 kV
DIN VDE 0276 Serie	Starkstromkabel
DIN VDE 0472-814	Prüfungen an Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 814: Isolationserhalt bei Flammeneinwirkung
DIN VDE 0472-815	Prüfungen an Kabeln und isolierten Leitungen – Teil 815: Halogenfreiheit
DIN VDE 0510	VDE-Bestimmung für Akkumulatoren und Batterie-Anlagen
DIN VDE 0838-1 (EN 60555-1)	Rückwirkungen in Stromversorgungsnetzen, die durch Haushaltsgeräte und durch ähnliche elektrische Einrichtungen verursacht werden – Begriffe
DIN VDE 0845-1	Schutz von Fernmeldeanlagen gegen Blitzeinwirkungen, statische Aufladungen und Überspannungen aus Starkstromanlagen – Maßnahmen gegen Überspannungen
DIN VDE 0873 Serie	Maßnahmen gegen Funkstörungen durch Anlagen der Elektrizitätsversorgung und elektrischer Bahnen
DIN 4102-2	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 2: Bauteile – Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102-5	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 5: Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahrschachtwänden und gegen Feuer widerstandsfähige Verglasungen – Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN 4102-12	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 12: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen – Anforderungen und Prüfungen
DIN 31051	Grundlagen der Instandhaltung

6.3 Sonstige Regelwerke

BGV A1	Grundsätze der Prävention (Unfallverhütungsvorschrift)
BGV A3	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (Unfallverhütungsvorschrift)
BGV B11	Elektromagnetische Felder (Unfallverhütungsvorschrift)
	Brandschutztechnische Vorschriften des jeweiligen Bundeslandes
VDV 505	Aufbau und Schutzmaßnahmen von Gleichrichter-Unterwerken von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV 507	Aufbau und Schutzmaßnahmen von elektrischen Energieanlagen an Strecken von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV 509	Einsatz von Fehlerstrom(FI)-Schutzschaltungen in elektrischen Energieanlagen von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen

Teil 2: Beleuchtungsanlagen

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Der Teil 2 der Technischen Regel Straßenbahn „Elektrische Anlagen“ (TRStrabEA) gilt für Beleuchtungsanlagen gemäß § 27 BOStrab und beschreibt die Anforderungen hinsichtlich der Planung, des Baus, der Abnahme und der Instandhaltung dieser Beleuchtungsanlagen.

Für vorhandene Beleuchtungsanlagen ist § 65 Abs. 3 BOStrab anzuwenden.

1.2 Begriffserklärungen

1.2.1 Sicherheitsbeleuchtung

Der Teil der Notbeleuchtung, der Personen das sichere Verlassen der Betriebsanlagen nach BOStrab ermöglicht. (Nach DIN EN 1838 und DIN EN 12665 ist die Notbeleuchtung die Beleuchtung, die bei Störung der Stromversorgung der allgemein künstlichen Beleuchtung wirksam wird.) *Definition in Anlehnung an DIN EN 1838*

1.2.2 Mittlere Beleuchtungsstärke (\bar{E})

Die mittlere Beleuchtungsstärke (\bar{E}) ist diejenige (vorzugsweise horizontale) Beleuchtungsstärke, die im Mittel im Raum vorhanden sein soll. *Definition in Anlehnung an DIN EN 12665*

1.2.3 Wertungswert der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m)

Wert, unter den die mittlere Beleuchtungsstärke auf einer bestimmten Fläche nicht sinken darf. Zum Zeitpunkt der Unterschreitung sollte eine Wartung durchgeführt werden. *Definition in Anlehnung an DIN EN 12665*

1.2.4 Wartungsfaktor (WF)

Verhältnis der mittleren Beleuchtungsstärke auf der Nutzebene nach einer gewissen Benutzungsdauer einer Beleuchtungsanlage zu der mittleren Beleuchtungsstärke,

die man unter denselben Bedingungen bei einer neuen Anlage erhält. *Definition in Anlehnung an DIN EN 12665*

1.2.5 Sicherheitsleitsystem

Ein Sicherheitsleitsystem dient als Orientierungshilfe in Notfällen und kann selbstleuchtend (erfordert Stromversorgung) oder nachleuchtend (erfordert für die Aktivierung zeitweise Licht) ausgeführt sein.

1.2.6 Gleichmäßigkeit

Die Gleichmäßigkeit (g_1) ist das Verhältnis der geringsten (E_{\min}) zur mittleren gemessenen Beleuchtungsstärke (\bar{E}). *Definition in Anlehnung an DIN EN 12665*

1.2.7 Rettungswege

Rettungswege sind Wege, die zum Verlassen von Betriebsanlagen nach § 27 Abs. 4 BOStrab vorgesehen sind.

2 Planung

2.1 Allgemeines

Bei der Auslegung der Beleuchtungsanlage ist die mittlere Beleuchtungsstärke (\bar{E}) für Neuanlagen gemäß Anlage 1 vorzusehen. Die Farbwiedergabeeigenschaften sind so zu wählen, dass die Sicherheitsfarben erkennbar sind.

Beleuchtungsanlagen sollten auf die einzelnen Phasen und Stromkreise so aufgeteilt werden, dass auch bei Ausfall einzelner Stromkreise eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung der Haltestellen und Tunnel erhalten bleibt.

Für die Instandhaltung müssen Lampen und Leuchten leicht zugänglich sein.

Der Einsatz eines Sicherheitsleitsystems als Orientierungshilfe ist zu prüfen.

Für Beleuchtungsanlagen in Innenbereichen, die nicht für die Öffentlichkeit bestimmt sind und als Arbeitsstätten wie z. B. Schaltwarten, Werkstätten gelten, ist die DIN EN 12464-1 zu beachten.

Für die Kabelanlagen der Sicherheitsbeleuchtung sind die TRStrab EA, Teil 1, Punkt 3.3 „Kabel, Leitungen und Rohre“ zu beachten.

2.2 Anforderungen an die Beleuchtung

Die Beleuchtungsanlagen sind so auszulegen, dass bei Haupteinspeisung die Werte in der Anlage eingehalten werden. Aus der Hilfseinspeisung sollen bei Ausfall der Haupteinspeisung mindestens $\frac{1}{4}$ der Leuchten so versorgt werden, dass eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung erreicht wird.

2.3 Sicherheitsbeleuchtung

In Ergänzung der BOStrab §§ 24, 27 und 30 ist Folgendes zu beachten:

- Für die Sicherheitsbeleuchtung darf der Wartungswert der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) in den Achsen der Rettungswege 1 lx nicht unterschreiten. Die Sicherheitsbeleuchtung ist für eine Nennbetriebsdauer von mindestens 1 Stunde auszulegen.
- Die Gleichmäßigkeit auf den Achsen der Rettungswege sollte auf dem Boden (bzw. bis 20 cm darüber) nicht schlechter als 1 : 30 sein.
- Für Haltestellen in Hoch- oder Tieflage ist eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich, nicht jedoch grundsätzlich für Hochbahnsteige von Haltestellen ebenerdiger Strecken.

2.4 Schutzisolierung

Im Bahnbereich von Gleichstrombahnen sollten schutzisolierte Leuchten (Schutzklasse II) verwendet werden.

3 Abnahme

3.1 Allgemeines

Für die Abnahme nach § 62 BOStrab müssen Bescheinigungen vorliegen, dass die Beleuchtungsanlagen nach den Vorschriften der BOStrab und diesen Regeln erstellt worden sind.

3.2 Sichtprüfungen

Durch Sichtprüfungen ist festzustellen, ob insbesondere:

- die Anlage mit den geprüften Bauunterlagen übereinstimmt und keine erkennbaren Mängel oder Schäden aufweist,
- Bahnsteigkanten und Treppenstufen deutlich erkennbar sind,
- bei allen Betriebszuständen keine Signale vorgetäuscht werden und die Erkennbarkeit von Signalen sichergestellt ist,
- Unterlagen vorhanden sind, mit denen die Anlage hinreichend dokumentiert ist.

3.3 Funktionsprüfungen

Insbesondere folgende Funktionen sind zu prüfen:

- die ordnungsgemäßen Ein- und Ausschaltvorgänge,
- die gleichmäßige Aufteilung der Beleuchtung auf die einzelnen Phasen und Stromkreise,
- die Umschaltung auf Hilfs- bzw. Ersatzeinspeisung,
- die ordnungsgemäße Funktion der Sicherheitsbeleuchtung bei Ausfall der Haupt- und Hilfeinspeisung

3.4 Kontrollmessungen

Durch Kontrollmessungen sind insbesondere die Beleuchtungsstärke und die Gleichmäßigkeit festzustellen:

- der Beleuchtungsanlagen bei Normalbetrieb;
- der Sicherheitsbeleuchtung in den Achsen der Rettungswege.

Die Beleuchtungsstärke sollte möglichst auf dem Boden, jedoch nicht höher als 20 cm darüber gemessen werden. Sie darf sich auf vergleichbare Teilbereiche beschränken und ist vorwiegend entlang den Bahnsteigkanten und Treppen durchzuführen. Für die Mittelwertbildung erfolgt die Messung in 1-m-Raster.

4 Instandhaltung

Die Instandhaltung der Beleuchtungsanlagen erfolgt in Anlehnung an die Energieversorgungsanlagen entsprechend § 57 BOSTrab. Art und Umfang der Instandhaltung legt der Betriebsleiter fest.

Spätestens bei einer Minderung der mittleren Beleuchtungsstärke (\bar{E}) (z. B. durch Alterung oder Verschmutzung) auf den in der Anlage 1 angegebenen Wartungswert der Beleuchtungsstärke (\bar{E}_m) sind Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich.

5 Literaturverzeichnis

5.1 Rechtsvorschriften der Bundesrepublik Deutschland

PBefG	Personenbeförderungsgesetz
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung)
GPSG	Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz)
1. GPSGV	Erste Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über das Inverkehrbringen elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen –Niederspannungsverordnung)
EMVG	Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln
TKG	Telekommunikationsgesetz

5.2 Normen

DIN EN 1838	Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung
DIN EN 12464-1	Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
DIN EN 12665	Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
DIN EN 13306	Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung
DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1)	Betrieb von elektrischen Anlagen

DIN EN 50122-1 (VDE 0115-3)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag
DIN EN 50122-2 (VDE 0115-4)	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 2: Schutzmaßnahmen gegen Streustromwirkungen durch Gleichstrom-Zugförderungssysteme
DIN EN 50171 (VDE 0558-508)	Zentrale Stromversorgungssysteme
DIN EN 55015 (VDE 0875-15-1)	Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten
DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
DIN EN 60598 Serie (VDE 0711 Serie)	Leuchten
DIN EN 61347 Serie (VDE 0712 Serie)	Geräte für Lampen
DIN EN 61547 (VDE 0875-15-2)	Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke – EMV-Störfestigkeitsanforderungen
DIN VDE 0100 Serie	Errichten von Niederspannungsanlagen
DIN VDE 0105-100 (EN 50110-1 + -2)	Betrieb von elektrischen Anlagen
DIN VDE 0105-103	Betrieb von elektrischen Anlagen – Zusatzfestlegungen für Bahnen
DIN VDE 0115-1 (Restnorm)	Bahnanwendungen – Allgemeine Bau- und Schutzbestimmungen – Zusätzliche Anforderungen
DIN VDE 0710 Serie	Leuchten mit Betriebsspannungen unter 1000 V
DIN 5032 Serie	Lichtmessung
DIN 5035 Serie	Beleuchtung mit künstlichem Licht
DIN 5039	Licht, Lampen, Leuchten – Begriffe, Einteilung
DIN 5040 Serie	Leuchten für Beleuchtungszwecke

DIN 5044-1	Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung – Beleuchtung von Straßen für den Kraftfahrzeugverkehr – Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte
DIN 31051	Grundlagen der Instandhaltung

5.3 Sonstige Regelwerke

BGV A1	Grundsätze der Prävention (Unfallverhütungsvorschrift)
BGV A3	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (Unfallverhütungsvorschrift)
BGR 216	Optische Sicherheitsleitsysteme (einschl. Sicherheitsbeleuchtung) (Unfallverhütungsvorschrift)
VDV 507	Aufbau und Schutzmaßnahmen von elektrischen Energieanlagen an Strecken von Gleichstrom-Nahverkehrsbahnen
VDV 535	Planung und Bau von Beleuchtungsanlagen im Gleisbereich von Bahnen gemäß BOStrab

Anlage 1: Grenzwert-Tabelle

Nach den in der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Erfahrungen wird empfohlen, die folgenden unteren Grenzwerte für die Beleuchtung zugrunde zu legen. Diese Grenzwerte berücksichtigen das in der Bundesrepublik Deutschland vorhandene hohe Schutzniveau im öffentlichen Personenverkehr mit Straßenbahnen.

Werte für Neuanlagen

	\bar{E} (lx)	g_1	\bar{E} (lx)	g_1
Bahnsteighöhe über SO	≤ 35 cm		> 35 cm (Hochbahnsteige)	
Bahnsteige oberirdisch, Treppen/Fahrtreppen außen ¹⁾ und Rampen zu den Bahnsteigen				
Helles Umfeld	8	1:7	38	1:4
Dunkles Umfeld	4	1:7	19	1:4
Bahnsteige unterirdisch, Treppen/Fahrtreppen/Rampen innen oder überdacht	150	1:2,5	150	1:2,5
Sonstige Zugangsbereiche zu den Bahnsteigen	150	1:4	150	1:4

Wartungswerte

Anmerkung:

Bei der Ermittlung des Wartungswertes \bar{E}_m wurde ein $WF = 0,4$ berücksichtigt.

	\bar{E}_m (lx)	g_1	\bar{E}_m (lx)	g_1
Bahnsteighöhe über SO	≤ 35 cm		> 35 cm (Hochbahnsteige)	
Bahnsteige oberirdisch, Treppen/Fahrtreppen außen ¹⁾ und Rampen zu den Bahnsteigen				
Helles Umfeld	3	1:7	15	1:4
Dunkles Umfeld	1,5	1:7	7,5	1:4
Bahnsteige unterirdisch, Treppen/Fahrtreppen/Rampen innen oder überdacht	60	1:2,5	60	1:2,5
Sonstige Zugangsbereiche zu den Bahnsteigen	60	1:4	60	1:4

\bar{E} = Mittlere Beleuchtungsstärke

g_1 = Gleichmäßigkeit

WF = Wartungsfaktor

¹⁾ Das Beleuchtungsniveau am Treppenantritt ist gegebenenfalls an die höhere Beleuchtungsstärke der sich anschließenden Außenbeleuchtung anzupassen.